

## Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Haluatko Sinä tutkia satelliittien avulla Auringon muuttumista ja sen vaikutusta Maahan, mallintaa ionosfääriä ja revontulia, pureutua aineen rakenteeseen, tutkia nestekiteitä tai lasereita, etsiä pohjavettä, löytää taloudellisesti merkittäviä malmiesiintymiä tai jopa timantteja, selvittää miten ja miksi mannerlaatat liikkuvat, ymmärtää mitä suprajohtavuus on, tietää enemmän sydämesi sykkeestä, opiskella lääketieteen tekniikkaa, tutkia galakseja ja maailmankaikkeutta tai oppia opettamaan ja havainnollistamaan fysiikkaa? Mm. näihin fysiikan osa-alueisiin Sinulla on mahdollisuus paneutua syvällisemmin aloitettuasi opinnot fysikaalisten tieteiden koulutusohjelmassa. Pääaineeksi voit valita **fysiikan, teoreettisen fysiikan, tähtitieteen, biofysiikan tai geofysiikan**. Nämä ovat eksakteja luonnontieteitä, joille on ominaista matemaattisten menetelmien käyttö. Voit myös erikoistua aineenopettajaksi tai valita suuntautumisvaihtoehdoksesi fysiikan tietotekniikan.

**Fysiikka** (tutkimusaloina avaruusfysiikka, elektronispektroskopia, NMR-spektroskopia tai IR-spektroskopia ja Optiikka) pääaineenaan valmistuneista on tullut tutkijoita korkeakouluihin, observatorioihin ja tutkimuslaitoksiin kotimaassa ja ulkomailla. Avaruusfysiikkoja on sijoittunut mm. SGO'on, Ilmatieteen laitokselle, Euroopan Avaruusjärjestö ESA'an sekä amerikkalaisiin alan tutkimuslaitoksiin. Monet valmistuneet ovat suunnittelijoina, tutkijoina, tuotekehittäjinä ja johtajina yrityksissä ja teollisuuslaitoksissa. Soveltavan tutkimuksen piirissä ja palvelutehtävissä heitä toimii sairaaloissa, työterveyslaitoksissa, Valtion teknillisessä tutkimuslaitoksessa, Säteilyturvakeskuksessa, Ilmatieteen laitoksessa ja Puolustusvoimissa. Valmistuneita tapaa myös ATK-asiantuntijoina sekä erilaisissa tehtävissä tietotekniikan yritysten palveluksessa. Opettajafysikot toimivat kouluttamisen ammattilaisina peruskouluissa, lukioissa, opistoissa, ammattioppilaitoksissa ja ammattikorkeakouluissa sekä yliopistoissa.

**Teoreettista fysiikkaa tai tähtitiedettä** pääaineenaan opiskelleet ovat sijoittuneet erilaisiin tutkimus- ja opetustehtäviin sekä tietotekniikan alalle, tähtitieteilijät esimerkiksi ESA'n (European Space Agency) tai ESO'n (European Southern Observatory) palvelukseen ulkomaille. Aineenopettajaksi voi valmistua myös teoreettinen fysiikka tai tähtitiede pääaineena.

**Biofysiikassa** opiskellaan biologisten systeemien eksaktia tutkimusta. Biofysiikoita tulee fyysikkoasiantuntijoita biofysiikkaan liittyvän tutkimuksen ja tuotekehityksen alalle. Tehtäväkenttä on tyypillisesti signaalianalyysin, mallintamisen ja biologisen mittaustekniikan alalla. Työnantajina voivat olla yritykset (esim. Oulun alueella toimivat korkean teknologian yritykset), yliopistot, ympäristöhallinto ja sairaalat. Opiskelun aikana voi erikoistua solujen ja molekyylien biofysiikkaan tai lääketieteelliseen tekniikkaan liittyvään biofysiikkaan.

**Geofysiikassa** opiskellaan maapallon eri osien fysikaalisia ominaisuuksia ja niiden ajallisia ja paikallisia muutoksia. Geofysiikoita on tutkijoina korkeakouluissa, geotieteellisissä tutkimuslaitoksissa ja geofysiikan observatorioissa niin kotimaassa kuin ulkomailla. Sovelletusta geofysiikasta valmistuneita työskentelee mm. Geologian tutkimuskeskuksessa, Posivassa, Ilmatieteen laitoksessa, Puolustusvoimissa, ympäristökeskuksissa sekä geologisten luonnonvarojen (pohjavesi, rakennuskivet, malmi, mineraalit, öljy) etsintään ja hyödyntämiseen, geotekniikkaan ja kallioraken-

tamiseen sekä teiden rakentamiseen keskittyvissä yrityksissä. Geofysikoita on myös tietotekniikan asiantuntijoina niin IT-alan yrityksissä kuin valtionhallinnossa. Geofysiikkaa pääaineenaan opiskelleita toimii myös aineenopettajina lukioissa ja ammattikorkeakouluissa.

**Fysiikan tietotekniikan** suuntautumisvaihtoehdossa voi valita syventymiskohteeksi tietoliikennetekniikan, ohjelmistotekniikan tai laskennallisen fysiikan. Valmistuvalla maisterilla on siten monipuolinen koulutus laajalle ammatilliselle tehtävälle alueelle esimerkiksi tietoliikenne- ja tietotekniikan suunnittelu-, kehitys- ja koulutustehtävissä elektroniikkateollisuudessa ja monilla ATK-aloilla nopeasti kehittyvässä tietoyhteiskunnassa.

Monipuoliset suuntautumisvaihtoehdot fysikaalisten tieteiden sisällä sekä erilaisten sivuaineiden valintamahdollisuus tuovat opintoihin joustavuutta ja lisäävät työelämään sijoittumismahdollisuuksia.

## **Tutkimus**

**FYSIIKKA** on luonnontiede, joka tutkii kaikille luonnonilmiöille yhteisiä peruslakeja. Siksi fysiikka on monien soveltavien tieteiden perusta. Fysikoiden työpanos on merkittävä myös uuden huipputeknologian kehittämisessä. Oulun yliopistossa kokeellisen fysiikan tutkimus suuntautuu avaruusfysiikkaan sekä atomi- ja molekyyli-fysiikkaan. Laite- ja mittaustekniikan rinnalla kokeellisessa fysiikassa kehitetään ja tutkitaan teoreettisia malleja ja laskennallisia menetelmiä. Tulokset syntyvät kokeellisen ja teoreettisen tutkimuksen yhteistyönä. Tietotekniikan kasvun seurauksena mukaan on otettu fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehto erilaisine syventymiskohteineen.

**TEOREETTINEN FYSIIKKA** on matemaattisten mallien luomista ja soveltamista luonnonilmiöiden ymmärtämiseksi. Ihanteellisena tavoitteena on malli, joka pystyy selittämään suuren joukon kokeellisia tuloksia lähtien vain pienestä määrästä perusoletuksia. Menneellä vuosituhannella on pääosin selvitetty ne peruslait, joita ympärillämme oleva materia noudattaa. Valtaosa nykyisestä teoreettisesta fysiikasta pyrkii näitä lakeja käyttäen selvittämään sitä valtavan laajaa ilmiöiden joukkoa, joka luonnossa voi esiintyä. Fysiikan malleissa tärkeintä on tunnistaa ne tekijät, jotka ovat kussakin ilmiössä olennaisimpia. Mallin ennustusten ratkaiseminen vaatii useimmiten numeerista laskemista tietokoneella. Teoreettisen fysiikan opetuksessa keskitytään luonnonlakien laajaan ymmärtämiseen, mutta myös matematiikka ja tietokoneiden käyttö ovat tärkeässä asemassa. Oulun yliopistossa teoreettisen fysiikan tutkimus on keskittynyt monen vuorovaikuttavan hiukkasen ongelman ratkaisemiseen elektronien ja nesteiden muodostamisissa kvanttimekaanisissa järjestelmissä.

**BIOFYSIIKKA** on poikkitieteellinen ala, joka tutkii elämää eksaktien luonnontieteiden menetelmin. Oulun yliopistossa biofysiikka kuuluu myös lääketieteen tekniikan ohjelmaan. Tutkimuskohteita ovat kaikki elämään liittyvät ilmiöt molekyyleistä ja soluista kokonaisuin organismeihin ja eliöpopulaatioihin saakka sekä monet erilaiset sovellutukset, joissa on biologinen tai lääketieteellinen osa-alue. Biofysikaalisen tutkimuksen avulla muodostetaan matemaattisia malleja, joiden avulla voidaan hahmottaa ilmiöiden toimintaa sekä ennustaa biosysteemien tilaa ja sen muutoksia.

Biofysiikan tärkeimmät metodit ovat mittaustekniikka, matematiikka, tietotekniikka ja signaalianalyysi. Opiskelun aikana voi erikoistua solujen ja molekyylien biofysiikkaan tai lääketieteen tekniikkaan liittyvään biofysiikkaan.

**TÄHTITIEDE** tutkii Aurinkoa, aurinkokuntaa, tähtiä, tähtijärjestelmiä ja maailmankaikkeutta kokonaisuutena. Nykyaikainen tähtitiede käyttää fysikaalisia tutkimusmenetelmiä ja sen kohteina ovat äärimmäiset fysikaaliset olosuhteet verrattuna maanpäällisiin olosuhteisiin. Havaintotyötä tehdään sähkömagneettisen säteilyn kaikilla alueilla, gammasäteistä radioaaltoihin, ja havaintolaitteet sijaitsevat yleensä korkeiden vuorten huipuilla tai satelliiteissa.

**GEOFYSIKAALINEN** perustutkimus selvittää maapallon ja sitä ympäröivän lähiavaruuden fysikaalista rakennetta sekä niihin liittyviä fysikaalisia ilmiöitä kuten mannerliikuntoja ja maapallon syvempiä sisäisiä massaliikuntoja maan vaipassa ja ytimesä, maanjäristyksiä ja niiden seurauksia, magneettikentän syntyä ja muutoksia, maapallon sisäisiä lämpöolosuhteita, veden kiertoa, jäätiköitä ja niiden ajallisia muutoksia sekä valtameriä ja niiden merivirtoja. Sovelletussa geofysiikassa tutkitaan mm. geologisia luonnonvaroja kuten malmeja ja rakennuskivivaroja sekä pohjavesiä ja ympäristötutkimukseen liittyviä kysymyksiä, arkeologisia kohteita sekä monia rakentamiseen liittyviä geoteknisiä aiheita. Geofysiikan tuottamien perustietojen avulla voidaan siten tarkemmin kohdentaa ja hallita erilaisten geologisten luonnonvarojen käyttöä, raaka-ainehuoltoa ja energiavaroja sekä selvittää ihmisen toiminnan ja maapalloa muokkaavien prosessien vuorovaikutusta.

Geofysiikka jaetaan usein kiinteän maan, vesikehän ja ilmakehän sekä lähiavaruuden fysiikkaan. Osaston tutkimuksen ja opetuksen painoalueet ovat olleet jo n. 25 vuoden ajan litosfääri-geofysiikka, laskennallinen geofysiikka ja sovellettu geofysiikka.

## **Koulutus**

Koulutusohjelman tavoitteena on antaa monipuoliset tiedot fysiikasta ja laajat tiedot luonnontieteistä yleensäkin sekä valmiudet kehittää itseään työelämän vaatimusten mukaan.

Koulutuksella pyritään antamaan sekä tiedolliset että taidolliset valmiudet selviytyä teknistyvän yhteiskunnan tarjoamista tehtävistä. Luonnontieteiden kandidaatin tutkinto antaa tiedolliset valmiudet jatkaa opintoja maisterin tutkintoon saakka. Koulutusohjelmasta valmistunut maisteri tuntee fysikaalisten tieteiden oppirakenteet, ilmiöt, historian, niiden merkityksen yhteiskunnalle ja taloudelle. Lisäksi hän pystyy ottamaan huomioon myös elinympäristölle mahdollisesti aiheutuvat haittavaikutukset. Toisaalta fyysikko hallitsee alansa mittaus- ja tutkimusmenetelmät, osaa käyttää hyväkseen erilaisia laskumenetelmiä ja pystyy seuraamaan uusinta kehitystä eri informaatiokanavista.

Opiskelija vaikuttaa omilla valinnoillaan koulutusohjelman asettamissa rajoissa osaamisprofiilinsa muodostumiseen. Hänestä kehittyy alastaan kiinnostunut asiantuntija, joka osaa suhtautua kriittisesti ja ennakkoluulottomasti oman alansa uudistumiseen ja kehittymiseen.

## Tutkinnon rakenne

Suomen yliopistojen tutkintorakenne muuttui 1.8.2005. Lääketieteellistä koulutus-alaa lukuun ottamatta kaikilla koulutusaloilla siirryttiin kaksiportaiseen tutkintorakenteeseen. Luonnontieteellisen koulutusalan yliopisto-opiskelijat suorittavat ensimmäisenä tutkintonaan *luonnontieteiden kandidaatin tutkinnon (LuK)* ja tämän jälkeen omiana erillisenä tutkintona *filosofian maisterin tutkinnon (FM)*. Maisterintutkintoa ei voi suorittaa ennen kuin kandidaatintutkinto on suoritettu. Alempi korkeakoulututkinto ei anna esimerkiksi aineenopettajan pätevyyttä. FM-tutkinto toimii välitutkintona sellaisille, jotka tähtäävät eri alojen erikoisasiantuntijoiksi sekä tutkijoiksi päämäärään *filosofian lisensiaatin tutkinto (FL)* tai *filosofian tohtorin (FT) tutkinto*.

Opiskelijat valitaan luonnontieteelliseen tiedekuntaan pääsääntöisesti aina suorittamaan sekä kandidaatin- että maisterintutkintoa. Valinnasta suorittamaan pelkäänsään maisterintutkintoa tai tieteellistä jatkotutkintoa kerrotaan erikseen.

Varsinainen opinto-oikeus tarkoittaa, että voit suorittaa tutkinnon siinä koulutusohjelmassa, johon sinut on hyväksytty opiskelijaksi. Voit myös osallistua muiden koulutusohjelmien ja tiedekuntien opetukseen opetuskapasiteetin sallimissa rajoissa ja siten kuin kyseisten koulutusohjelmien tai tiedekuntien omat määräykset sivuaineoikeudesta määräävät.

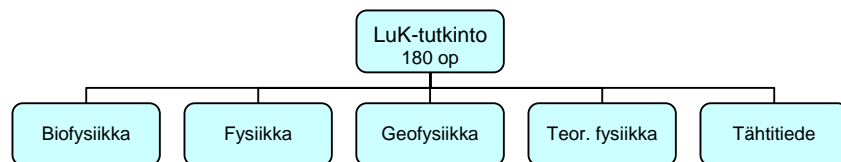
Opintojen mitoituksessa on opintoviikoista siirrytty opintopisteisiin (op). Opintojaksot pisteytetään niiden edellyttämän työ määrän mukaan. Yhden lukuvuoden opintojen suorittamiseen keskimäärin vaadittava 1600 tunnin työpanos vastaa 60 op.

### **Luonnontieteiden kandidaatin tutkinto (LuK)**

Kandidaatintutkintoon sisältyvät pääaineen perusopinnot ja aineopinnot sekä kandidaatintutkielma ja mahdolliset seminaarit. Tutkielman pohjalta kirjoitetaan lisäksi kypsyysnäyte, josta ei anneta opintopisteitä.

Tutkintoon on hyvä sisältyä lisäksi joko yhdessä sivuaineessa perus- ja aineopinnot kokonaisuus (60 op) tai kahdessa sivuaineessa vähintään 25 op:n laajuiset perusopinnot. Sivuaineiden laajuus ja lukumäärä määräytyvät tutkinnon pääaineen ja opiskelijan omien tavoitteiden mukaisesti. Tutkintoon kuuluu myös yleisopintoja ja kieli- ja viestintäopintoja.

Luonnontieteiden kandidaatin tutkinnon laajuus on 180 op ja se on mahdollista suorittaa 3 vuodessa. Pääaineeksi voidaan valita jokin viidestä koulutusohjelman oppiaineesta (kaavio). Pääaineen valinta antaa jo suuntaa maisteriopintojen suuntautumisvaihtoehdolle.



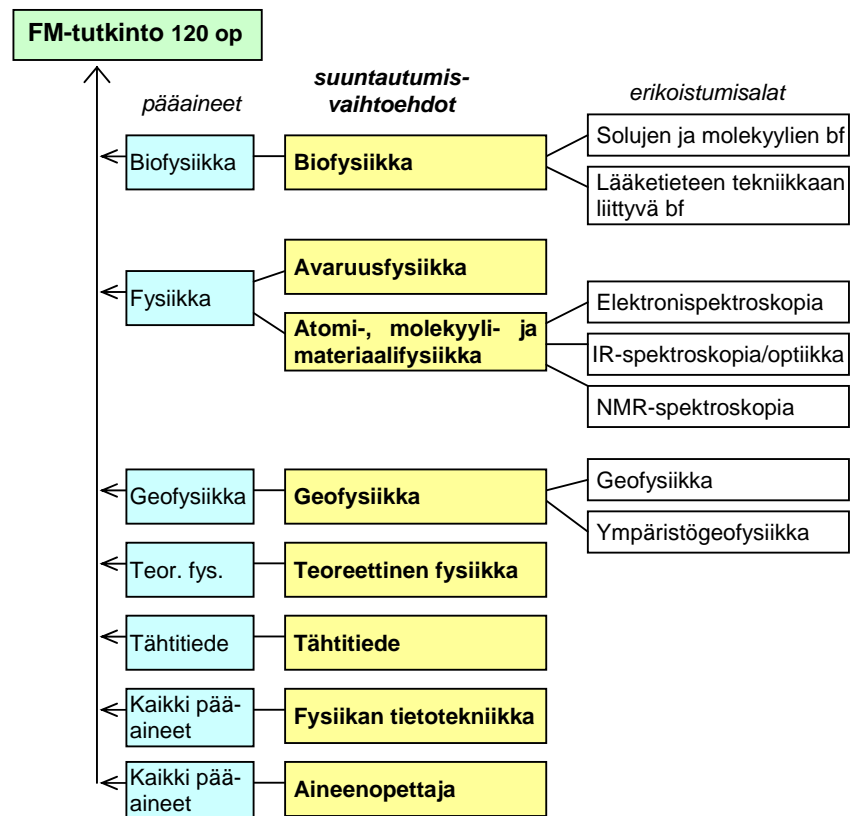
Pääaineen valinta LuK-tutkinnossa.

Koska biofysiikan opinnot poikkeavat jo ensimmäisenä vuonna merkittävästi muiden oppiaineiden opinnoista, on biofysiikan valinta syytä tehdä ensimmäisen syksyn aikana. Opintojen alussa valittu pääaine ei kuitenkaan ole opiskelijaa sitova. Opetus on eri oppiaineissa parin ensimmäisen vuoden aikana jokseenkin yhtenevää ja siirtyminen oppiaineesta toiseen on tänä aikana helppoa.

Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehtoon opiskelijat valitaan soveltuvuustestien ja opintomenestyksen perusteella jo LuK-opintojen aikana (kiintiö 15 opiskelijaa).

### **Maisterin tutkinto (FM)**

Maisteriopintojen laajuus on 120 op ja ne voidaan suorittaa 2 vuodessa. Fysikaalisissa tieteissä on tarjolla 8 eri suuntautumisvaihtoehtoa FM-tutkinnon suorittamiseksi. Seuraavassa kaaviossa on esitetty, mitkä suuntautumisvaihtoehdot ja mitkä erikoistumisalat ovat mahdollisia kussakin oppiaineessa (pääaineessa). Fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehdon ja aineenopettajan suuntautumisvaihtoehdon voi valita kaikissa oppiaineissa.



Suuntautumisvaihtoehdon ja erikoistumisalan valinta

Aineenopettajan pedagogiset opinnot on suositeltavaa suorittaa erillisinä opintoina silloin, kun pääaineen pakollisia opintoja on niin runsaasti, että tutkinnon yläraja ylittyisi selvästi (esim. biofysiikassa ja geofysiikassa).

## Kuulustelut ja arvosanat

---

Monet etenkin fysiikan opintojaksot voi suorittaa väli- tai päätekokeilla. Ellei näissä menesty hyväksyttävästi tai haluaa korottaa saamaansa arvosanaa, opintojakson voi suorittaa loppukokeella. Loppukokeita järjestetään kunkin oppiaineen yleisinä tenttipäivinä. Tarkempaa tietoa kunkin opintojakson kokeista ja koekäytännöistä saa opintojakson tuottaneesta yksiköstä. Seuraavan lukukauden lukujärjestys ja tenttipäivät tulevat oppiaineen ilmoitustaululle ja www-sivuille yleensä jo edellisen lukukauden lopussa.

Biofysiikan koekäytäntö poikkeaa hiukan fysiikan, teoreettisen fysiikan ja tähtitieteen vastaavista. Siitä on yksityiskohtaisempaa tietoa biofysiikan suuntautumisvaihtoehdon yhteydessä. Myös geofysiikan käytäntö poikkeaa hiukan edellisistä. Siitä on kerrottu geofysiikan suuntautumisvaihtoehdon kuvauksen yhteydessä.

Kokeisiin ilmoittautuminen

**Väli- ja päätekokeisiin** voi osallistua, kun on ilmoittautunut kyseiseen opintojaksoon tai -kokonaisuuteen. **Loppukokeeseen** on ilmoittauduttava viimeistään neljä vuorokautta ennen koetta.

**Välikoe:** Kurssin luentoperiodin kuluessa ja lopussa pidettävä koe, jonka kesto on tavallisesti 4 tuntia.

**Päätekoe:** Kurssin luentoperiodin lopussa pidettävä koe, jonka kesto on tavallisesti 4 tuntia.

**Loppukoe:** Koe, jossa aikaisemmin, esimerkiksi edellisellä lukukaudella, luennoitun opintojakson voi tenttiä. Loppukokeella voi myös korottaa väli- tai päätekokeissa saatua opintojakson arvosanaa. Loppukokeen kesto on tavallisesti 4 tuntia.

Rajoituksia

- Syksyllä fysiikan opintonsa aloittaneet sivuaineopiskelijat saavat osallistua fysiikan peruskurssin opintojaksojen 761101P-761105P loppukokeisiin vasta sen jälkeen, kun tentittävän opintojakson päätekoe on pidetty (paitsi, jos loppukoe on samalla päätekoe).
- Opintojakson 761121P Fysikaaliset mittaukset I kokeeseen ei saa osallistua ennen kuin kaikki opintojaksoon kuuluvat harjoitustyöt on tehty.
- Kokeissa saa olla mukana vain **ei-ohjelmoitavia laskimia**.
- Luentoja, kokeita ja harjoitustöitä voidaan taloudellisista ja muista syistä joutua vähentämään tässä opinto-oppaassa ilmoitetuista määristä. Muutokset löytyvät parhaiten oppiaineen www-sivuilta.

### Käytettävät arvosanat

Uuden tutkintojärjestelmän myötä yliopistoissa otettiin käyttöön myös uusi opintosuoritusten arvosteluasteikko. Näin ollen fysikaalisten tieteiden kaikissa oppiaineissa yksittäiset opintojaksot arvostellaan käyttämällä asteikkoa 0 – 5, jossa 0 = hylätty, 1 = välttävä, 2 = tyydyttävä, 3 = hyvä, 4 = kiitettävä ja 5 = erinomainen. Käytössä ovat myös sanalliset arvostelut hyväksyty ja hylätty.

Useista opintojaksoista koostuvien opintokokonaisuuksien arvosana määräytyy yksittäisten opintojaksojen arvosanojen painotetusta keskiarvosta. Painokertoimista ja muista arvostelun yksityiskohdista saa tietoa oppiaineen toimistosta, ilmoitustauluilta ja verkkosivuilta.

---

## Fysiikan suuntautumisvaihtoehto

---

Fysiikan suuntautumisvaihtoehto antaa syvällisen ja monipuolisen peruskoulutuksen fysiikan ja sen menetelmien tuntemiseen. Se luo hyvän pohjan erilaisiin soveltaviin tehtäviin ja tutkimustyöhön. Sivuaineiden, kuten tietotekniikka, valinnalla ja työharjoittelulla voi parantaa sijoittumismahdollisuuksia myös elektroniikka- ja teollisuuteen.

Fysiikan tulokset esitetään matematiikan kielellä. Siksi fyysikolta vaaditaan matemaattisia taitoja ja matematiikan opiskelu fysiikan ohella onkin välttämätöntä. Kokeelliselta fyysikolta vaaditaan kuitenkin myös mittausmenetelmien ja -laitteiden tuntemusta. Tullakseen hyväksi kokeelliseksi fyysikoksi opiskelijalla on hyvä olla teknisiä taipumuksia ja kätevyyttä sekä fysiikan harrastusta.

Fysiikka on laaja tiede, joten on luonnollista, että vain jotkin sen erikoisaloista ovat edustettuina fysikaalisten tieteiden laitoksessa. Kokeellisen fysiikan tutkimustyö ja sen mukana myös syventävät opinnot keskittyvät avaruusfysiikkaan ja erilaisiin spektroskopian aloihin. Avaruustutkimuksessa voidaan käyttää hyväksi Oulun sekä Oulun yliopistoon kuuluvan Sodankylän geofysiikan observatorion sijaintia revontulivöhykkeellä. Spektroskopian alueista ovat keskeisinä molekyyli- ja kiinteän aineen fysiikkaan liittyvät infrapunaspektroskopia (IR) ja materiaalfysiikkaan liittyvä ydinmagneettinen resonanssispektroskopia (NMR) sekä atomi-, molekyyli- ja kiinteän aineen fysiikkaan liittyvä elektronispektroskopia (ELSP). Tutkimusryhmillä on runsaasti kansainvälisiä yhteyksiä.

Fysiikan suuntautumisvaihtoehdossa fysiikan teoreettinen ja kokeellinen puoli ovat mukana heti ensimmäisestä opiskeluvuodesta lähtien. Matematiikan opinnoilla on kahtena ensimmäisenä vuonna suuri osuus. Näin matemaattiset tiedot saadaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hyödynnetyksi fysiikan opiskelussa.

### Fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus

Fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus (cum laude approbatur) (60 op) koostuu fysiikan ydinopinnoista (40 op) ja fysiikan lisäopinnoista (20 op). Siihen kuuluu peruskursseja (Fysiikan matematiikka, Fysikaaliset mittaukset I, Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt, Säteilifysiikka), perus- ja aineopinnot yhdistävistä kursseista (Me-

kaniikka, Sähkömagnetismi I ja II, Atomifysiikka, Aineen rakenne I ja II, Aaltoliike ja optiikka, Termofysiikka) ja yksi aineopintokurssi (Fysiikan harjoitustyöt). Kokonaisuus on tarkoitettu niille, jotka suorittavat fysiikassa vähintään 60 op. Kaikkiin koulutusohjelman oppiaineisiin kuuluvat pakollisena ainakin fysiikan ydinopinnot.

Niille, jotka suorittavat vain fysiikan perusopintokokonaisuuden (25 op) tai sen osia, luennoidaan kaikki peruskurssit kerran vuodessa. Aikaisemmin perusopintojaksoja suorittaneet voivat jatkaa fysiikan aineopintojen opiskelua fysiikan ilmoitustaululla kerrotulla tavalla.

Kaikki opintojaksot arvostellaan erillisinä ja kokonaisuuden arvosana on opintojaksojen arvosanojen painotettu keskiarvo, jossa painokertoimina käytetään opintojaksojen opintopistemääriä.

### Fysiikan 60 op:n kokonaisuuden aikataulu:

1. syys-lukukausi	1. kevät-lukukausi	2. syys-lukukausi	2. kevät-lukukausi	3. syys-lukukausi
Fysiikan matematiikkaa 6 op		Säteilyfysiikka 2 op		
Mekaniikka 7 op	Sähkömagnetismi I 4 op	Sähkömagnetismi II 4 op	Aaltoliike ja optiikka 6 op	Termofysiikka 6 op
		Atomifysiikka 6 op	Aineen rakenne I 4 op	
			Aineen rakenne II 2 op	
Fysikaaliset mittaukset I 3 op	Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt 6 op		Fysiikan harjoitustyöt 4 op	

**Huom.** Koulutusohjelmassa useamman oppiaineen opintoihin hyväksyttävät opintojaksot voi käyttää vain kertaalleen, ts. yhteen oppiaineeseen. Säteilysfysiikan voi suorittaa minä vuonna tahansa.

## Tutkinnon rakenne 300 op

Seuraavassa taulukossa on esitetty LuK-tutkinnon (180 op) rakenne, kun **pääaineena on fysiikka**. Sen jälkeen on kerrottu FM-tutkinnon (120 op) vaatimuksista.



**Luonnontieteiden kandidaatin opinnot (180 op)****Pääaineena fysiikka**

<b>Yleiset opinnot (8 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Orientoivat opinnot	2	761011Y	Fys.tiet.laitos
Ruotsin kieli	2	901004Y	Kielikeskus
Englannin kieli 1	2	902002Y	Kielikeskus
Englannin kieli 2	2	902004Y	Kielikeskus
<b>Fysiikka (100 op)</b>			
<b>Fysiikan ydinopinnot (40 op)</b>			
Fysiikan matematiikkaa	6	763101P	Teor. fys
Mekaniikka	7	766323A	Fys.
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fys.
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fys.
Atomifysiikka	6	766326A	Fys.
Aaltoliike ja optiikka	6	766329A	Fys.
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	Fys.
Aineen rakenne I	4	763333A	Teor. fys.
<b>Fysiikan lisäopinnot (20 op)</b>			
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	Fysik. tiet.
Fysiikan harjoitustyöt	4	761308A	Fys.
Termofysiikka	6	766328A	Fys.
Aineen rakenne II	2	766334A	Fys.
Säteilyfysiikka	2	761117P	Fys.
<b>Pakollisia opintoja lisäksi (17-22 op)</b>			
Johdatuskurssi <sup>1</sup>	3-8		
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	766115P	Fysik. tiet.
Johdatus suhteellisuusteoriaan	3	763102P	Teor. fys.
Seminaari ja LuK-tutkielma	10	761385A	
Kypsyysnäyte	0	761386A	
<b>Fysiikan valinnaiset opinnot (23-18)</b>			
<i>Vähintään yksi seuraavista:</i>			
Plasmafysiikan perusteet	5	761353A	
Avaruusfysiikan perusteet	5	766355A	
Spektroskooppiset menetelmät	5	764359A	Biofys/Fys
Elektroniikan perusteet	5	761322A	
Analyttinen mekaniikka	6	763310A	Teor. fys.
<i>Lisäksi muita fysiikan opinnoiksi soveltuvia fysikaalisten tieteiden opintoja tai esim. sähkötekniikan opintoja</i>			

<b>Matematiikka (LuTK/TTK) vähint.</b>			40
<b>Vaihtoehto (A) LuTK:n matematiikka:</b>			Matem. tiet.
Matematiikan perusmetodit I	10/8	801111P/ 800147P	
Lineaarialgebra I	5	802118P	
Lineaarialgebra II	5	802119P	
Analyysi II	8	800322A	
Differentiaaliyhtälöt I	4	800345A	
<i>valinnaisia matematiikan opintoja,</i>			
<i>esim.:</i>			
Analyysi I	8	800120P	
Differentiaaliyhtälöt II	4	800346A	
Kompleksianalyysi I	4	801385A	
Kompleksianalyysi II	4	801386A	
<b>Vaihtoehto (B) TTK:n matematiikka<sup>2</sup>:</b>			TTK/Mat. jaos
Matematiikan peruskurssi I	5	031010P	
Matematiikan peruskurssi II	6	031011P	
Matriisialgebra	3,5	031019P	
Differentiaaliyhtälöt	4	031017P	
Kompleksianalyysi	4	031018P	
Tilastomatematiikka	5	031021P	
<i>valinnaisia matematiikan opintoja,</i>			
<i>esim.:</i>			
Numeeriset menetelmät	5	031022P	
Satunnaissignaalit <sup>3</sup>	5	031024A	
Matemaattinen signaalinkäsittely <sup>3</sup>	6	031028S	
Signaalit ja järjestelmät <sup>3</sup>	5	031049A	
Matemaattiset menetelmät	3	031044A	
Variaatiomenetelmät	5	031026A	
Optimoinnin perusteet	5	031025A	
<b>Muut opinnot</b>			
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	763114P	
ATK II Numeerinen mallintaminen	4	763315A	
Sivu- ja pääaineopintoja <sup>4</sup>	24		
<b>yht.</b>	<b>180</b>		

<sup>1</sup> Voi olla mikä tahansa johdatuskurssi, esim. Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen.

<sup>2</sup> Sivuinamerikinnän antaa Sähkö- ja tietotekniikan koulutusohjelman opintoneuvoja (Maritta Juvani).

<sup>3</sup> Näistä opintojaksoista ja kursseista Digitaaliset suodattimet 5 op (521337S) saa halutesaan Signaalinkäsittely-kokonaisuusmerkinnän Sähkö- ja tietotekniikan koulutusohjelman opintoneuvojalta (Maritta Juvani).

<sup>4</sup> Suositellaan tarvittaessa ottamaan: 810135P Unixin perusteet 3 op

**Huom:** Suositellaan, että sivuaineista opiskellaan joko vähintään 60 op:n tai vähintään 25 op:n kokonaisuuksia.

**Ohjeellinen lukujärjestys**

1. syyslukukausi		1. kevätlukukausi	
Orientoivat opinnot	2	Mekaniikka ( <i>jatkuu syyslukukaudelta</i> )	
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	Sähkömagnetismi I	4
Englannin kieli 1 <sup>1</sup>	2	Johdatus suhteellisuusteoriaan	3
Fysiikan matematiikkaa	6	Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ( <i>alku</i> ) <sup>4</sup>	6
Mekaniikka ( <i>jatkuu kevätlukukaudelle</i> )	7	ATK II Numeerinen mallintaminen <sup>5</sup>	4
Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen <sup>2</sup>	3	Differentiaaliyhtälöt I <sup>6</sup>	4
Fysikaaliset mittaukset I <sup>3</sup>	3		
Matematiikan perusmetodit I <sup>6</sup>	10/8		
Lineaarialgebra I <sup>5,6</sup>	5		
Lineaarialgebra II <sup>5,6</sup>	5		
2. syyslukukausi		2. kevätlukukausi	
Englannin kieli 2 <sup>7</sup>	2	Aaltoliike ja optiikka <sup>5</sup>	6
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ( <i>jatkuu</i> )		Aineen rakenne I	4
Sähkömagnetismi II	4	Aineen rakenne II	2
Atomifysiikka	6	Fysiikan harjoitustyöt ( <i>alku</i> ) <sup>4</sup>	4
Säteilyfysiikka <sup>5</sup>	2	Valinnaisia matematiikan opintoja	
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	Valinnaisia fysiikan opintoja	
Analyysi II <sup>6</sup>	8	Vaihtoehtoisia ja vapaasti valittavia opintoja	
Vaihtoehtoisia ja vapaasti valittavia opintoja			
3. syyslukukausi		3. kevätlukukausi	
Ruotsin kieli	2	Seminaari ja LuK-tutkielma	10
Termofysiikka	6	Kypsyysnäyte	0
Fysiikan harjoitustyöt ( <i>jatkuu</i> )		Vaihtoehtoisia ja vapaasti valittavia opintojaksoja	
Vaihtoehtoisia fysiikan opintoja			
Valinnaisia matematiikan opintoja			

<sup>1</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 1 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kolme luentoaikaa: ti 8-10, to 8-10 tai to 10-12. Ks. tarkemmin <http://www.oulu.fi/kielikeskus/>

<sup>2</sup> Johdatuskurssi, esim. Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen. Valitun opintojakson voi suorittaa myöhemminkin.

<sup>3</sup> Fysikaaliset mittaukset I voi suorittaa joko syys- tai kevätlukukaudella.

<sup>4</sup> Harjoitustöitä voi tehdä oman aikataulun mukaan sen jälkeen, kun Fysikaaliset mittaukset I -työt on tehty. Suositeltavaa on suorittaa työt aiheeseen liittyvän kurssin aikana tai välittömästi sen jälkeen.

<sup>5</sup> Voi suorittaa myöhemminkin.

<sup>6</sup> Vaihtoehtoisesti TTK:n matematiikan kursseja.

<sup>7</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 2 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kaksi luentoaikaa: ma 12-14 tai 14-16.

## **Filosofian maisterin opinnot (120 op)**

### **Pääaineena fysiikka**

#### **Atomi-, molekyyli- ja materiaalfysiikan suuntautumisvaihto Avaruusfysiikan suuntautumisvaihto**

<b>Fysiikka (90-100 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Pro gradu -tutkielma	35	761683S	Fys.
Kypsyysnäyte	0	761686S	
Fysiikan tutkimusprojekti <sup>1</sup>	6	766651S	
Kvanttimekaniikka I	10	763612S	Teor. fys.
Fysiikan syventäviä opintojaksoja kun- kin suuntautumisvaihtoehdon ja erikois- tumislinjan vaatimusten mukaan (ks. taulukot myöhemmin)			
Muita pää- ja sivuaineopintoja <sup>2</sup>	30-20		
<b>yht.</b>	<b>120</b>		

<sup>1</sup> Tutkimusprojekti tehdään jonkin syventävän kurssin alueesta (6 op on projektin osuus)

<sup>2</sup> Olisi hyvä, jos tutkintoon sisältyisi kahden erikoistumisalan/sv:n kursseja  
(On mahdollista ottaa kaksi kurssia esim. TTK/SO, TF, TT, ...)

Kvanttimekaniikka I luetaan fysiikan opiskelijalle syventäväksi kurssiksi.

### **Atomi-, molekyyli- ja materiaalfysiikan suuntautumisvaihto**

<b>Elektronispektroskopian erikoistumisala</b>		
<b>Pakolliset: (67 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>
Pro gradu -tutkielma	35	761683S
Fysiikan tutkimusprojekti	6	766651S
Kvanttimekaniikka I	10	763612S
Elektroni- ja ionispektroskopia	8	761673S
Atomifysiikan jatkokurssi	8	761671S
<b>Valinnaiset pää- ja sivuaineopinnot:</b>		
Atomifysiikan sovellutukset	6	761650S
Molekyylien elektronispektroskopia	6	761643S
Röntgenfysiikka	6	761672S
Laser- ja synkrotronisäteilyfysiikka	6	761675S
Fysikaaliset mittaukset II	6	761644S
Tutkimustyön perusteet	6	761645S

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Sähkömagneettinen säteily	6	761632S
Kvanttimekaniikka II	10	763313A
Kvanttimekaniikan jatkokurssi	10	763622S
<b>Muiden spektroskopioiden kursseja, esim.</b>		
NMR-spektroskopia	8	761663S
Infrapunaspektroskopia	8	761662S
<b>Materiaalifysiikan kursseja, esim.</b>		
Materiaalifysiikan menetelmiä	6	763694S
Kondensoidun materian fysiikka	10	763628S
<b>Molekyylifysiikan ja kvanttikemian kursseja, esim.</b>		
Molekyylifysiikka	6	761661S
Molekyylimallinnus	3	782624S
Kvanttikemian perusteet	3	782625S
<b>Ohjelmoinnin kursseja, esim.</b>		
ATK III (tieteellinen ohjelmointi)	6	763641S
ATK IV (numeerinen ohjelmointi)	6	763616S

**Suosittelavia sivuaineopintoja:**

Mikroelektronikan kursseja  
 Matematiikan kursseja  
 Ympäristötekniikan kursseja  
 Lääketieteen tekniikan kursseja  
 Muita kursseja sopimuksen mukaan

**Atomi-, molekyyli- ja materiaalfysiikan suuntautumisvaihto**

<b>IR-spektroskopian ja optiikan erikoistumisala</b>		
<b>Pakolliset (65 op):</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>
Pro gradu -tutkielma	35	761683S
Fysiikan tutkimusprojekti	6	766651S
Kvanttimekaniikka I	10	763612S
Fourier-muunnokset ja niiden sovellutukset	6	761666S
Infrapunaspektroskopia <b>TAI</b>	8	761662S
Optiikka	8	761665S
<b>Valinnaiset (24 op):</b>		
<i>alla mainituista vähintään 4 kurssia</i>		
Laserfysiikka	6	761664S
Sähkömagneettinen säteily	6	761632S
Molekyylifysiikka	6	761661S
ATK III Tieteellinen ohjelmointi	6	763641S
ATK IV Numeerinen ohjelmointi	6	763616S
Tutkimustyön perusteet	6	761645S

**Muita pää- ja sivuaineopintoja (31 op):***Edellä käyttämättömät mahdollisia ja lisäksi esimerkiksi*

NMR-spektroskopia	8	761663S
Elektroni- ja ionispektroskopia	8	761673S
Molekyylien elektronispektroskopia	6	761643S
Laskennallinen fysiikka	6	761668S

Myös muiden suuntautumisvaihtojen syventävät kurssit ovat suositeltavia.

**Atomi-, molekyyli- ja materiaalfysiikan suuntautumisvaihto****Molekyylien ja materiaalien tutkimus käyttäen NMR-spektroskopiaa**

<b>Pakolliset: (71 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>
Pro gradu -tutkielma	35	761683S
Fysiikan tutkimusprojekti	6	766651S
Kvanttimekaniikka I	10	763612S
NMR-spektroskopia	8	761663S
Fourier-muunnokset ja niiden sovellukset	6	761666S
Molekyyli-fysiikka	6	761661S

**Valinnaiset: (24 op)***alla mainituista vähintään 4 kurssia*

NMR-spektroskopian sovellukset	6	761669S
NMR-kuvaus	6	766661S
Kiinteän aineen NMR-spektroskopia	6	761670S
Laskennallinen fysiikka	6	761668S
ATK III (tieteellinen ohjelmointi)	6	763641S
ATK IV (numeerinen ohjelmointi)	6	763616S
Tutkimustyön perusteet	6	761645S

**Muita pää- ja sivuaineopintoja (25 op)****Suosittelavia pääainekursseja:**

Infrapunaspektroskopia	8	761662S
Molekyylien elektronispektroskopia	6	761643S
Sähkömagneettinen säteily	6	761632S

**Suositteluvia sivuainekursseja:****Teoreettisen fysiikan kursseja, esim.**

Materiaalfysiikan menetelmiä	6	763694S
Kondensoidun materian fysiikka	10	763628S

**Rakennetutkimuksen kemian NMR-kurssit****Fysikaalisen kemian kurssit esim.**

Molekyyli-mallinnus	3	782624S
Kvanttikemian perusteet	3	782625S
Matematiikan kursseja		

**Avaruusfysiikan suuntautumisvaihto**

<b>Avaruusfysiikka</b>		
<b>Pakolliset:</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>
Pro gradu -tutkielma	35	761683S
Fysiikan tutkimusprojekti	6	766651S
Kvanttimekaniikka I	10	763612S
<i>Vähintään 3 kurssia seuraavista:</i>		
Plasmafysiikka	8	761653S
Ionosfäärifysiikka	8	761658S
Magnetosfäärifysiikka	8	761657S
Heliosfäärifysiikka	8	766656S
<b>Valinnaiset:</b>		
Revontulifysiikka	6	761649S
Epäkoherentin sirontatutkan perusteet	8	761648S
Kosmiset säteet	8	766655S
Fourier-muunnokset ja niiden sovellutukset	6	761666S
Sähkömagneettinen säteily	6	761632S
Aurinkofysiikka	8	766654S
Hydrodynamiikka	6	763654S
Radiative processes in astrophysics	8	765676S

## Fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tietotekniikan merkitys yhteiskunnassa on voimakkaasti kasvanut viime vuosina. Fysiikoille kehitys on asettanut uusia vaatimuksia esimerkiksi mikroprosessori-pohjaisessa laitesuunnittelussa, tietoliikenteessä, ohjelmoinnissa ja tietokoneiden käytön hallinnassa. Fysiikalla ja tietotekniikalla yhdessä on suuri paino huipputeknologiassa.

Maisteriopintoissa on mahdollista valita Fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehto, jossa pääaineena voi olla fysiikka, teoreettinen fysiikka, biofysiikka, tähtitiede tai geofysiikka. **Pääaineessa suoritetaan LuK-tutkintoon vaadittujen perus- ja aineopintojen lisäksi pakolliset syventävät opinnot.** Valinnaiset syventävät opinnot voi korvata osittain tai kokonaan (riippuen mitoituksesta) syventymiskohteen opinnoilla. Myös oppiaineessa vaadittavat sivuaineopinnot tulee suorittaa. Pro gradu -tutkielman voi laatia joko syventymiskohteen tai pääaineen aihepiiristä.

Opintojen **syventymiskohteeksi** valitaan jokin seuraavista aloista:

- Tietoliikennetekniikka, jolloin osa kursseista suoritetaan sähkö- ja tietotekniikan osastolla
- Ohjelmistotekniikka, jolloin osa kursseista suoritetaan tietojenkäsittelytieteiden laitoksella

- Laskennallinen fysiikka, jolloin kurssit valitaan fysikaalisten tieteiden numeerisiin menetelmiin ja simulaatioihin liittyvistä kursseista. Syventymiskohteeseen liittyvät kurssit muodostavat opintokokonaisuuden, josta annetaan **erillinen merkintä** tutkintotodistukseen.

Opintokokonaisuutta valittaessa on syytä tutustua sen kurssien vaatimiin **esitietoihin** ja suorittaa tarvittavat perus- ja aineopinnot.

### **LuK-tutkinto**

Suoritetaan, kuten pääaineen kohdalla on kuvattu.

### **FM-tutkinto**

(esimerkissä pääaineena on fysiikka)

FM-tutkintoa varten vaaditaan seuraavat opinnot:

<b>Fysiikka (90-100 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Pro gradu -tutkielma	35	761683S	Fys.
Kypsyysnäyte	0	761686S	
Fysiikan tutkimusprojekti <sup>1</sup>	6	766651S	
Kvanttimekaniikka I <sup>2</sup>	10	763612S	Teor. fys.
Muita fysiikan syventäviä opintojaksoja <sup>3</sup> ja/ tai <b>syventymiskohteen</b> opintoja (21-30 op)	39-49		
Muita pää- ja sivuaineopintoja	30-20		
	<b>yht. 120</b>		

<sup>1</sup> Tutkimusprojekti tehdään jonkin syventävän kurssin alueesta (6 op on projektin osuus)

<sup>2</sup> Kvanttimekaniikka I luetaan fysiikan syventäväksi kurssiksi

<sup>3</sup> **Tietoliikennetekniikkaan** liittyvän syventymiskohteen lisäksi **suositeltavia** fysiikan opintojaksoja ovat mm: Sähkömagneettinen säteily 6 op (761632S), ATK III Tieteellinen ohjelmointi 6 op (763341A), ATK IV Numeerinen ohjelmointi 6 op (763616S), Prosessoritekniikan perusteet 8 op (761641S), Prosessoritekniikan jatkokurssi 6 op (761642S).

**Ohjelmistotekniikkaan** liittyvän syventymiskohteen tueksi **suositellaan** esimerkiksi 811122P Johdatus ohjelmointiin 5 op ja 811376A Johdatus tietorakenteisiin 3 op sekä jokin kokonaisuuteen sopiva syventävä kurssi (esim. ATK III 6 op).

### Syventymiskohteet

Fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehtoon sisältyy fysikaalisten tieteiden ja matematiikan opintojen lisäksi 21-30 opintopisteen laajuinen kokonaisuus tietoliikennetekniikkaa, ohjelmistotekniikkaa tai laskennallista fysiikkaa.



**Tietoliikennetekniikkaan liittyvät syventymiskohteet:***Valitse yksi kohde*

<b>Multimediaohjelmointi 20 op</b>		
	op	koodi
Tietokoneverkot I	5	521261A
Tietoliikenneohjelmistot	5	521265A
Hajautetut järjestelmät/Distributed systems	4	521266S
Multimediajärjestelmät	6	521488S
<b>Digitaalinen tiedonsiirto 23,5 op</b>		
Satunnaissignaalit	5	031024A
Signaalit ja järjestelmät	5	031049A
Tietoliikennetekniikka I	2,5	521359A
Tietoliikennetekniikka II	3	521361A
Langaton tietoliikenne II	8	521320S
<b>RF-elektroniikka 26 op</b>		
Elektroniikkasuunnittelu I	5	521432A
Analogiatekniikan työt	3	521433A
Elektroninen mittaustekniikka	6	521430A
RF-mittaukset I	3	521118S
RF-mittaukset II	4	521237S
Elektroniikkasuunnittelu II	5	521443S
<b>Digitaalinen elektroniikka 24 op</b>		
Signaalit ja järjestelmät	5	031049A
Digitaalitekniikka I	4	521413A
Ohjelmitava elektroniikka	5	521024A
Digitaalitekniikka II	5	521404A
Digitaaliset suodattimet	5	521337A

Kursseja suoritettaessa on syytä tutustua niiden vaatimiin esitietoihin! Samoin tulee varautua siihen, että niitä ei välttämättä luennoida joka vuosi.

**Ohjelmistotekniikkaan liittyvät syventymiskohteet:***Valitse yksi kohde*

<b>Käyttöjärjestelmät (30 op)</b>		
Johdatus tietojärjestelmien suunnitteluun	5	811170P
Ohjelmistotekniikka	6	811335A
Ohjelmistoarkkitehtuurit/Software architectures	6	815347A
Käyttöjärjestelmät	5	521453A
<i>sekä kaksi valinnaista kurssia seuraavista:</i>		
Mac OS X -ohjelmointi	4	811387A
Windows-ohjelmointi	4	811389A
Symbian-ohjelmointi	4	811388A
Unix-ohjelmointi	4	811390A

**Oliosuuntautunut ohjelmointi (30 op)**

Johdatus tietojärjestelmien suunnitteluun	5	811170P
Ohjelmistotekniikka	6	811335A
Ohjelmistoarkkitehtuurit/Software architectures	6	815347A
Oliosuuntautunut ohjelmistokehitys	5	811378A
Olio-ohjelmointi	4	812347A
Oliosuuntautunut analyysi ja suunnittelu	4	812346A

**Laskennallisen fysiikan syventymiskohde:**

**Laskennallinen fysiikka (32 op)**

ATK III Tieteellinen ohjelmointi	6	763641S
ATK IV Numeerinen ohjelmointi	6	763616S
Matematiikan ATK	8	801344A
Laskennallinen fysiikka	6	761668S
Materiaalfysiikan menetelmiä <b>tai</b> valinnainen laskennallinen kurssi (esim. Astrofysiikan erikoiskurssi)	6	763694S

Kursseja suoritettaessa on syytä tutustua niiden vaatimiin esitietoihin! Samoin tulee varautua siihen, ettei niitä välttämättä luennoida joka vuosi.

**Tietotekniikka fysiikassa**

Opintokokonaisuus kootaan lähinnä fysikaalisten tieteiden laitoksen ja tietojenkäsittelytieteiden laitoksen tuottamista kursseista. Merkinnän (vähintään 15 op) antaa teoreettisen fysiikan yliassistentti/professori Mikko Saarela (varalla teoreettisen fysiikan professori). Alla on kysymykseen tulevia kursseja:

**Pakollisia:**

ATK I Ohjelmoinnin perusteet (Teor. fys)	4	763114P
ATK II Numeerinen mallintaminen (Teor. fys)	4	763315A

**Vaihtoehtoisia:**

ATK III Tieteellinen ohjelmointi (Teor. fys)	6	763641S
ATK IV Numeerinen ohjelmointi (Teor. fys)	6	763616S
Matematiikan ATK (Matem.)	8	801344A
ATK tähtitieteessä (Tähti)	4	765135P
Johdatus ohjelmointiin (Tiet. käs.)	5	811122P
Unixin perusteet (Tiet. käs.)	3	810135P
Johdatus tietorakenteisiin (Tiet. käs.)	3	811376A

## **Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehto**

Aineenopettajankoulutus voi sisältyä opiskelijan suorittamaan kandidaatin- ja maisterintutkintoon. Aineenopettajien koulutuksessa saadaan kelpoisuus suorittamalla filosofian maisterin tutkinto, johon sisältyvät vähintään kahden opettavan aineen opinnot. Opetettävien aineiden opinnoissa pääaineessa vaaditaan perus- aine- ja syventävät opinnot mukaan lukien pro gradu-tutkielma siten kuin opetussuunnitelmassa määrätään ja kaikissa muissa opettavissa aineissa sivuaineen perus- ja aineopinnot. Lisäksi opintoihin tulee sisältyä aineenopettajan pedagogiset opinnot.

Valinta aineenopettajan suuntautumisvaihtoehtoon tehdään soveltavuuskokeen (50 %) ja opintomenestyksen (50 %) perusteella. Opintomenestys perustuu ensimmäisen opiskeluvuoden aikana suoritettuihin opintoihin. Päätös valinnasta opettajan suuntautumisvaihtoehtoon tehdään toisen opiskeluvuoden syyslukukauden aikana. Tiedekunta päättää yksityiskohtaisista valintaperusteista erikseen.

Pedagogisiin opintoihin pääsyssä käytetään valintaperusteina seuraavia ehtoja:

1. Opiskelija on suorittanut vähintään 25 opintopisteen laajuiset opettavan aineen opinnot; 2. Pää- ja toisen opettavan aineen opintopistemäärät; 3. Menestyminen pääaineen opinnoissa; 4. Menestyminen toisen opettavan aineen opinnoissa ja 5. Kaikkien opintojen opintopistemäärät. Kaikkien hakijoiden on täytettävä kohdan 1. kriteerin vaatimus. Muita kriteerejä (2 - 5) sovelletaan hakijoiden välisen eron selvittämiseksi.

Opettajan pedagogiset opinnot suoritetaan pääsääntöisesti kahden lukuvuoden aikana siten kuin niiden suorittamisesta on koulutusohjelman opetussuunnitelmassa määrätty. Kandidaatin tutkintoon voidaan sisällyttää pedagogisista opinnoista 25 opintopistettä. Maisterivaiheeseen kuuluvan opetusharjoittelun (35 op) alkaessa opiskelijalla tulee olla opettavan aineen opintoja pääaineessa vähintään 50 ja sivuaineessa vähintään 25 opintopistettä.

Opettajan pedagogiset opinnot voidaan suorittaa myös kokonaan maisterin tutkinnossa. Tiedekunta päättää yksityiskohtaisista valintaperusteista erikseen.

Opettajan pedagogiset opinnot voidaan suorittaa myös erillisenä kokonaisuutena filosofian maisterin tutkinnon suorittamisen jälkeen, jolloin valintaperusteista päättää kasvatustieteiden tiedekunta.

**HUOM!** Aineenopettajien (pää tai sivuaineena fysiikka ja/tai kemia) tulee lisäksi ottaa huomioon, että heille pakollinen demonstraatiokoulutus sisältyy opettajan pedagogisiin opintoihin.

Opiskelijan odotetaan hallitsevan tieto- ja viestintätekniikan perustaidot, kun hän aloittaa opettajan pedagogiset opinnot. Kyseiset taidot (tietojenkäsittelyn perusteet, tekstinkäsittely, sähköpostin ja internetin käyttö) voi opetella joko itsenäisesti tai erillisillä kursseilla.

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelmassa aineenopettajaksi opiskelevan ensimmäinen **opetettava aine** on **fysiikka**, josta täytyy suorittaa vähintään ydinopinnot ja lisäopinnot (yht. 60 op). **Pääaineessa** (fysiikka, teoreettinen fysiikka, tähtitiede,

biofysiikka tai geofysiikka) tehdään kandidaatin tutkielma (10 op) ja syventävät opinnot (vähintään 60 op). **Toiseksi opetettavaksi aineeksi**, jossa tehdään yhteensä vähintään 60 op, voi valita esimerkiksi matematiikan, tietotekniikan tai kemian. Toisena opetettavana aineena voi olla myös *perusasteella opettavien aineiden ja aihekokonaisuuksien monialaiset opinnot* (ns. luokanopettajan monialaiset opinnot). Vapaisiin opintoihin voi sisällyttää yhden 25 op:n kokonaisuuden muita opetettaviksi aineiksi tarkoitettuja opintoja (ns. 3. aine), vaikkei sillä pätevyyttä ko. aineen opettamiseen saakaan. Lisää tietoa aineenopettajan pätevyysvaatimuksista on oppaan loppuosassa kohdassa Aineenopettajan koulutus.

**Huom.** Kts. huomautus opetettavan aineen laajuuksista s. 23.

Seuraavassa on esitetty lyhyesti aineenopettajan sv:n opinnot pääaineena fysiikka (F), teoreettinen fysiikka (TF) tai tähtitiede (TT). Geofysiikkaa tai biofysiikkaa pääaineenaan opiskelevat noudattavat alla olevia tutkintorakenteita soveltuvin osin. Heidän kannattaa neuvotella opinnoistaan erikseen laitoksen henkilökunnan kanssa. Heille suositellaan aineenopettajan pedagogisten opintojen ottamista erillisellä todistuksella.

## **Tutkinnon rakenne**

### **Luonnontieteiden kandidaatin opinnot (180 op)**

#### **Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehtoa varten**

#### **Pääaineena fysiikka, teoreettinen fysiikka tai tähtitiede.**

Biofysiikan ja geofysiikan opiskelijat noudattavat tätä rakennetta soveltuvin osin.

<b>Yleiset opinnot (8 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>F</b>	<b>TF</b>	<b>TT</b>
Orientoivat opinnot	2	761011Y	x	x	x
Ruotsin kieli	2	901004Y	x	x	x
Englannin kieli 1 ( <i>tai muu vieras kieli</i> )	2	902002Y	x	x	x
Englannin kieli 2 ( <i>tai muu vieras kieli</i> )	2	902004Y	x	x	x
		<i>yht.</i>	8	8	8

<b>ATK-opinnot <sup>1</sup></b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>F</b>	<b>TF</b>	<b>TT</b>
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	763114P	x	x	
ATK II Numeerinen mallintaminen	4	763315A	x	x	x
ATK tähtitieteessä	4	765135P			x <sup>2</sup>
		<i>yht.</i>	8	8	8

<b>Fysiikka:</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>F</b>	<b>TF</b>	<b>TT</b>
<b>Fysiikan ydinopinnot (40 op)</b>					
Fysiikan matematiikkaa	6	763101P	x	x	x
Mekaniikka	7	766323A	x	x	x
Sähkömagnetismi I	4	766321A	x	x	x
Sähkömagnetismi II	4	766322A	x	x	x
Atomifysiikka	6	766326A	x	x	x

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Aaltoliike ja optiikka	6	766329A	x	x	x
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	x	x	x
Aineen rakenne I	4	763333A	x	x	x
<b>Fysiikan lisäopinnot (20 op)</b>					
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	x	x <sup>3</sup>	x
Fysiikan harjoitustyöt	4	761308A	x	x <sup>3</sup>	
Termofysiikka	6	766328A	x	x	x <sup>3</sup>
Aineen rakenne II	2	766334A	x	x	x <sup>3</sup>
Säteilyfysiikka	2	761117P	x	x	x
		<i>yht.</i>	60	50	48
<b>Lisäksi:</b>					
Fysiikkaa aineenopettajille	4	766338A	x	x	x
Fysiikan ja kemian demonstraatiot	2	766309A	x	x	x
Johdatuskurssi <sup>4</sup>	3-5		x		
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	766115P	x	x	x
Seminaari ja LuK-tutkielma	10	761385A	x		
Kypsyysnäyte	0	761386A	x		
		<i>yht.</i>	20-22	7	7
<b>Teoreettinen fysiikka lisäksi: TF</b>					
Johdatus suhteellisuusteoriaan	3	763102P		x	
Analyttinen mekaniikka	6	763310A		x	
Kvanttimekaniikka I	10	763312A		x	
Kvanttimekaniikka II	10	763313A		x	
LuK-tutkielma (aine ja seminaari)	10	763330A		x	
Kypsyysnäyte	0	763385A		x	
		<i>yht.</i>		39	
<b>Tähtitiede lisäksi: TT</b>					
Johdatus tähtitieteeseen I	4	765101P			x
Johdatus tähtitieteeseen II	8	765102P			x
Tähtitieteen historia	3	765106P			x
Cum laude -työt	4-8	765334A			x
Tähtitieteen aineopinnot oman valinnan mukaan	15-11				x
LuK-tutkielma (aine ja seminaari)	10	765356A			x
Kypsyysnäyte	0	765357A			x
		<i>yht.</i>			44
<b>2. opetettava aine 40</b>					
vähintään ydinopinnot toisesta opetettavasta aineesta <sup>5</sup>			x	x	x
		<i>yht.</i>	40	40	40
<b>Opettajan pedagogiset opinnot</b>					
Kasvatustieteen opinnot	25		x	x	x
		<i>yht.</i>	25	25	25

<b>Sivu- ja pääaineopintoja</b> (lähinnä täydennetään opetettavien aineiden opintoja) <sup>1</sup>	19-17	x		
	<i>yht.</i>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

<sup>1</sup> Suositellaan tarvittaessa ottamaan: 810135P Unixin perusteet 3 op

<sup>2</sup> Tai ATK I Ohjelmoinnin perusteet

<sup>3</sup> Suositellaan kaikille aineenopettajille

<sup>4</sup> Mikä tahansa johdatuskurssi

<sup>5</sup> Matematiikkaa (LuTK), kemian tai tietotekniikkaa (osa kursseista jää maisteriopintoihin)

Fysiikan opintojen tueksi suositellaan kurssia Differentiaaliyhtälöt I.

Ks. tarkemmin kemian, matemaattisten tieteiden ja tietojenkäsittelytieteiden koulutusohjelmasta: Sivuaineet.

## **Filosofian maisterin opinnot (120 op)**

### **Aineenopettajan suuntautumisvaihto**

#### **Pääaineena fysiikka, teoreettinen fysiikka tai tähtitiede.**

Biofysiikan ja geofysiikan opiskelijat noudattavat tätä rakennetta soveltuvin osin.

<b>Fysiikka:</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>F</b>	<b>TF</b>	<b>TT</b>
Pro gradu -tutkielma	20	761684S	x		
Kypsyysnäyte	0	761686S	x		
Fysiikan tutkimusprojekti <sup>1</sup>	6	766651S	x		
Kvanttimekaniikka I (alkuosa)	6	763612S	x		
Fysiikan syventäviä opintojaksoja <sup>2</sup>	28		x		
		<i>yht.</i>	<b>60</b>		
<b>Teoreettinen fysiikka:</b>					
Pro gradu -tutkielma	20	763682S		x	
Kypsyysnäyte	0	763685S		x	
Teor. fysiikan syventäviä opintoja	40			x	
		<i>yht.</i>		<b>60</b>	
<b>Tähtitiede:</b>					
Pro gradu -tutkielma	20	765621S			x
Kypsyysnäyte	0	765657S			x
Tähtitieteen syventäviä opintoja	40				x
		<i>yht.</i>			<b>60</b>
<b>Pedagogiset opinnot</b>	35		35	35	35
<b>Pää- ja sivuaineopintoja</b> <sup>3</sup>			25	25	25
		<i>yht.</i>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>

<sup>1</sup> Tutkimusprojekti tehdään jonkin syventävän kurssin alueesta.

<sup>2</sup> Syventäviin opintoihin voi sisältyä yksi kurssi toisista LuTK:n tai TTK:n maisteriopinnoista. Fysiikan syventävät opinnot eivät kaikki saa olla samalta erikoistumisalalta.

<sup>3</sup> Täydennetään toisen opetettavan aineen opinnot 60 op:ksi. Mahdollisesti 3. aineen opinnoita.

**Huom:** Opetusharjoitteluun kuuluvista valinnaisista opinnoista voi korvata enintään 3 opintopistettä (30 h vastaa 1 op:ttä) ainelaitoksella suoritettavalla harjoittelulla. Harjoittelu on suoritettava **ennen** korvattavan opintojakson aloittamista. Tarkempia ohjeita saa laitoksen aineenopettajakoulutuksen vastuuhenkilöltä.

## **Ohjeellinen lukujärjestys**

### **Luonnontieteiden kandidaatin tutkintoa varten:**

Seuraava esimerkkilukujärjestys koostuu opinnoista, joissa **pääaineena** on **fysiikka/teoreettinen fysiikka/tähtitiede** (ts. 1. opetettava aine on fysiikka) ja **sivuaaineena matematiikka** (2. opetettava aine).

Suluissa on lueteltu ne pääaineet, joissa opintojakso on pakollinen tai vaihtoehtoinen. Jos opintojakson yhteydessä ei ole käytetty sulkuja, se on pakollinen kaikissa pääaineissa.

<b>1. syyslukukausi</b>		<b>1. kevätlukukausi</b>	
Orientoivat opinnot	2	Mekaniikka ( <i>jatkuu syyslukukaudelta</i> )	
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	Sähkömagnetismi I	4
Fysiikan matematiikkaa	6	Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ( <i>alku</i> ) <sup>4</sup> (F, TT)	
Mekaniikka ( <i>jatkuu kevätlukukaudelle</i> )	7	Johdatus suhteellisuusteoriaan	3
Fysikaaliset mittaukset I <sup>3</sup>	3	Johd. geofys. (F <sup>1</sup> ) ( <i>loppu</i> )	
Fysikaalisen maailmankuvan kehittymien (F <sup>1</sup> )	3	Johd. biofysiikkaan (F <sup>1</sup> ) ( <i>loppu</i> )	
Johdatus geofysiikkaan (F <sup>1</sup> ) ( <i>alku</i> )	x	Johdatus tähtitieteeseen II (F <sup>1</sup> , TT)	x
Johdatus biofysiikkaan (F <sup>1</sup> ) ( <i>alku</i> )	x	ATK II <sup>2</sup>	4
Johdatus tähtitieteeseen I (F <sup>1</sup> , TT)	x	Pääaineen opintoja (TF, TT)	
Matematiikan perusmenetelmät I	10/8	Valinnaisia matematiikan opintoja (esim. Differentiaaliyhtälöt I 4 op)	
Lineaarialgebra I <sup>5</sup>	5		
Lineaarialgebra II <sup>5</sup>	5		
Kieliopinnot (Englannin kieli 1 <sup>6</sup> )	2		
Pääaineen opintoja (TF, TT)			
<b>2. syyslukukausi</b>		<b>2. kevätlukukausi</b>	
Sähkömagnetismi II	4	Aaltoliike ja optiikka <sup>5</sup>	6
Atomifysiikka	6	Aineen rakenne I	4
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt (F, TT) ( <i>jatkuu</i> )	6	Aineen rakenne II (F, FT)	2

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Säteilyfysiikka	2	Fysiikkaa aineenopettajille <sup>5</sup>	4
ATK I (F <sup>2</sup> , TF <sup>2</sup> )	4	Fysiikan harjoitustyöt ( <i>alku</i> ) <sup>4</sup> (F)	4
Pääaineen opintoja (TF, TT)		Analyysi I	8
Kieliopintoja (Englannin kieli 2 <sup>7</sup> )	2	Matematiikan valinnaisia opintoja	
Matematiikan valinnaisia opintoja		Pääaineen opintoja (TF, TT)	

3. syyslukukausi		3. kevätlukukausi	
Termofysiikka (F, TF)	6	Seminaari ja LuK-tutkielma (F) / LuK-tutkielma (aine ja seminaari) (TF, TT)	10
Fysiikan harjoitustyöt ( <i>jatkuu</i> ) (F)		Kypsyysnäyte	0
Vaihtoehtoinen fysiikan kurssi		Fysiikan ja kemian demonstraatiot ( <i>jatkuu 4. sl</i> )	2
Analyysi II	5	Pääaineen opintoja (TF, TT)	
Pääaineen opintoja (TF, TT)		Kasvatusalan opintoja ( <i>jatkoa sl:lta</i> )	
Kieliopintoja (Ruotsin kieli)	2		
Kasvatusalan opintoja ( <i>jatkuu kl.</i> )	25		

<sup>1</sup> Suositellaan otettavaksi vähintään yksi vaihtoehtoisista johdatuskursseista.

<sup>2</sup> Vähintään 8 op tietotekniikan opintoja. ATK II -kurssin voi suorittaa myöhemmin.

<sup>3</sup> Voi suorittaa joko syyslukukaudella tai kevätlukukaudella.

<sup>4</sup> Harjoitustöitä voi tehdä oman aikataulun mukaan sen jälkeen, kun Fysikaaliset mittaukset I -työt on tehty. Suositeltavaa on suorittaa työt aiheeseen liittyvän kurssin aikana tai välittömästi sen jälkeen.

<sup>5</sup> Voi suorittaa myöhemmin.

<sup>6</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 1 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kolme luentoaikaa: ti 8-10, to 8-10 tai to 10-12.

Ks. tarkemmin <http://www.oulu.fi/kielikeskus/>

<sup>7</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 2 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kaksi luentoaikaa: ma 12-14 tai 14-16.

## Fysiikan kurssikuvaukset

Opettajien sähköpostiosoite on muotoa **etunimi.sukunimi@oulu.fi**

Kurssikuvaukset ovat **aakkosjärjestyksessä**.

### Yleisopintoja

#### Orientoivat opinnot 2 op / 1 ov (761011Y)

Opintojaksolla vanhemmat opiskelijat tutustuttavat uudet tulokkaat opiskelu ympäristöön ja -järjestelmään, antavat tietoa koulutusalan sisällöstä, tavoitteista ja kehitysnäkymistä sekä auttavat opiskelun aloittamiseen liittyvissä käytännön ongelmissa.

*Työtavat:* 10-15 h työskentelyä pienryhmissä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. syyslukukausi. Opintojakso on pakollinen kaikille koulutusohjelman opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Anja Pulkkinen.

#### Pienryhmäohjaus 2 op / 1 ov (761013Y)

Muutaman vuoden opiskellut, aktiivinen ja



uusista opiskelijoista kiinnostunut henkilö voi halutessaan toimia pienryhmän ohjaajana opintojaksolla 761011Y Orientoivat opinnot.  
*Työtavat:* 10-15 h pienryhmän ohjausta.  
*Kohderyhmä:* Vapaaehtoinen.  
Vastuuhenkilö: Anja Pulkkinen

### Fysiikan yleiset opinnot

#### Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen 3 op / 2 ov (761112P)

Fysiikka (entinen luonnonfilosofia) on eräs niistä tieteistä, jotka ovat vieneet kehitystä ja teknologiaa merkittävästi eteenpäin. Kurssilla tarkastellaan lähinnä seitsemää tieteen vallankumoukseen johtavaa oivallusta, ei vain sitä mihin nämä oivallukset johtivat, vaan myös sitä mitä näiden takana on. Tällä kurssilla raavitaan muutamia fysiikan maailmankuvaa muuttaneita asioita pintaa syvemmältä – asioita, joiden historiasta fyysikon on myös hyvä tietää.

*Työtavat:* 26 h lu, 14 h harj, 1 tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Oppikirja: N. Spielberg ja B.D. Anderson: Seven ideas that shook the universe, John Wiley & Sons, Luentomoniste: K.Kaila, Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Ei vaadi edeltäviä opintoja.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* syyslukukausi, yksi vaihtoehto johdatuskurssiksi.

*Vastuuhenkilö:* Kari Kaila

#### Fysikaalisten tieteiden esittely 1 op / 1 ov (766115P)

Opintojaksossa tutustutaan fysikaalisten tieteiden laitoksen toimintaan ja esitellään laitoksessa tehtävää monipuolista tutkimusta. Fysiikassa tehtävän avaruusfysiikan, elektronispektroskopian, infrapunaspektroskopian ja NMR-spektroskopian tutkimuksen lisäksi laitoksella tehdään biofysiikan, teoreettisen fysiikan, tähtitieteen ja geofysiikan eri alojen tutkimusta. Kunkin tutkimusalan esittelyyn on varattu 3 tunnin jakso. Näiden lisäksi on yksi tilaisuus, jossa kerrotaan aineenopettajan koulutuksesta ja fyysikkojen sijoittumisesta työelämään.

*Työtavat:* 27 h lu, 75 % läsnäolo.

*Oppimateriaali:* tutkimusryhmien jakama materiaali.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* ei vaadi edeltäviä opintoja.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* syyslukukauden alku,

fysikaalisten tieteiden ko:n 1. vuoden opiskelijat (pakollinen), muut fysikaalisten tieteiden tutkimuksesta kiinnostuneet.

*Vastuuhenkilö:* Kari Kaila

#### Johdatus suhteellisuusteoriaan 3 op / 2 ov (763102P)

Ks. teoreettisen fysiikan kurssikuvaukset.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. kevätlukukausi. Pakollinen fysiikan ja teoreettisen fysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thunberg

#### Säteilyfysiikka 2 op / 1 ov (761117P)

Säteilyfysiikka on soveltava fysiikan alue, joka tutkii mm. säteilyn ilmaisemista, tunnistamista ja mittaamista sekä säteilyn ja fysikaalisten systeemien välisiä vuorovaikutuksia. Kurssilla käsitellään säteilyfysiikan perusteita, ydinfysiikkaa ja radioaktiivisuutta, säteilyn ja aineen vuorovaikutusmekanismeja, säteilyn ilmaisimia, säteilyyn liittyviä suureita ja mittayksiköitä, ihmisen luonnollista säteilevää ympäristöä, säteilyn käyttöä sekä säteilytoiminnan turvallisuusperusteita, käyttöorganisaatioita ja säteilysuojelua.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot ja luennolla jaettava materiaali

*Työtavat:* 16 h lu, 8 h harj, tentti

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Alkuosa biofysiikan opintojaksosta 764117P Säteilyfysiikka, biologia ja turvallisuus.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* syyslukukausi, sisältyy Fysiikan lisäopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko

### Fysiikan perusopinnot

#### Atomi- ja ydinfysiikka 3 op / 2 ov (761105P)

Klassisen fysiikan käsitteet perustuvat ihmisen havaintomaailmasta peräisin oleviin mielikuviin. Atomimaailman mittasuhteet ovat niin pieniä, ettei näitä mielikuvia voi enää käyttää. Opintojaksossa luodaan uudet perusmielikuvat ja osoitetaan uusien lakien tarve tukeutumalla klassisten ennusteiden ja koetulosten välillä havaittuun ristiriitaan sekä samantyyppiseen pohdintaan, jolle fysiikan perustutkimuskin perustuu. Opintojaksossa tutustutaan niihin kokeisiin, joihin käsitys atomaaristen ilmiöiden kvanttiluonteesta perustuu, sekä pyritään löytämään syyt, jotka johtivat uusien teorioiden syntyyn. Esitellään

atomien rakenteen perusteet, luodaan kat-saus ydinten rakenteeseen ja ydinreaktioihin, sekä tarkastellaan nykyistä käsitystä aineen rakennehiukkasista ja perusvuorovaikutuk-sista.

*Työtavat:* 28 h lu, 5 laskuharij. (10 h), tentti.  
*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* *Oppikirja:* H.D. Young and R.A. Freedman: University physics, Addison-Wesley, 2000. Vastaava aines löytyy myös kirjasta H. Benson: University physics, Wiley & Sons, New York sekä luentomonisteesta. Myös seuraavia kirjoja voi soveltuvin osin käyttää: D. Halliday ja R. Resnick: Physics, Part 2, extended version, Wiley & Sons, M. Alonso ja E.J. Finn, Physics, Addison Wesley.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* kevätlukukausi, fysiikkaa sivuaineena opiskelevat.

*Vastuuhenkilö:* Helena Aksela

#### **Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt 6 op / 4 ov (766107P)**

(sis. opintojakson Fysiikan harjoitustyöt I) Laboratoriotöissä perehdytään mittausten suunnitteluun, suorittamiseen, tulosten käsit-telyyn ja arviointiin sekä raportointiin. Työt liittyvät luennoilla esitettyihin aiheisiin. Töitä voi jossakin määrin valita oman mielenkiin-non mukaan.

*Sisältö:*

- Kaikille yhteiset fysiikan harjoitustyöt (3 op): (1/2 op/työselostustyö, 1/3 op/lomaketyö)
- Pakolliset oppiainekohtaiset harjoitustyöt (2 op): Biofysiikan työt, Fysiikan työt, Geofysiikan työt, Tähtitieteen työt
- Vapaavalintaiset työt (1 op): Biofysiikan, fysiikan, geofysiikan tai tähtitieteen töitä.

Tarkempi kuvaus tehtävistä töistä löytyy laitoksen verkkosivuilta ja opetuslaborato-rioista.

*Työtavat:* Mittaukset tehdään 4 tunnin työ-vuoroilla opetuslaboratorioissa ja noin puo-lesta töistä laaditaan kirjalliset raportit.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Työohje-monisteet. Lisäksi yksittäisten töiden ohjeita on saatavissa asianomaisista laboratorioista.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Ennen töiden aloittamista on suositeltavaa suorittaa opinto-jakso 761121P Fysikaaliset mittaukset I.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. kevät - 3. syksy, sisältyy Fysiikan perusopintokokonaisuuteen ja Fysiikan lisäopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko

#### **Fysiikan matematiikkaa 6 op / 3 ov (763101P)**

Ks. teoreettisen fysiikan kurssikuvaukset.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. syyslukukausi.

Sisältyy Fysiikan ydinopinnot - kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Pekka Pietiläinen

#### **Fysikaaliset mittaukset I 3 op / 2 ov (761121P)**

Laboratoriotöiden tekeminen on fyysikolle tärkeä taito. Niihin opiskelijat johdatetaan luentojen ja laboratoriossa tehtävien ryhmä-töiden avulla. Työturvallisuus on oleellinen osa laboratoriotöitä myös fysiikassa. Kurssil-la opitaan käyttämään erilaisia mittareita ja mittalaitteita. Mittaustuloksista lasketaan todennäköisin arvo sekä sen tarkkuus virhe-arviomenetelmällä. Kurssilla tehdään viisi harjoitustyötä 8 opiskelijan ryhmissä. Tällä kurssilla opittuja taitoja voidaan soveltaa suoraan Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ja Fysiikan harjoitustyöt -opintojaksoilla.

*Työtavat:* 12 h lu, 20 h lab, tentti. Opintojak-soon sisältyy viisi ryhmissä tehtävää harjoi-tustyötä (4 h).

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomoniste: J. Lounila: 761121P Fysikaaliset mittaukset. Työohjemoniste: Fysikaaliset mittaukset I, laboratoriotöiden työohje.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Ei vaadi edeltäviä opintoja. Kurssin suoritus on edel-lytyksenä 766107P Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ja 761308A Fysiikan harjoitus-työt suorittamiselle.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* syyslukukausi: fysikaalisten tieteiden ja matemaattisten tietei-den opiskelijat sekä osa teknillisen tiedekun-nan opiskelijoista, kevätlukukausi: (fysikaalisten tieteiden opis-kelijat), kemian sekä elektroniikan, tietoliiken-teen ja tietotekniikan koulutusohjelmien opiskelijat.

Sisältyy Fysiikan perusopintokokonaisuuteen ja Fysiikan ydinopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Kari Kaila

#### **Lämpöoppi 2 op / 1 ov (761102P)**

Opintojaksossa perehdytään lämpötilan, lämmön ja aineen lämpöominaisuuksien perusteisiin sekä makroskooppisella että mikroskooppisella tasolla.

**Sisältö lyhyesti:** Lämpötila, lämpöenergia, kalorimetria, aineen lämpöominaisuudet, kineettinen ideaalikaasuteoria, termodynamiikan pääsäännöt, lämpö- ja kylmäkoneet, Carnot'n sykli, entropia.

**Työtavat:** 16 h lu, 4 laskuharjoitus (8 h), tentti.  
**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** *Oppikirja:* H.D. Young and R.A. Freedman: University physics, Addison-Wesley, (painos 10, luvut 15-18 tai painos 11, luvut 17-20). Vastaava aines löytyy myös kirjasta H. Benson: University physics, Wiley & Sons, New York (luvut 18-21). Luentomoniste: K. Mursula: Lämpöoppi

**Ajoitus ja kohderyhmä:** syyslukukausi, fysiikkaa sivuaineena opiskelevat.  
**Vastuuhenkilö:** Kalevi Mursula

#### **Perusmekaniikka 4 op / 2 ov (761101P)**

Mekaniikan ilmiöt ovat hyvin tuttuja jokapäiväisessä elämässämme ja monet insinööritieteet pohjautuvat mekaniikkaan. Mekaniikka muodostaa perustan muille fysiikan osa-alueille, myös moderniin fysiikkaan. Opintojakson alussa on lyhyt kertaus vektorilaskennasta, sitten tarkastellaan kappaleen liikettä yhdessä, kahdessa ja kolmessa ulottuvuudessa (sisältäen vinon heittoliikkeen), Newtonin liikelakeja, työn ja energian käsitteitä sekä energian säilymlakia, liikemäärää ja sen säilymlakia, törmäyksiä, jäykkien kappaleiden hitausmomenteja ja pyörimisliikettä, tasapainoehdot, gravitaatiota, harmonista värähdysliikettä sekä nesteiden ja kaasujen dynamiikkaa.

**Työtavat:** 32 h lu, 8 laskuharjoitus (16 h), tentti.  
**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** *Oppikirja:* H.D. Young and R.A. Freedman: University physics, Addison-Wesley, 11. painos, 2004, luvut 1-14. Vastaava aines löytyy myös kirjasta H. Benson: University physics, Wiley & Sons, New York (luvut 1-15). Luentomateriaali löytyy kurssin verkkosivuilta.

**Yhteys muihin opintoihin:** Vektorilaskennan sekä differentiaali- ja integraalilaskennan perusteiden hallinta suotavaa.

**Ajoitus ja kohderyhmä:** syyslukukausi, fysiikkaa sivuaineena opiskelevat.  
**Vastuuhenkilö:** Anita Aikio

#### **Sähkö- ja magnetismioppi 4 op / 2 ov (761103P)**

Sähkömagneettinen vuorovaikutus on yksi neljästä perusvoimasta ja monet arkipäivän ilmiöt perustuvat tähän vuorovaikutukseen

(esim. valo, radioaallot, sähkövirta, magnetismi ja kiinteän aineen koossapysyminen). Nykyinen teknologinen kehitys pohjautuu suurelta osin sähkömagnetismin sovellutuksiin energiantuotossa ja -siirrossa, valaistuksessa, tietoliikenteessä sekä informaatioteknologiassa. Opintojaksossa tutustutaan sähkökentän ja -potentiaalın käsitteisiin, Gaussin lakiin, eristeisiin ja kondensaattoreihin, sähkövirtaan, vastuksiin ja tasavirtapiireihin, magneettikenttään, varatun hiukkasen liikkeeseen sähkö- ja magneettikentissä sekä ilmiötä soveltaisiin laitteisiin, Amperen sekä Biot-Savartin lakeihin, indusoituihin sähkökenttiin sekä Faradayn lakiin, induktanssiin ja keloihin, RLC-tasavirtapiireihin sekä vaihtovirtapiireihin.

**Työtavat:** 32 h lu, 6 laskuharjoitus (12 h), tentti.  
**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** *Oppikirja:* H.D. Young and R.A. Freedman: University physics, Addison-Wesley, 11. painos, 2004, luvut 21-31. Vastaava aines löytyy myös kirjasta H. Benson: University physics, Wiley & Sons, New York (luvut 22-33). Luentomateriaali löytyy kurssin verkkosivuilta.

**Yhteys muihin opintoihin:** Edellyttää vektorilaskennan sekä differentiaali- ja integraalilaskennan perusteiden hallitsemista.

**Ajoitus ja kohderyhmä:** kevätlukukausi, fysiikkaa sivuaineena opiskelevat.  
**Vastuuhenkilö:** Anita Aikio

#### **Yleinen aaltoliikeoppi 3 op / 2 ov (761104P)**

Aaltoliikkeen käsite yhtenäistää tärkeällä tavalla monien luonnontieteen eri alueilla esiintyvien ilmiöiden kuvausta. Tällaisia ilmiöitä ovat esim. veden pinnan aaltoilu, maanjäristykset, ääni, valo, radio- ja televisiolähetykset sekä kvanttimekaniikan kuvaama hiukkasten aaltoluonne, joka hallitsee aineen mikroskooppista käyttäytymistä. Tässä opintojaksossa tarkastellaan kaikkien aaltoliikkeiden yhteisiä ominaisuuksia ja lisäksi sovellusten kannalta tärkeimpien aaltojen - äänen ja sähkömagneettisten aaltojen - erityisominaisuuksia. Erityinen paino on valo-opilla, josta tarkasteltavina aiheina ovat valon heijastuminen ja taittuminen, peilit, linssit ja optiset instrumentit, valon interferenssi ja diffraktio sekä polarisaatio ja laser.

**Työtavat:** 32 h lu, 6 laskuharjoitus (12 h), tentti.  
**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** *Oppikirja:* H.D. Young and R.A. Freedman: University physics, Addison-Wesley, 11th editon, 2004.

Vastaava aines löytyy myös kirjan edellisestä painoksesta vuodelta 2000 ja kirjasta H. Benson: University physics, Wiley & Sons, New York 1991 (ensimmäinen painos) tai 1996 (toinen painos), kappaleet 16, 17, 19.8, 34 - 38 ja kappaleen 40 loppu (*Special topic: Lasers*).

*Luentomoniste:* Seppo Alanko: 761104P Yleinen aaltoliikeoppi, Oulun yliopisto, 2005.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* kevätlukukausi, fysiikkaa sivuaineena opiskelevat.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko

Ks. <http://physics.oulu.fi/opetus/>

### Fysiikan aineopinnot

#### Aaltoliike ja optiikka 6 op / 3 ov (766329A)

Aaltoliikkeen käsite yhtenäistää tärkeällä tavalla monien luonnontieteen eri alueilla esiintyvien ilmiöiden kuvausta. Tällaisia ilmiöitä ovat esim. veden pinnan aaltoilu, maanjäristykset, ääni, valo, radio- ja televisiolähetykset sekä kvanttimekaniikan kuvaama hiukkasten aaltoluonne, joka hallitsee aineen mikroskooppista käyttäytymistä. Tässä opintojaksossa tarkastellaan aaltoliikkeiden yhteisiä ominaisuuksia ja lisäksi sovellusten kannalta tärkeimpien aaltojen - äänen ja sähkömagneettisten aaltojen - erityisominaisuuksia. Merkittävä paino on optiikalla, josta tarkasteltavina aiheina ovat: valon tuottaminen ja mittaaminen, geometrisen optiikka, matriisimenetelmä paraksiaalisessa optiikassa, kuvausvirheet, optiset instrumentit, aaltoyhtälö, aaltojen superpositio, valon interferenssi, interferometrit, polarisaatio, Fraunhoferin diffraktio, diffraktiohila ja laserin perusteet.

*Työtavat:* 46 h lu, 12 laskuharj. (24 h), 2 vk.

*Kirjallisuus:* Luentomoniste ja oppikirjat H. D. Young and R. A. Freedman, University Physics, Addison-Wesley, 2000 ja 2004, F. L. Pedrotti ja L. S. Pedrotti, Introduction to optics, Prentice-Hall, second ed., 1993 ja E. Hecht, Optics, (3rd ed.), Eugene Hecht, Addison Wesley Longman, 1998

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatietoja ei edellytetä. Opintojakson antamat tiedot ovat välttämättömiä opintojaksossa 761665S Optiikka. Opintojakso sisältää myös aaltoliikeopin perusopinnot.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevätlukukausi, Sisältyy Fysiikan ydinopinnot -kokonai-

suuteen.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko

#### Aineen rakenne I 4 op / 2,5 ov (763333A)

Ks. teoreettisen fysiikan kurssikuvaukset.

*Työtavat:* 30 h lu, 8 laskuharj. (16 h), pääteko-

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Aikaisempi opintojakso 766330A Aineen rakenne 4 ov voidaan korvata suorittamalla sekä 763333A Aineen rakenne I että 766334A Aineen rakenne II.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevätlukukausi, Sisältyy Fysiikan ydinopinnot -kokonai-

suuteen.  
*Vastuuhenkilöt:* Erkki Thuneberg

#### Aineen rakenne II 2 op / 1,5 ov (766334A)

Tässä opintojaksossa tutustutaan ydin- ja hiukkasfysiikkaan. Siinä tarkastellaan ydinten rakennetta ja ominaisuuksia, ydinvoimia, ydinmalleja, radioaktiivisuutta, ydinreaktioita, alkeishiukkasten ominaisuuksia ja niiden välisiä vuorovaikutuksia sekä perusvoimien yhtenäisteorioita.

*Työtavat:* 20 h lu, 5 laskuharj. (10 h) , pääteko-

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Oppikirja: R. Eisberg ja R. Resnick: Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles, John Wiley & Sons.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Perustiedot: 766326A Atomifysiikka

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevätlukukausi. Sisältyy Fysiikan lisäopinnot -kokonai-

suuteen.  
*Vastuuhenkilö:* Juhani Lounila

#### Atomifysiikka 6 op / 3 ov (766326A)

Tavoitteena on tutustuttaa opiskelija niihin klassisen fysiikan käsitteiden ja järjestelmien muutoksiin, joita atomifysikaalista suuruusluokkaa olevien kohteiden tutkimus ja tuntemus vaativat. Opintojakson alussa esitetään historialliseen kehitykseen kuuluvaa aineistoa sekä käsitellään niitä taustoja ja kehityskulkuja, jotka johtivat kvanttimekaniikan löytöön 1900-luvulla. Esitys korostaa prosessia, jossa kokeellisista tuloksista hahmottuvat lainalaisuudet pakottavat luopumaan vanhoista mielikuvista. Kurssissa tutustutaan kvanttimekaniikkaan esitellen systeemin tilaa kuvaavat aaltoyhtälöt ja niiden ratkaiseminen muutamassa yksinkertaisessa tapauksessa. Pääasiassa kvanttimekaniikkaa käytetään

kuitenkin varsin kuvailevalla tasolla, jättäen pääpainon formalismista Kvanttimekaniikka I:een, ja keskittyen kvanttimekaniikan sovelluksiin ja seuraamuksiin yksinkertaisimmassa systeemeissä. Vedyntalaiseen atomiin lisäksi käsitellään lyhyesti monielektronista atomia, molekyyliä ja kemiallista sidosta. Opintojaksossa pyritään tuomaan esille, miten tieto edelleen tarkentuu atomi- ja molekyylifyysiikan nykytutkimuksessa. Kurssissa tarkastellaan myös arkielämän ilmiöiden atomifysikaalista taustaa sekä modernin fyysiikan sovellutuksia useilla eri aloilla.

*Työtavat:* 46 h lu, 12 laskuharj. (24 h), 2 vk.  
*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* *Oppikirjat:* R. Eisberg ja R. Resnick: Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles, John Wiley & Sons sekä J. J. Brehm ja W. J. Mullin: Introduction to the structure of matter, a course in modern physics, John Wiley & Sons.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Antaa pohjan 766330A Aineen rakenne -kurssille, on myös johdanto 763612S Kvanttimekaniikka I -kurssille ja hyvä tausta atomifyysiikan ja molekyylifyysiikan syventäville kursseille. Opintojakso sisältää myös atomi- ja molekyylifyysiikan perusopinnot.

*Ajotus ja kohderyhmä:* 2. syyslukukausi, Sisältyy Fysiikan ydinopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Helena Aksela

#### **Avaruusfyysiikan perusteet 5 op / 3 ov (766355A)**

Kurssi antaa perustiedot Maan lähiavaruuden ilmiöistä. Interplanetaarisessa avaruudessa puhalttaa aurinkotuuli, joka on Aurin-gosta lähtevä jatkuva plasmavirtaus. Se puristaa Maan magneettikentän komeetan muotoiseen alueeseen, jota kutsutaan magnetosfääriksi. Auringon säteily ja magnetosfääristä tulevat varatut hiukkaset ionisoivat ilmakehän yläosaa, mistä syntyy Maan ionosfääri. Luentokurssilla käsitellään aurinkoa, aurinkotuulta, magnetosfääriä ja ionosfääriä sekä auringon ja aurinkotuulen vaikutusta magnetosfääriin ja ionosfääriin. Auringossa tapahtuvat purkaukset aiheuttavat häiriöitä aurinkotuulella, magnetosfääriin ja ionosfääriin. Tätä häiriökokonaisuutta kutsutaan avaruussädeksi. Avaruussäde vaikuttaa esimerkiksi tietoliikenneyhteyksiin, satelliittien toimivuuteen ja astronauttien

terveyteen. Revontulet ovat eräs avaruussäde ilmenemismuoto. Koska sekä aurinkotuuli, magnetosfääri että ionosfääri koostuvat magneettikentässä olevasta ionisoituneesta kaasusta eli plasmasta, käytetään ilmiöiden selittämiseen plasmafysiikkaa.

*Työtavat:* 40 h lu, 20 h harj, 2 vk.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomateriaali (T. Nygren ja Kalevi Mursula: Avaruusfyysiikan perusteet) on jakelussa fysikaalisten tieteiden laitoksen verkkosivuilla.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Perustiedot: 766321A Sähkömagnetismi I, 766322A Sähkömagnetismi II.

*Kohderyhmä:* Valinnainen fyysiikan opiskelijoille. Hyödyllinen useimpien avaruusfyysiikan syventävien kurssien opiskelussa, erityisesti kurssissa 761653 S Plasmafysiikka.

*Vastuuhenkilö:* Tuomo Nygrén

#### **Elektroniikan perusteet 5 op / 3 ov (761322A)**

Opintojakson alussa käydään läpi puolijohdeiden perusominaisuudet, joiden pohjalta selvitetään diodin ja transistorin toiminta. Sovelluskohteina ovat vahvistimet. Seuraava laajempi tutustumiskohde on operaatiovahvistin, jonka käyttöä vahvistimena ja suodatimena tarkastellaan. Luentoihin liittyvät läheisesti viikoittain ryhmissä tehtävät laboratorioharjoitustyöt.

Digitaalielektroniikan osuudessa opetellaan Boolean algebran avulla hallitsemaan digitaalisten komponenttien käyttäytymissäännöt sekä tutustutaan digitaalisten porttien sisäiseen rakenteeseen. Harjoitustöissä toteutetaan digitaalisiin piireihin pohjautuvia portti-kytkentöjä ja värähtelijöitä ja lopuksi perehdytään mikroprosessoriin. Käytännön töiden lisäksi sekä analogisten että digitaalisten kytkentöjen toimintaa tarkastellaan simulaattoriharjoituksen avulla.

*Työtavat:* 24 h lu, 36 h lab, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luento- ja harjoitustyömoniste. Täydentävää tietoa saa mm. kirjoista Paul Horowitz, Winfield Hill: The Art of Electronics, 2. Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1989 ja Juha Aaltonen, Seppo Kousa, Jyrki Stor-Pellinen: Elektroniikan perusteet, Limes ry, 2004

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävinä opintojaksoina suositellaan 766321A Sähkömagnetismi I ja 766322A Sähkömagnetismi II. Harjoitustyöt edellyttävät, että opintojakson 761121P Fysikaaliset mittaukset I työt

on suoritettu. Opintojakson tietojen hallinta on edellytys opintojaksojen 761641S Prossessoritekniiikan perusteet ja 761642S Prossessoritekniiikan jatkokurssi suorittamiselle.

*Kohderyhmä:* Valinnainen fysiikan opiskelijoille. Yleisluontoisuutensa vuoksi opintojakso soveltuu kaikille, joko tutkimus- tai opetus-tehtäviin suuntautuille fysiikan pää- ja sivuaineopiskelijoille.

**Huom:** Opintojaksoa ei luennoida enää fysiikaalisten tieteiden laitoksella. Ne opiskelijat, jotka ovat sisällyttäneet kurssin opinto-ohjelmansa, voivat suorittaa sen osallistumalla vastaavalle TTK:n kurssille 521431A *Elektroniikkasuunnittelun perusteet 5 op /3 ov.* Kurssin vastuuhenkilö on prof. Juha Kostamovaara.

Vastuuhenkilö: Seppo Alanko

**Fysiikan harjoitustyöt 4 op / 2 ov (761308A)**

(vastaa aikaisempaa opintojaksoa Fysiikan harjoitustyöt II)

Laboratoriotöissä perehdytään mittausten suunnitteluun, suorittamiseen, tulosten käsittelyyn ja arviointiin sekä raportointiin. Työt (8 kpl) liittyvät fysiikan luennoilla esitettyihin aiheisiin. Töitä voi jossakin määrin valita oman mielenkiinnon mukaan.

*Työtavat:* Mittaukset tehdään 4 tunnin työvuoroilla opetuslaboratorioissa.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Työohjelmaniste: 761308A Fysiikan harjoitustyöt II (toim. L. Jalonen, A. Pulkkinen ja R. Paso)

*Yhteys muihin opintoihin:* Perustiedot: Fysiikan perus- ja aineopintokurssit, Fysiikaalisten tieteiden harjoitustyöt.

*Ajoitus:* 2. - 3. vuosi. Sisältyy Fysiikan lisäopinnot -kokonaisuuteen.

Vastuuhenkilö: Jukka Jokisaari

**Fysiikan ja kemian demonstraatiot 2 op / 1 ov (766309A)**

Demonstraatiokoulutus sisältää 33 tuntia lukion ja yläasteen fysiikkaan ja kemiaan liittyviä demonstraatioita. Koulutus tapahtuu ryhmissä pääasiassa Normaalikoululla.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. vuosi, pakollinen aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa.

Vastuuhenkilö: Kari Kaila

**Fysiikkaa aineenopettajille 4 op / 2,5 ov (766338A)**

(aikaisemmin 5 op / 3 ov)

Kurssin tarkoituksena on orientoida aineen-

opettajiksi aikovia ja antaa heille fysiikan opetuksen alustavia taitoja jo ennen aineenopettajan koulutusta. Kurssilla tutustutaan koulussa käytettäviin fysiikan oppikirjoihin ja tarkastellaan samaa aihepiiriä kurssillamme esille tulleiden asioiden kanssa. Näiden pohjalta suunnitellaan muutama oppitunti sekä niihin liittyviä demonstraatioita, jotka esitellään muille kurssilaisille. Ainelaitoksella osallistutaan laskupäiville ohjaamalla opiskelijoita.

Näillä toimenpiteillä ja harjoittelulla alennetaan opettamisen kynnyistä siirryttäessä aineenopettajakoulutuksen opetusharjoitteluun. Kurssi voidaan täydentää 3 opintoviikoksi lisäharjoittelulla.

*Työtavat:* 80 % läsnäolo opetuksessa, tutustumisia, käytännön opetusta, oppimispäiväkirja.

*Oppimateriaali:* Lukion fysiikan kirjat, kurssikirjat.

*Perustiedot:* fysiikan pohjaopintoja opetusta varten.

*Kohderyhmä:* pakollinen aineenopettajaksi opiskeleville. (Vanhassa tutkintojärjestelmässä vaihtoehtoinen)

Vastuuhenkilö: Kari Kaila

**Kypsyysnäyte 0 op (761386A)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä oppinäytteen alaan ja suomen tai ruotsin kielen taitoa.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksytty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena LuK-tutkintoon.

**Mekaniikka 7 op / 4 ov (766323A)**

Fysiikan tieteellinen kehitys alkoi mekaniikasta. Tämä johtuu siitä, että mekaniikan ilmiöillä, kuten esimerkiksi liikkeellä, on perustava merkitys välittömässä ympäristössämme. Toisaalta useita mekaniikan ilmiöitä voi tutkia yksinkertaisin välinein. Mekaniikan tutkimus on johtanut monien sellaisten käsitteiden ja säilymlakien määrittelyyn, joilla on nykyisinkin keskeinen asema kaikessa fysiikan tutkimuksessa. Modernin fysiikan perusteoria suhteellisuusteoria ja kvanttimekaniikka pohjautuvat mekaniikkaan, joten mekaniikan formalismin ymmärtäminen helpottaa modernin fysiikan opiskelua.

*Sisältö:* Liike ja liikkeen dynamiikka, kolmiulotteinen liike, kentät ja energia, monen kappaleen vuorovaikutukset, jäykän kappaleen dynamiikka, suhteellinen liike, hiukan

erikoista suhteellisuutta, fluidien mekaniikka.  
*Työtavat:* 62 h lu, 15 laskuharj. (30 h), 3 vk.

*Oppikirja:* M. Mansfield and C.O'Sullivan: Understanding Physics, John Wiley & Sons, Praxis Publishing, 1999 sekä laajennuksia kirjasta M. Alonso and E. Finn: Physics, Pearson (aikaisemmin Addison-Wesley, Fundamental University Physics).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatietoina 1. syyslukukautena luennoitava 763101P Fysiikan matematiikkaa, erityisesti vektorit, differentiaali- ja integraalilaskenta sekä matriisialgebra. Opintojakso sisältää myös mekaniikan perusopinnot.

*Ajotus ja kohderyhmä:* 1. syyslukukausi, jatkuen kevätlukukaudelle, sisältyy Fysiikan ydinopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Kari Kaila

#### **Plasmafysiikan perusteet 5 op / 3 ov (761353A)**

Suurin osa universumin normaalista materiaasta on plasmaolomuodossa eli koostuu suuresta joukosta varattuja hiukkasia, jotka vaikuttavat toisiinsa sähkömagneettisella vuorovaikutuksella. Plasmafysiikan tehtävänä on kuvata tällaista hiukkasjoukkoa ja tutkia millaisia ilmiöitä tällaisessa systeemissä esiintyy. Plasmafysiikka on myös avaruusfysiikan tärkein teoria, jota sovelletaan mm. ionosfääriin, magnetosfääriin, Auringon ja heliosfääriin ilmiöiden kuvauksessa.

*Sisältö lyhyesti:* Plasmaolomuoto, plasmaehdot, varatun hiukkasen liike, adiabaattiset invariantit, plasman törmäykset ja johtavuus, plasman konvektio ja korotaatio, ionosfääriin virrat, alimyrsky, plasman kineettisen teorian perusteet, magnetohydrodynamiikan perusteet.

*Työtavat:* 40 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Baumjohann-Treumann: Basic Space Plasma Physics, Imperial College Press, 1997 (kpl 1-7). Muita kirjoja: H. Koskinen, Johdatus plasmafysiikkaan ja sen avaruussovellutuksiin. Limes, 2001; F.F. Chen: Plasma Physics and Controlled Fusion, 2<sup>nd</sup> ed., Vol. 1, Plasma Physics, Plenum Press; J. A. Bittencourt: Fundamentals of plasma physics, Pergamon Press, 1986. Luentomoniste: K. Mursula: Plasmafysiikan perusteet

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävinä opintoina suositellaan kursseja 766321A Sähkömagnetismi I ja 766322A Sähkömagnetismi II tai vastaavia tietoja.

*Kohderyhmä:* Antaa tarpeellisia perustietoja kaikille avaruusfysiikan syventäville ja useille tähtitieteen kursseille, erityisesti Plasmafysiikka 761653S -kursseille. Suositellaan myös kaikille, joita plasma ja sen hyötykäyttö kiinnostaa.

*Vastuuhenkilö:* Kalevi Mursula

#### **Seminaari ja LuK-tutkielma 10 op / 5 ov (761385A)**

Tutkimukseen liittyy oleellisena osana raportointi ja tiedon hankkiminen. Opintojaksossa opastetaan sekä kirjalliseen (tutkielma) että suulliseen (seminaarisesitelmä) raportointiin. Koulutus tiedon hankkimiseen tapahtuu Tellus-kirjastossa kirjaston henkilökunnan toteuttamana. Tutkielma kirjoitetaan kurssin vetäjän tai jonkin tutkimusryhmän vanhemman tutkijan antamasta aiheesta ko. henkilön ohjaamana. Tutkielman laajuus on n. 20 sivua.

*Työtavat:* 16 h lu, harj. 4 h ja seminaarisesitelmä,

*Ajotus ja kohderyhmä:* kevätlukukausi, pakollinen (75 % läsnäolo esitelmissä) (Tiedekirjasto Telluksen osuus 0,5 op:

Sisältö: Tiedonlähteet ja tiedonhakuprosessi, tiedonlähteiden arviointi, tiedonhankintatehtäviä. Toteutus: lähi- ja verkko-opetuksena, edellyttää läsnäoloa lähiopetuksessa ja kurssitehtävien suorittamista.)

Hyväksytyt kandidaatintutkielma arvostellaan asteikolla 1-5.

*Vastuuhenkilö:* Jukka Jokisaari

#### **Spektroskooppiset menetelmät 5 op / 3 ov (764359A)**

*(aikaisemmin 3 op / 2 ov)*

Opintojaksossa käydään läpi massa-, IR- ja NMR-spektroskopian sekä röntgenanalytiikan ja kaasukromatografian perusteet. Tavoitteena on, että opiskelija tietää opintojakson suoritettuaan, minkälaisen fysiikkaalisten / biofysiikkaalisten ilmiöiden tutkimukseen ao. menetelmät soveltuvat ja minkälaista informaatiota tutkittavan systeemin ominaisuuksista niillä voidaan saada.

*Työtavat:* 46 h lu, 24 h lask ja dem, 2 vk.

*Luentomateriaali:* Moniste.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatietoja ei edellytetä.

*Kohderyhmä:* Opintojakso on pakollinen biofysiikan opiskelijoille ja valinnainen fysiikan opiskelijoille. Opintojaksoa suositellaan

erityisesti opiskelijoille, jotka aikovat suunnautua jollekin atomi- ja molekyyllifysiikan alalle.

*Vastuuhenkilö:* Jukka Jokisaari

#### **Sähkömagnetismi I 4 op / 2 ov (766321A)**

Sähkömagnetismi on mekaniikkaa myöhempi fysiikan teoria, joka kehittyi pääasiassa 1800-luvulla. Keskeistä sähkömagnetismissä on kentän käsite. Sähkömagnetismi on liittännyt aiemmin erillisinä pidetyt sähköiset ja magneettiset ilmiöt yhtenäiseksi teoriaksi ja samalla sulauttanut itseensä optiikan. Näinollen se on ensimmäinen esimerkki fysikaalisesta yhtenäisteoriasta. Se kätkee myös sisäänsä suhteellisuusteorian siemenen, joten sillä on ollut suuri merkitys myöhemmälle fysiikan kehitykselle. Nykyinen elinympäristömme on hyvin suurella määrällä sähkömagnetismin sovellusten muokkaama, sillä sähköllä ja magnetisilla on perustava merkitys energiantuotossa ja -siirrossa, valaistuksessa, tietoliikenteessä sekä informaatioteknologiassa. Sähkömagnetismin kurssi on jaettu kahteen osaan. Ensimmäinen osa koostuu sähköstatiikasta ja magnetostatiikan perusteista.

*Sisältö:* Matemaattisia työkaluja, sähkövaraus, Coulombin laki ja sähkökenttä, potentiaali ja potentiaalienergia, Gaussin laki, eristeet, polarisoituma ja indusoituneet varaukset, johteet, kondensaattorit, sähkökentän energiatiheys, sähköstatiikan reunaehtoprobleemat, Laplacen ja Poissonin yhtälöt, kuvalähdeperiaate, magneettikenttä, Lorentz-voima, magneettivuon tiheyden lähteettömyys, Ampèren ja Biot Savartin lait, vektoripotentiaali, magneettimomentti.

*Työtavat:* 30 h lu, 7 laskuharj. (14 h), 4 osatenttiä, pääteko.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomateriaali verkkosivuilla. Lisämateriaalina voi käyttää teoksia I.S. Grant ja W.R. Phillips: Electromagnetism (toinen painos, Wiley & Sons) sekä I. Lindell ja A. Sihvola: Sähkömagneettinen kenttäteoria, 1. Staattiset kentät ja A. Sihvola ja I. Lindell: Sähkömagneettinen kenttäteoria, 2. Dynaamiset kentät (Otatiето).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi on alkuosa sähkömagnetismin opintojen kokonaisuudesta, joka jatkuu kurssilla 766322A Sähkömagnetismi II (4 op).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kevätlukukausi. Sisältyy Fysiikan ydinopinnot –kokonaisu-

teen. Hyödyllinen useimmissa avaruusfysiikan kursseissa.

*Vastuuhenkilö:* Tuomo Nygrén

#### **Sähkömagnetismi II 4 op / 2 ov (766322A)**

Kurssi on toinen osa sähkömagnetismia käsittelevästä kokonaisuudesta ja se on jatkoa luentosarjalle 766321A Sähkömagnetismi I. Toinen osa täydentää magnetostatiikkaa ja käsittelee sen jälkeen sähkömagneettista induktiota sekä tasa- ja vaihtovirtojen teoriaa. Lopuksi sähkömagnetismin peruslait kootaan Maxwellin yhtälöiksi, joita sovelletaan sähkömagneettisten aaltojen teoriaan.

*Sisältö:* Magneettikentän voimakkuus, magneetit, sähkömagneettinen induktio, Faradayn laki, induktanssi, magneettinen energia, vaihtovirrat, impedanssi ja admittanssi, teho vaihtovirtapiirissä, sarjapiirin resonanssi, transientit, kolmivaihejärjestelmä, lineaaripiirit, Kirchhoffin lait, vaihtovirtasillat, tulo- ja lähtöimpedanssit, Théveninin ja Nortonin teoreemat, suotimet, jatkuvuusyhtälö, siirtävirta, Maxwellin yhtälöt, sähkömagneettiset tasoallot vapaassa tilassa, aallon polarisaatio, sähkömagneettiset tasoallot eristeessä, dispersio ja ryhmänopeus, sähkömagneettisten aaltojen energia, Poyntingin teoreema, sähkömagneettisten aaltojen absorptio ja skinefekti.

*Työtavat:* 32 h lu, 8 laskuharj. (16 h), 4 osatenttiä, pääteko.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomateriaali verkkosivuilla. Lisämateriaalina voi käyttää teoksia I.S. Grant ja W.R. Phillips: Electromagnetism (toinen painos, Wiley & Sons) sekä I. Lindell ja A. Sihvola: Sähkömagneettinen kenttäteoria, 1. Staattiset kentät ja A. Sihvola ja I. Lindell: Sähkömagneettinen kenttäteoria, 2. Dynaamiset kentät (Otatiето).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Loppuosa sähkömagnetismin opintojen kokonaisuudesta, joka alkaa kurssilla 766321A Sähkömagnetismi I.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. syyslukukausi. Sisältyy Fysiikan ydinopinnot –kokonaisuuteen. Hyödyllinen useimmissa avaruusfysiikan kursseissa.

*Vastuuhenkilö:* Tuomo Nygrén.

#### **Termofysiikka 6 op / 3 ov (766328A)**

Opintojaksossa termofysiikan perusperiaatteista pyritään antamaan mahdollisimman selkeä ja fysikaalisesti ymmärrettävä kuva käyttäen statistisen fysiikan menetelmiä.



Pyrkimyksenä on selvittää, miten makroskooppisen systeemin ominaisuudet (esim. tilanyhtälö) ovat johdettavissa systeemin mikroskooppisista perusominaisuuksista (esim. molekyylien käyttäytymisestä). Opintojaksossa käsitellään seuraavia aiheita: Peruskäsitteitä. Termodynamiikan ensimmäinen pääsääntö. Lämpölaajeneminen ja lämmön siirtyminen. Toinen pääsääntö. Yhdistetty pääsääntö. Lämpövoimakoneet ja jäähdyttimet. Termodynaamiset potentiaalit. Aineen olomuodot. Klassinen ideaalikaasu. Klassiset ja avoimet systeemit. Kvantti-ideaalikaasu.

*Työtavat:* 46 h lu, 12 laskuharjoitus (24 h), 2 vk.  
*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* *Oppikirja:* F. Mandl: Statistical Physics, second edition, John Wiley & Sons Ltd., 1988. *Luentomoniste:* Juhani Lounila: 766328A Termofysiikka, Oulun yliopisto, 2006.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Termofysiikan antama syvälinen näkökulma makroskooppisten systeemien käyttäytymiseen on hyödyllinen aineopinnoissa erityisesti opintojaksoissa 763333A Aineen rakenne I ja 766334A Aineen rakenne II sekä kaikissa fysiikan syventävissä opinnoissa. Se on välttämätön erityisesti opintojaksoissa 761661S *Molekyyliälyfysiikka*, 761668S *Laskennallinen fysiikka* ja teoreettisen fysiikan opintojaksossa 763620S *Statistinen fysiikka*. Opintojakso sisältää myös lämpöopin perusopinnot.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. syyslukukausi, Sisältyy Fysiikan lisäopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Juhani Lounila.

### **Työharjoittelu 3–6 op (761337A)**

Oletko löytänyt sellaista (kesä)työtä, joka tukee fysiikan opiskelua ja jonka laitos voi hyväksyä työharjoitteluksi? Siinä tapauksessa yksi harjoittelukuukausi vastaa 1,5 opintopistettä. Työharjoittelua voi sisältyä LuK- ja/tai FM-tutkintoon yhteensä enintään 6 op.

*Kohderyhmä:* valinnainen

*Vastuuhenkilö:* Anja Pulkkinen

## **Fysiikan syventävät opinnot**

Fysiikan syventävä opintojakso käsittää tavallisesti luentoja (tuntimäärä vaihtelee), harjoituksia ja laboratoriotöitä ja yhden kuulustelun.

Syventäviä opintojaksoja luennoidaan laitoksessa edustettuina olevilta fysiikan aloilta. Niiden aiheet vaihtelevat eri vuosina. Kaikkia syventäviä opintojaksoja ei voida luennoida joka vuosi.

## **Pakolliset fysiikan syventävät opinnot**

### **Fysiikan tutkimusprojekti 6 op / 3 ov (766651S)**

Projekti perehdyttää opiskelijat kokeelliseen ja/tai teoreettiseen tutkimustoimintaan sekä tulosten raportointiin.

*Työtavat:* Pohjana ovat yhden syventävän opintojakson luennot ja laskuharjoitukset (6-10 op). Tämän opintojakson alalta suoritetaan mittauksia ja/tai mittaustulosten käsitteilyä sekä laaditaan kirjallinen yhteenveto.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Syventävän opintojakson, johon tutkimusprojekti pohjautuu, on oltava hyväksytysti suoritettuna. Sekä projekti (6 op) että pohjana oleva kurssi kirjataan opintosuoritusrekisteriin erikseen.

*Kohderyhmä:* pakollinen

*Vastuuhenkilö:* Professorit.

### **Kvanttimekaniikka I 10 op / 5 ov (763612S)**

Ks. teoreettisen fysiikan kurssikuvaukset.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina tarvitaan kurssit Atomifysiikka ja Differentiaalilyhtälöt.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* syyslukukausi, Pakollinen fysiikkaa ja teoreettista fysiikkaa pääaineenaan opiskeleville, aineenopettajaksi opiskelevat suorittavat kurssin 1. vk:n, mikä vastaa 6 op / 3 ov.

### **Kypsyysnäyte 0 op (761686S)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen alaan.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksytty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena FM-tutkintoon.

### **Pro gradu -tutkielma 35 op / 18 ov (761683S)**

*(aikaisemmin 40 op / 20 ov)*

Tutkielman laadittuun opiskelijalla on valmius tieteelliseen ajatteluun, tutkimukseen ja viestintään.

*Työtavat:* Joltakin fysiikan erikoisalalta laadittava omaan tutkimukseen ja kirjallisuuden käyttöön perustuva kirjallinen tutkielma, jonka laajuus on vähintään 50 sivua. Tutkielman tarkastajat määrää luonnontieteellisen tiedekunnan dekaani oppiaineen professorin esityksestä. Tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitosneuvosto arvosanoilla approbatur ... laudatur.

*Kohderyhmä:* pakollinen

*Vastuuhenkilö:* Professorit.

#### **Pro gradu -tutkielma 20 op / 10 ov (761684S)**

*(aikaisemmin 18 op / 9 ov)*

Tutkielman laadittuaan opiskelijalla on valmius kirjallisuudessa esitettyjen tutkimustulosten kriittiseen arviointiin ja raportointiin.

*Työtavat:* Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehdossa laaditaan ensisijassa kirjallisuuteen perustuva tutkielma, jonka laajuus on noin 50 sivua. Tutkielman tarkastajat määrää luonnontieteellisen tiedekunnan dekaani oppiaineen professorin esityksestä. Tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitosneuvosto arvosanoilla approbatur ... laudatur.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* **Huom:** Vain 35 op:n laajuinen pro gradu -tutkielma antaa jatkokoulutuskelpoisuuden.

*Kohderyhmä:* pakollinen aineenopettajaksi opiskeleville ja ns. sivulaudaturia varten

*Vastuuhenkilö:* Professorit.

### **Valinnaiset fysiikan syventävät opintojaksot**

#### **Yleinen ryhmä**

#### **Fysikaaliset mittaukset II 6 op / 3 ov (761644S)**

Luennot ja demonstraatiot käsittelevät valittujen fysiikan alojen mittausrakenteita, kuten tyhjiötekniikkaa, tyhjiöpumppuja ja -mittareita sekä erilaisia tyhjiössä suoritettavia mittauksia. Kurssin aihe riippuu kulloisenkin luennoitsijan omasta erikoisalasta.

*Työtavat:* 30 h lu, 30 h lask ja harj, tentti.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Aksela

#### **Laskennallinen fysiikka 6 op / 3 ov (761688S)**

Kurssi antaa perustiedot fysiikassa, kemiasa ja molekyylibiologiassa käytettävistä

mikroskooppisten systeemien tietokonesimulointimenetelmistä. Käsiteltävät asiat: Tilastollisen mekaniikan perusteiden kertaus, molekyyliidynamiikka, Monte Carlo-menetelmät, stokastinen simulointi, kvanttimekaaninen simulointi, virheenarviointi.

*Työtavat:* 35 h lu, 4 harj, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Oppikirja: M.P. Allen ja T.J. Tildesley: "Computer Simulation of Liquids". Oheismateriaalia mm. W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling ja B.P. Flannery: "Numerical Recipes in Fortran/C".

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatiedot: Atomifysiikan ja Termofysiikan cum laude -opintojaksot tai vastaavat tiedot, numeerisen analyysin alkeet, jonkin ohjelmointikielen alkeet.

*Kohderyhmä:* Fysiikan, kemian ja fysikaalisen elektroniikan edistyneet perustutkinto-opiskelijat sekä aloittavat jatko-opiskelijat

*Vastuuhenkilöt:* Atomi- ja molekyyli-fysiikan professorit

#### **Prosessoritekniikan jatkokurssi 6 op / 3 ov (761642S)**

Opintojakso keskittyy digitaalisten signaali-prosessorien (DSP) toimintaan ja käyttöön ja sovellusesimerkkejä pyritään löytämään laitoksen eri tutkimusaloilta. Erityisesti opintojaksoon kuuluvan laajahkon itsenäisen harjoitustyön aiheeksi voidaan valita opiskelijan itse esittämä aihe. Tämän työn ja luentojen lisäksi opintojaksoon kuuluu demonstraatioluontoisia laboratorioharjoituksia, joille osallistuminen on vapaaehtoista.

*Työtavat:* 12 h lu, 60 h lab, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Kuten opintojaksossa 761641S Prosessoritekniikan perusteet

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltäväksi opintojaksoksi voidaan edellyttää 761641S Prosessoritekniikan perusteet. Opintojakso voidaan niveltää myös teknillisen tiedekunnan tarjoamiin opintojaksoihin.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* kevätlukukausi, ei luennoita vuosittain. Opintojakso soveltuu fysiikan pääaineopiskelijoille, jotka siirtyvät tutkimustyön pariin tai haluavat etsiä tietotekniikkateollisuuden palvelukseen.

*Vastuuhenkilöt:* fysiikan professorit

**Prossessoritekniiikan perusteet 8 op / 4 ov (761641S)**

Opintojakson aikana perehdytään yksinkertaisen mikroprosessorin (Intel 8085) toimintaperiaatteisiin, sekä tarvittaviin oheiskomponentteihin korostaen mittausteknisiä sovelluksia. Lisäksi luodaan katsaus uudempiin yleisprossessoreihin sekä erityisesti digitaalisiin signaaliprossessoreihin (DSP). Luentoihin liittyvät läheisesti ryhmissä luentojen aihepiireistä tehtävät laboratorioharjoitustyöt ja demonstraatiot. Näihin kuuluu myös tietokonepohjaisen mittaustulosten keruu- ja käsittelyohjelmiston käyttö.

*Työtavat:* 32 h lu, 42 h lab, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Komponentti- ja järjestelmätuottajien laatimat sovellusoppaat ja opetusaineisto sekä kirjoista, ammattilehdistä ja verkkosivuilta poimittu aineisto.

*Yhteys muihin opintoihin:* Edeltävänä opintojaksona suositellaan 761322A Elektroniiikan perusteet. Jatko-opintojaksoksi sopii 761642S Prossessoritekniiikan jatkokurssi. Opintojakso voidaan niveltää myös teknillisen tiedekunnan tarjoamiin opintoihin.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* kevätlukukausi. Opintojakso soveltuu fysiikan pääaineopiskelijoille ja myös sivuaineopiskelijoille, jotka ovat kiinnostuneet prosessoritekniiikasta.

*Vastuuhenkilöt:* fysiikan professorit

**Sähkömagneettinen säteily 6 op / 3 ov (761632S)**

*Sisältö lyhyesti:* Maxwellin yhtälöt, sähkömagneettiset aallot, säteilyn heijastuminen ja läpäisy rajapinnassa, aaltoputket, säteilyn synty, Hertzin dipoli, yksinkertaiset antennit, säteilyn havaitseminen, sähkömagneettisten kenttien relativistinen kuvaus ja Lorentzmuunnos.

*Työtavat:* 30 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Osia kirjoista: I.S. Grant and W.R. Phillips, Electromagnetism, Second edition (toinen painos), Wiley & Sons; F.H. Read: Electromagnetic Radiation, 1980. Luentomoniste: K. Mursula: Sähkömagneettinen säteily.

*Yhteys muihin opintoihin:* Edeltävinä opintoina suositellaan kursseja 766321A Sähkömagnetismi I ja 766322A Sähkömagnetismi II tai vastaavia tietoja.

*Vastuuhenkilö:* Jukka Jokisaari

**Tutkimustyön perusteet 6 op / 3 ov (761645S)**

Opintojakson tarkoituksena on perehdyttää opiskelija tutkimusryhmien toimintaan ja niissä tapahtuvaan työskentelyyn, joka pääsääntöisesti on tiivistä ryhmätyöskentelyä.

*Työtavat:* 120 t kokeellista työskentelyä jossain tutkimusryhmässä ja työskentelyä koskeva raportti. Vain fysiikan sv:n ja fysiikan tietotekniikan sv:n opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* fysiikan professorit

**Avaruusfysiikan suuntautumisvaihtoehto (A)**

**Aurinkofysiikka 8 op / 4 ov (766654S)**

Aurinko on maapallon lähin tähti ja sen tärkein energialähde. Aurinko on myös tärkein maapallon ilmastoon ja moneen muuhun elinolosuhteeseen vaikuttava ja niitä muokkaava tekijä. Sen vuoksi aurinkotutkimus on erinomaisen tärkeää ja Auringon toiminnan perusteiden ymmärtäminen kuuluu jo yleissivistykseen.

*Sisältö lyhyesti:* Auringon rakenne, Auringon historia, aurinkomalli, Auringon energiatuotto, Auringon neutriinot, aurinko-oskillaatiot ja helioseismologia, Auringon konvektiokerros, differentiaalinen rotaatio, Auringon magnetismi ja dynamomekanismi, Auringon ilmakähi (fotosfääri, kromosfääri, korona), Auringon aktiivisuus.

*Työtavat:* 40 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* M. Stix, The Sun. An Introduction, 2. painos, Springer, 2004. Luentomoniste: K. Mursula: Solar Physics.

*Yhteys muihin opintoihin:* Kurssi on avaruusfysiikan yhden tieteenalan peruskurssi.

*Perustiedot:* Edeltävänä opintona suositellaan kursseja 766355A Avaruusfysiikan perusteet ja/tai 761353A Plasmafysiikan perusteet, tai vastaavia tietoja.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Luennoidaan n. 2-3 vuoden välein. Suositellaan sekä avaruusfysiikan että tähtitieteen ja teoreettisen fysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Kalevi Mursula

**Epäkoherentin sirontatutkan perusteet 8 op / 4 ov (761648S)**

Maan ionosfääriin tutkimiseen käytetään useita erilaisia radioaaltomenetelmiä. Yksi

näistä on epäkoherentti sironta, joka perustuu radioaallon sirontaan ionosfäärin plasman termisistä fluktuatioista. Sironta on hyvin heikkoa, joten sen havaitsemiseen on käytettävä suurtehotutkaa. Tutkan tehon on oltava megawatin suuruusluokkaa ja antennikeilan on oltava hyvin kapea, leveydeltään noin asteen suuruinen. Sironneen säteilyn tehon ja spektrin avulla voidaan määrittää ionosfäärin elektronitiheys, ioni- ja elektronilämpötilat, plasman nopeus sekä joukko muita fysikaalisia parametreja. Tässä mielessä epäkoherentti sirontatutka on ionosfäärin tutkimuslaitteista tehokkain. Sirontatutkat käyttävät hyvin pitkälle kehitettyjä modulaatiomenetelmiä, ja niiden mittaustulosten analysointi on muita ionosfäärimittauksia monimutkaisempaa. Tämä kurssi antaa sirontatutkamenetelmän ymmärtämiseen tarvittavat perustiedot. Opintojakson pohjalta voidaan tehdä 6 opintopisteen fysiikan tutkimusprojekti.

**Sisältö:** Epäkoherentti sironta plasman termisistä fluktuatioista, mono- ja multi-staattisen tutkan periaate, suurteholähetin, antennin säteilykuvio, superheterodynevastaanotin, signaalin sekoitus, stokastiset prosessit, signaalin spektri, näytteenotto ja digitaaliset signaalit, ambiguiteettifunktiot, klassiset modulaatiomenetelmät, alternoivat koodit.

**Työtavat:** 36 h lu, 20 h harj, tentti.

**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** T. Nygrén: Introduction to incoherent scatter measurements (Invers Publications, 1996).

**Yhteys muihin opintoihin:** Ionosfäärifysiikka (761658S) sisältää hyödyllisiä perustietoja.

**Kohderyhmä:** Ionosfäärin tutkimukseen erikoistuvat opiskelijat, erityisesti sellaiset, jotka haluavat osallistua EISCAT-mittauksiin ja niiden analysointiin.

**Vastuhenkilö:** Tuomo Nygren

#### **Heliosfäärifysiikka 8 op / 4 ov (766656S)**

Auringon magneettikentän hallitsemaa avaruutta kutsutaan heliosfääriksi. Heliosfääri ulottuu noin 150-200 AU:n päähän, eli paljon planeettakuntaa kauemmas. Auringon magneettikentää kuljettaa avaruuteen koronasta lähtevä hiukkasvuoto, ns. aurinkotuuli. Sekä aurinkotuulen että sen magneettikentän ominaisuudet muuttuvat dramaattisesti Auringon magneettisen syklin aikana. Myös Auringon pidempiaikainen muutos heijastuu

heliosfääriin. Aurinkotuuli ja magneettikenttä vaikuttavat voimakkaasti planeettojen magneettikenttiin ja ilmakehiin aiheuttaen mm. magneettisia myrskyjä.

**Sisältö lyhyesti:** Aurinkotuulen ominaisuudet, Parkerin aurinkotuuliteoria, aurinkotuulen kiihdytys, heliosfäärin 3-dimensioinen rakenne, heliosfäärin virtalevy, korotoivat shokit, koronan massapurkaukset ja magneettiset pilvet, yhtyneet vuorovaikutusalueet, terminaatio-shokki, heliopausi, Auringon magneettinen sykli ja sen vaikutus heliosfäärissä, Auringon pohjois-eteläinen epäsymmetria, avaruussää, avaruusilmasto.

**Työtavat:** 40 h lu, 20 h lask, tentti.

**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** Osia kirjoista: Kivelson-Russell, Introduction to Space Physics, Cambridge Univ. Press, 1995; J.R. Jokipii et al, Cosmic winds and the heliosphere, Univ. Arizona, 1997; Pröls, Physics of the Earth's space environment, Springer, 2004; K. Scherer et al., The outer heliosphere: Beyond the planets, Copernicus, 2000. Luentomoniste: K. Mursula: Heliospheric physics.

**Yhteys muihin opintoihin:** Kurssi on avaruusfysiikan yhden tärkeän tieteenalan peruskurssi.

**Perustiedot:** Edeltävänä opintona suositellaan kursseja 766355A Avaruusfysiikan perusteet ja/tai 761353A Plasmafysiikan perusteet, tai vastaavia tietoja.

**Ajoitus ja kohderyhmä:** Luennoidaan n. 2-3 vuoden välein. Suositellaan sekä avaruusfysiikan että tähtitieteen ja teoreettisen fysiikan opiskelijoille.

**Vastuhenkilö:** Kalevi Mursula

#### **Hydrodynamikka 6 op / 3 ov (763654S)**

Ks. teoreettisen fysiikan kurssikuvaukset.

**Vastuhenkilö:** Erkki Thunberg

#### **Ionosfäärifysiikka 8 op / 4 ov (761658S)**

Kurssi käsittelee heikosti ionisoitunutta Maan ylempää ilmakehää, jota kutsutaan ionosfääriksi. Ionosfääri syntyy erityisesti Auringosta peräisin olevan ionisoivan säteilyn vaikutuksesta ja varsinkin korkeilla leveysasteilla se on läheisessä vuorovaikutuksessa Maan magnetosfäärin kanssa. Revontulet ovat eräs tämän vuorovaikutuksen ilmenemismuoto. Ionosfääri vaikuttaa radioaaltojen kulkuun (esimerkiksi mahdollistaa radioyhteydet Maan toiselle puolelle ilman satelliitteja), ja toisaalta tärkeimmät ionosfäärin

tutkimusmenetelmät perustuvat radioaaltoihin. Kurssi on hyödyllinen erityisesti niille, jotka aikovat jatkaa tutkimustyötä avaruusfysiikan ryhmässä.

*Sisältö:* Auringon säteily, Maan ilmakehä ja sen dynamiikka, plasman liike ja diffuusio, ionosfääri ja sen kerrokset sekä ionikemia, ionosfäärin virrat ja sähkökentät, ionosfäärin erityisilmiöitä (esim. ekvaattorialueen suihkulähde, ekvaattori- ja revontulialueiden suihkuvirtaukset, sporadinen E-kerros, napa-tuuli).

*Työtavat:* 40 h lu, 20 h harj., tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Oppikirja: A. Brekke: Physics of the Upper Atmosphere (osittain). Luentomateriaali (A. Aikio ja T. Nygren: Physics of the Ionosphere of the Earth) on jakelussa fysikaalisten tieteiden laitoksen verkkosivuilla.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* 761353A Plasmafysiikan perusteet tarjoaa hyödyllisiä esitietoja. Tukee mm. kursseja 761649S Revontulifysiikka ja 761648S Epäkoherentin sirontatutkan perusteet.

*Kohderyhmä:* Pääasiassa fysiikan opiskelijat, joiden erikoisalana on avaruusfysiikka. Sopii hyvin myös opettajiksi aikoville.

*Vastuuhenkilöt:* Anita Aikio ja Tuomo Nygrén

#### **Kosmiset säteet 8 op / 4 ov (766655S)**

Kosmiset säteet ovat energieettisiä hiukkasia, jotka voivat läpäistä ilmakehän ja Maan magneettikentän suojan ja aiheuttaa hiukkassäteilyä maanpinnalla. Kosmiset säteet saavat suuren energiansa esim. supernovien shokeissa ja Auringon purkauksissa. Suuri osa kosmisista säteistä tulee aurinkokunnan ulkopuolelta ja niiden Maassa havaittu määrä riippuu Auringon muuttuvasta toiminnasta. Näin ollen kosmisten hiukkasten avulla saadaan tietoa sekä Auringosta, heliosfääristä että kaukaisesta avaruudesta.

*Sisältö lyhyesti:* Kosmisten säteiden komponentit, galaktiset kosmiset säteet, niiden koostumus, energiaspektri ja alkuperä, kosmisten säteiden kiihdytys, Auringon kosmiset säteet ja niitä tuottavat soihdutuspurkaukset ja koronan massapurkaukset, kosmisten säteiden eteneminen, Auringon modulaatio (diffuusio, konvektio, drift), Parkerin teoria, galaktisten kosmisten säteiden ajallinen vaihtelu, kosmisten säteiden reaktiot ilmakehässä ja mahdollinen vaikutus maapallon ilmastoon, kosmisten säteiden havaitseminen Oulussa ja muualla.

*Työtavat:* 36 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Osia kirjoista: T.K. Gaisser, Cosmic rays and particle physics, Cambridge Univ. Press; P.K.F. Grieder, Cosmic rays at the Earth, Elsevier, 2001. Luentomoniste: K. Mursula ja Ilya Usoskin: Cosmic rays.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi on avaruusfysiikan yhden tärkeän tieteenalan peruskurssi.

*Perustiedot:* Edeltävänä opintona suositellaan kursseja 766355A Avaruusfysiikan perusteet ja/tai 761353A Plasmafysiikan perusteet.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Luennoidaan n. 2 – 3 vuoden välein. Suositellaan sekä avaruusfysiikan että tähtitieteen ja teoreettisen fysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Kalevi Mursula

#### **Magnetosfäärifysiikka 8 op / 4 ov (761657S)**

Magnetosfääri syntyy planeetan sisäisen magneettikentän vuorovaikutuksessa aurinkotuulen ja sen mukana kulkevan interplaneetaarisen magneettikentän kanssa. Tämä vuorovaikutus tekee magnetosfääristä koomeetan pyrstön muotoisen magneettisen kuplan, jonka koko, muoto ja rakenne vaihtelevat jatkuvasti riippuen aurinkotuulen ja interplanetaarisen magneettikentän olosuhteista.

*Sisältö lyhyesti:* Magnetosfäärin muodostuminen, Chapman-Ferraro-malli, magnetosfäärin ulkoreuna, pyrstö ja nielu, magnetosfäärin plasma-alueet ja virtasysteemit, magneettikenttien rekonnektio, magnetosfääri-ionosfääri-kytkentä, magnetosfäärin dynamiikka (magneettinen aktiviteetti, revontulet, alimyrskyprosessi, magneettiset myrskyt), muut planeettakunnan magnetosfäärit.

*Työtavat:* 36 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Osia kirjoista: H. Koskinen, Johdatus plasmafysiikkaan ja sen avaruussovellutuksiin. Limes, 2001; Pröls, Physics of the Earth's space environment, Springer, 2004; G. Parks, Physics of space plasmas. An introduction, Addison-Wesley, 1991; Kivelson-Russell, Introduction to space physics, Cambridge Univ. Press, 1995. Luentomoniste: K. Mursula: Magnetosfäärifysiikka

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi on avaruusfysiikan yhden tärkeän tieteenalan peruskurssi.

*Perustiedot:* Edeltävinä opintoina suositellaan kursseja 766355A Avaruusfysiikan perusteet ja 761353A Plasmafysiikan perusteet.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Luennoidaan n. 2-3 vuoden välein. Suositellaan sekä avaruusfysiikan että tähtitieteen ja teoreettisen fysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilöt:* Kalevi Mursula

#### **Plasmafysiikka 8 op / 4 ov (761653S)**

Suurin osa universumin normaalista materiaalista on plasmaolomuodossa eli koostuu suuresta joukosta varattuja hiukkasia, jotka vaikuttavat toisiinsa sähkömagneettisten kenttien välityksellä. Plasmafysiikan tehtävänä on kuvata tällaista hiukkasjoukkoa ja tutkia millaisia ilmiöitä tällaisessa systeemissä esiintyy. Plasmafysiikka on myös avaruusfysiikan tärkein teoria, jota sovelletaan mm. ionosfääriin, magnetosfääriin, Auringon ja heliosfääriin ilmiöiden kuvauksessa. Tällä kurssilla perehdytään syvällisesti plasmaa kuvaaviin teorioihin ja plasmaolomuodossa tapahtuviin ilmiöihin, kuten erilaisiin plasmaaalloihin.

*Sisältö lyhyesti:* Plasman kineettinen teoria, magnetohydrodynamiikka, plasman rajapinnat ja shokit, MHD-aallot, plasma-aallot, Landaun vaimennus, makroinstabiliteetit, elektromagneettiset instabiliteetit.

*Työtavat:* 40 h lu, 20 h lask, tentti

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Osia kirjoista: Baumjohann-Treumann: Basic Space Plasma Physics, Imperial College Press, 1997; Treumann- Baumjohann: Advanced Space Plasma Physics, Imperial College Press, 1997; H. Koskinen, Johdatus plasmafysiikkaan ja sen avaruussovellutuksiin. Limes, 2001; F.F. Chen: Plasma Physics and Controlled Fusion, 2<sup>nd</sup> ed., Vol. 1, Plasma Physics, Plenum Press; J. A. Bittencourt: Fundamentals of plasma physics, Pergamon Press, 1986. *Luentomoniste:* K. Mursula: Plasma physics

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävinä opintoina suositellaan 761353A Plasmafysiikan perusteet -kurssia, tai vastaavia tietoja.

*Kohderyhmä:* Luennoidaan n. 2-3 vuoden välein. Suositellaan sekä avaruusfysiikan että tähtitieteen ja teoreettisen fysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Kalevi Mursula

#### **Revontulifysiikka 6 op / 3 ov (761649S)**

Revontulet syntyvät aurinkotuulen ja Maan magnetosfääriin vuorovaikutuksen seurauksena, jolloin osa aurinkotuulen hiukkasista pääsee magnetosfääriin sisäpuolelle, saa siellä lisää energiaa ja syöksyy lopulta korkeiden leveysasteiden ilmakehään tunkeutuen tyypillisesti n. 100 km korkeudelle. Revontulifysiikan kurssilla tarkastellaan revontulien syntyyn liittyviä prosesseja sekä magnetosfäärissä että ionosfäärissä.

*Sisältö:* Ilmakehämallit, neutraali-ilmakehä, elektronien törmäykset, ionisaatio ja viritykset, ionisaationopeus. Atomien ja molekyylien viritykset, eliniät ja emissiot. Elektronien ja protonien synnyttämät revontulet ja revontulten morfologia. Revontulien syntyyn liittyvä aurinkotuuli-magnetosfääri-ionosfäärikytkentä, revontulhiukkasten kiihdytys ja revontulien sähködynamiikka.

*Työtavat:* 36 h lu, 10 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Osia oppikirjoista: M.H. Rees: Physics and chemistry of the upper atmosphere (Cambridge, 1989), A. Vallance Jones: Aurora (D. Reidel Publ., 1974), G.Paschmann, S. Haaland and R. Treumann (Eds.): Auroral Plasma Physics (Kluwer Academic Publishers 2003).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävinä opintoina suositellaan kursseja 766355A Avaruusfysiikan perusteet ja 761658S Ionosfäärifysiikka. Kurssi hyödyttää muita avaruusfysiikan syventäviä kursseja.

*Kohderyhmä:* Pääasiassa fysiikan opiskelijat, joiden erikoisalana on avaruusfysiikka.

*Vastuuhenkilöt:* Kari Kaila ja Anita Aikio

#### **Atomi-, molekyyli- ja materiaali-**

#### **fysiikan suuntautumisvaihtoehto**

##### **Erikoistumisala B:**

##### **IR-spektroskopia ja optiikka**

##### **Erikoistumisala C:**

##### **NMR-spektroskopia**

#### **Fourier-muunnokset ja niiden sovellutukset 6 op / 3 ov (761666S)**

Opintojaksossa perehdytään Fourier-muunnosten matemaattisiin erityisominaisuuksiin ja soveltamiseen eri spektroskooppisiin menetelmiin ja tulosten käsittelyyn.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask, tentti.

*Kirjallisuus:* R.M. Bracewell, The Fourier Transform and Its Applications (McGraw-Hill, Inc. USA, 1965), J. Kauppinen and J. Partanen, Fourier Transforms in Spectroscopy (Wiley-VCH, 2001)

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* spektroskopia ja kvanttimekaniikka

*Kohderyhmä:* Fysiikan ja kemian opiskelijat, jotka suuntautuvat spektroskooppisiin menetelmiin sekä yleensä signaalin käsittelyä tarvitsevat luonnontieteiden ja tekniikan opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Jukka Jokisaari

### **Infrapunaspektroskopia 8 op / 4 ov (761662S)**

*(aikaisemmin 6 op / 3 ov)*

Molekyylispektroskopian avulla saadaan tietoa molekyylin rakenteesta ja voimakentästä sekä molekyylin atomien ja ydinten ominaisuuksista (esim. ydinspin). Molekyylispektroskopiolla on runsaasti yhteyksiä laser- ja astrofysiikkaan ja se on saavuttanut laajalti käytännön sovellutuksia ennen kaikkea kemiallisessa analytiikassa. Myös ilmakehän ja sen epäpuhtauksien tutkimuksessa spektroskooppiset menetelmät ovat tärkeitä. Tässä kurssissa tarkastellaan sitä osaa molekyylispektroskopiasta, joka liittyy molekyylin värähtelyyn ja pyörimiseen.

*Sisältö:* Molekyylien pyöriminen ja värähtely, molekyylien symmetria, rotaatio-vibraatio-spektrit.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h harj, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* R. Anttila: Infrapunaspektroskopia (moniste)

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Opintojaksoon osallistujien oletetaan tuntevan kvanttimekaniikan perusteet, klassillista mekaniikkaa aineopintojakson tasolla sekä lineaarialgebraa.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko

### **Kiinteän aineen NMR-spektroskopia 6 op / 3 ov (761670S)**

*(aikaisemmin 4 op / 2 ov)*

Opintojaksossa tarkastellaan kiinteässä olomuodossa olevan näytteen tutkimiseen käytettävän ydinmagneettisen resonanssispektroskopian (NMR-spektroskopian) perusteita. Aiheita ovat NMR-parametrit kiinteässä aineessa, yhtenäiskidespektrit, jauhespektrit, näytteen pyörityskokeet (MAS, VAS, DAS ja DOR), dipolilytkennän aiheuttama viivan leveneminen ja ristipolarisaatio.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Materiaali jaetaan kokonaan tai osittain luennoilla

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Opintojaksossa 761663S NMR-spektroskopia annettavat NMR:n perustiedot helpottavat aiheeseen perehtymistä, mutta eivät kuitenkaan ole välttämättömiä.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintoja suorittavat fysiikan ja kemian opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* Juhani Lounila

### **Laserfysiikka 6 op / 3 ov (761664S)**

Tavoitteena on perehdyttää opiskelija niihin fysiikan ilmiöihin, joihin laser perustuu, sekä esittää laserin periaate ja toiminta yksityiskohtaisesti. Kurssissa käsitellään myös erilaisia lasertyyppisiä ja lasereiden sovellutuksia.

*Sisältö:* laserin periaate, valon aalto- ja hiukkasluonne, säteilyn absorptio ja emissio, resonaattorit, pumpaus ja vahvistus, laser-säteilyn ominaisuudet ja sovellutuksia, lasertyyppit (kaasu-, molekyyli-, puolijohde-, väriaine-, jne. laserit)

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask+harj, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* *Oppikirjat:* W.T. Silfvast: Laser Fundamentals, O. Svelto: Principles of Lasers, Tapio Rantala: Laserfysiikka (luentomoniste).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* *Pohjatiedot:* 761329A Valo-oppi ja 761324A Sähköoppi

*Kytkeytyy:* 761665S Optiikka ja 761632S Sähkömagneettinen säteily

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko

### **Molekyylifysiikka 6 op / 3 ov (761661S)**

Kurssi antaa välttämättömät pohjatiedot molekyylispektroskopian eri lajien ja/tai molekyylien elektronirakennelaskujen hyödyntämisestä kiinnostuneille opiskelijoille. Käsiteltävät asiat: Kvanttimekaniikan perusteiden kertaus, ryhmäteoria, häiriöteoria, variaatioteoreema, atomien spektrit ja rakenne, molekyylien elektronirakenne, molekyylien elektronirakenteen laskeminen (kvanttikemia).

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h dem, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* P.W. Atkins ja R.S. Friedman, "Molecular Quantum Mechanics", 3. Painos, luvut 1 – 9.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* *Pohjatiedot:* Atomifysiikan ja Termofysiikan cum laude -opintojaksot tai vastaavat tiedot. Opintojakso pohjana joko itseopiskeluna tai seminaari

muotoisesti tarpeen mukaan toteutettavalle jatko-opintojaksolle Molekyylin ominaisuudet, jossa käsitellään oppikirjan luvut 10 – 13.

*Kohderyhmä:* Fysiikan, kemian ja fysikaalisen elektroniikan edistyneet perustutkinto-opiskelijat sekä aloittavat jatko-opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* atomi- ja molekyylyfysiikan professorit

#### **NMR-kuvaus 6 op / 3 ov (76661S)**

Opintojaksossa perehdytään ydinmagneettiseen resonanssiin perustuvien kuvausmenetelmien perusteisiin sekä siihen, miten NMR-kuvausta käytetään erilaisten materiaalien fysikaalisten ominaisuuksien karakterisointiin.

*Sisältö:* Yksidimensionaalinen Fourier-kuvaus, k-avaruus ja gradienttikaiut. Monidimensionaalinen Fourier-kuvaus. Jatkuva ja diskreetti Fourier-muunnos. Näytepisteiden keräys ja kuvan peilautuminen. Suodatus ja resoluutio. Kontrasti.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask ja dem, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* E.M. Haake, R.W. Brown, M.R. Thompson ja R. Venkatesan, Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design. (John Wiley & Sons, Inc., 1999). B. Blümich, NMR Imaging of Materials (Clarendon Press, 2000).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssin 761663S NMR-spektroskopia antamat perustiedot helpottavat kuvausmenetelmiin perehtymistä, mutta eivät kuitenkaan ole edellytys kurssille osallistumiselle.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Aineopintojen loppuvaiheessa olevat, syventäviä opintoja aloittavat fysiikan ja kemian opiskelijat.

*Vastuuhenkilöt:* Jukka Jokisaari ja Juhani Lounila

#### **NMR-spektroskopia 8 op / 4 ov (761663S)**

*(aikaisemmin 6 op / 3 ov)*

Opintojaksossa perehdytään ydinmagneettisen resonanssin perusteisiin sekä siihen, miten NMR-spektroskopiaa käytetään molekyylien ja erilaisten materiaalien fysikaalisten ominaisuuksien karakterisointiin.

*Työtavat:* 44 h lu, 20 h lask ja dem, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomateriaali jaetaan opintojakson edistyessä. Sopivaa oheiskirjallisuutta ovat mm.: M.

Levitt, Spin dynamics (John Wiley & Sons, 2001), D. Canet, Nuclear Magnetic Resonance, Concepts and Methods (John Wiley & Sons, Chichester, 1996).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kvanttimekaniikan ja atomifysiikan perustiedot helpottavat aiheeseen perehtymistä, mutta eivät kuitenkaan ole edellytyksenä opintojaksoon osallistumiseen.

*Kohderyhmä:* Aineopintojen loppuvaiheessa olevat, syventäviä opintoja aloittavat fysiikan ja kemian opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* Jukka Jokisaari

#### **NMR-spektroskopian sovellukset 6 op / 3 ov (761669S)**

Opintojaksossa käsitellään ydinmagneettiseen resonanssispektroskopiaan (NMR-spektroskopiaan) liittyviä ajankohtaisia, vuosittain vaihtuvia aiheita, kuten NMR-spektroskopian spintiheysmatriisimenetelmiä, nestekiteiden NMR-spektroskopiaa tai ydinmagneettista relaksaatiota.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h harj, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Materiaali jaetaan kokonaan tai osittain luennoilla.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Opintojaksossa 761663S NMR-spektroskopia annettavat NMR:n perustiedot helpottavat aiheeseen perehtymistä, mutta eivät kuitenkaan ole välttämättömiä.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintoja suorittavat fysiikan ja kemian opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* Juhani Lounila

#### **Optiikka 8 op / 4 ov (761665S)**

*(aikaisemmin 6 op / 3 ov)*

Tavoitteena on muodostaa opiskelijoille aineopintojaksoa 761329A syvällisempi näkemys valituista optiikan alueista, sekä tarjota pohjakoulutusta sellaisille fyysikoille, jotka suuntautuvat optiikan tai optisen spektroskopian tutkimuksen pariin tai hakeutuvat optisen teollisuuden palvelukseen.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* F. L. Pedrotti ja L. S. Pedrotti: Introduction to Optics, E. Hecht: Optics

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatiedot:

761329A Valo-oppi ja 761324A Sähköoppi

*Kytkeytyy:* 761664S Laserfysiikka ja

761632S Sähkömagneettinen säteily

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko



**Atomi-, molekyyli- ja materiaali-**  
**fysiikan suuntautumisvaihtoehto**  
**Erikoistumisala D: Elektroni-**  
**spektroskopia**

**Atomifysiikan jatkokurssi 8 op / 4 ov**  
**(761671S)**

*(aikaisemmin 6 op / 3 ov)*

Tavoitteena on muodostaa opiskelijoille 761326A Atomifysiikan opintojaksoa syvällisempi näkemys monielektronisen atomin rakenteesta sekä rakenteen ja dynamiikan spektroskooppisista tutkimusmenetelmistä. Kvanttimekaniikan formalismeja sovelletaan monielektronisten atomien kvanttilojen ja elektronisten siirtymien kuvaamiseen, sekä tutustutaan ohjelmistoihin, joilla käytännön laskuja voidaan toteuttaa. Suoritetaan mallilaskuja, ja verrataan tuloksia kokeellisiin. Näin halutaan tutustuttaa opiskelija siihen, miten tutkimus etenee: tietoa atomin rakenteesta tarkennetaan käyttäen laskennallisia ja kokeellisia menetelmiä rinnakkain.

*Työtavat:* 44 h lu, 20 h harj. Yksilöllisissä harjoitustöissä tehdään tutkimuksia, joiden tuloksia pohditaan yhdessä. Tentti, joka on toteutettu yleensä suullisena.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Oppikirja: Soveltuvien osin R. D. Cowan, The Theory of Atomic Structure and Spectra.

*Yhteys muihin opintoihin:* Pohjatiedot: 761326A Atomifysiikka ja 763612S Kvanttimekaniikka I.

Liittyy osittain teoreettisen fysiikan opintojaksoon 763622S Kvanttimekaniikan jatkokurssi, mutta on lähestymistavaltaan formalismia soveltava. Tarjoaa elektronispektroskopian kurseille teoriapohjaa.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintojaksoja aloittavat opiskelijat

*Vastuhenkilö:* Helena Aksela

**Atomifysiikan sovellutukset 6 op / 3 ov**  
**(761650S)**

Laskennallisen atomifysiikan lisääntyminen ja laitetekniikan kehittyminen ovat vaikuttaneet suuresti atomifysiikan tutkimukseen viime vuosina. Tiedon laajentuminen ja tarkentuminen tarjoaa aina uusia mahdollisuuksia sen soveltamiseen. Opintojaksossa käsitellään atomifysiikan tutkimusmenetelmiä, uusimpia tutkimustuloksia ja niiden sovellutusmahdollisuuksia. Teemasarja sisältää yksittäisiä aiheita, jotka vaihtelevat

eri vuosina.

*Työtavat:* Kurssi toteutetaan käyttäen alustuksia, projektitöitä, niistä laadittuja kirjallisia esityksiä ja seminaariesitelmää.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Oppimateriaali luodaan yhteistyössä opiskelijoiden kanssa kurssin kuluessa.

*Yhteys muihin opintoihin:* Pohjatiedot: 761326A Atomifysiikka.

Kytkeytyy opintoihin 761671S Atomifysiikan jatkokurssi, 761672S Röntgenfysiikka, 761673S Elektronispektroskopia, ja 761675S Synkrotronisäteilytutkimus.

*Kohderyhmä:* Syventävien opintojen kuluessa.

*Vastuhenkilö:* Helena Aksela

**Elektroni- ja ionispektroskopia 8 op / 4 ov**  
**(761673S)**

*(aikaisemmin Elektronispektroskopia 6 op / 3 ov)*

Opintojakso liittyy läheisesti tutkimukseen, jossa elektronispektroskooppisin menetelmin pyritään kartoittamaan atomien, molekyylien ja kiinteiden aineiden elektronirakennetta ja sen dynamiikkaa sähkömagneettisen tai hiukkassäteilyn vuorovaikutuksessa aineen kanssa. Opintojaksossa esitellään elektronispektroskopian perusteet, mittauksissa käytettävät laitteistot sekä lyhyesti spektrien tulkinnaissa käytettävät laskennalliset menetelmät.

*Työtavat:* 44 h lu, 20 h harj, sisältää harjoitustöitä, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomoniste. *Yhteys muihin opintoihin:* Liittyy muihin elektronispektroskopian ryhmän kursseihin, joille tämä kurssi antaa hyvän pohjan, mutta on suoritettavissa yksinkin.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintojaksoja aloittavat opiskelijat.

*Vastuhenkilö:* Seppo Aksela ja Helena Aksela

**Kvanttimekaniikan sovelluksia spektroskopiassa 6 op / 3 ov (766646S)**  
**(Applications of Quantum Mechanics in Spectroscopy)**

*in English*

Kurssilla käsitellään erilaisia säteilyn ja aineen vuorovaikutuksia kvanttimekaanisten sironnamallien avulla. Perusilmiöt ovat fotonin absorptio ja emissio, sekä elektronien sironta ja emissio (fotoionisaatio ja Augerin

ilmiö). Kurssi alkaa fotoabsorption käsittelyllä, jonka yhteydessä esitellään vaikutusalan ja oskillaattorivoimakkuuden käsitteet. Seuraavaksi käsitellään elastista elektronisiron-  
 taa potentiaalisironnan teorian avulla. Sovelluksina käsitellään matalaenergisiron-  
 taa ns. efektiivisen kantaman teorian avulla, resonansseja, sekä siron-  
 taa Coulombin potentiaalissa. Elektronien ja fotonien vuorovaikutuksia käsitellään kvantisoidun sähkömagneettisen kentän teorian avulla. Sovelluksina käsitellään Fermin kultaisen säännön johto ajasta riippumattoman siron-  
 tateorian avulla, jonka yhteydessä esitellään metastabiilien tilojen elinajan käsite ja liitetään se sidottujen- ja jatkumotilojen vuorovaikutuksiin. Tämän jälkeen käsitellään fotonien polariisaatiotilan vaikutusta fotoelektronien kulma-  
 jakaumiin esimerkkeinä tiheysmatriisien käytöstä sironnan tilastollisessa käsittelyssä. Kurssin lopuksi käsitellään epäelastista fotonisiron-  
 taa (Ramanin ja Comptonin siron-  
 ta) ja Augerin ilmiötä.

*Työtavat:* 35h luentoja, mukaanlukien lasku-  
 harjoitustöiden käsittelyä. Tentti sopimuksen mukaan, mahdollisesti suullinen.

*Oppimateriaali:* luentomoniste, taustamateriaalina esim. kirja H. Friedrich: Theoretical Atomic Physics.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatiedot: 766326A Atomifysiikka ja 763612S Kvanttimekaniikka I.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintojaksoja suorittavat ja jatko-opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Sami Heinäsmäki

### **Molekyylisen elektronispektroskopian 6 op / 3 ov (761643S)**

Opintojakson tavoitteena on perehdyttää opiskelijat molekyylisen elektronirakenteeseen ja ilmiöihin, joissa elektronirakenne kokee muutoksia. Elektronispektroskopiassa tutkitaan elektronisten tilojen välisiä siirtymiä, joita ovat esim. fotonin absorptio ja emissio, foto-ionisaatio ja Auger-elektronin emissio. Molekyylisen elektronisiin siirtymiin liittyy myös muutoksia molekyylin värähtelyliikkeessä, mikä näkyy mittauksissa hienorakenteena.

*Sisältö:* kvanttimekaaniset perusteet, molekyylisen symmetria, molekyylisen värähtely, elektroniset tilat ja siirtymät, foto- ja Auger-elektronispektroskopian, muut läheiset spektroskopian lajit

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* *Oppikirja:* J.M. Hollas: Modern Spectroscopy (Wiley)

*Luentomoniste:* A. Kivimäki: Molekyylisen elektronispektroskopian

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* *Pohjatiedot:* 761326A Atomifysiikka tai vastaavat tiedot kvanttimekaniikasta

Kytkeytyy muihin elektronispektroskopian tutkimusryhmän syventäviin opintojaksoihin.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintoja suorittavat fysiikan opiskelijat ja jatko-opiskelijat. Soveltuneet myös kemisteille.

*Vastuuhenkilö:* Helena Aksela

### **Röntgenfysiikka 6 op / 3 ov (761672S)**

Opintojakso esittelee röntgensäteilyn ja röntgendiffraktion fysikaaliset perusteet sekä vuorovaikutusmekanismit säteilyn ja aineen välillä. Myös röntgenspektrometria sekä sen soveltaminen esim. kemialliseen analyysiin sisältyvät kurssiin. Kurssi on varsin käytännönläheinen eikä edellytä esim. kvanttimekaniikan hallintaa.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomoniste

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Ei edellytä taustatietoja, soveltuu yleissivistäväksi syventäväksi kurssiksi.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintojaksoja aloittavat opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* Seppo Aksela

### **Laser- ja synkrotronisäteilyfysiikka 6 op / 3 ov (761675S)**

*(aikaisemmin Synkrotronisäteilyfysiikka 6 op / 3 ov)*

Opintojaksossa käsitellään synkrotronisäteilyn perusteet, aikaansaaminen, säteilyn erityispiirteet sekä sen ja aineen vuorovaikutusmekanismit. Lisäksi esitellään säteilylinjojen rakennetta ja mittausinstrumentointia samoin kuin tyypillisiä mittauskohteita sekä tulosten tulkintaa.

*Työtavat:* 35 h lu, 20 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Monistettua materiaalia ja osia kirjasta G. Margarito: Introduction to synchrotron radiation, Oxford University Press.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Täydentää 761673S Elektronispektroskopian kurssia, mutta ei edellytä sitä.

*Kohderyhmä:* Syventäviä opintoja aloittavat opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Aksela

## Teoreettisen fysiikan suuntautumisvaihtoehto

Teoreettisen fysiikan opiskelun ja opetuksen yleistavoitteena on luonnontieteellisen ajattelutavan kehittäminen. Tämä edellyttää laajapohjaista ja monipuolista fysiikan ilmiömaailman, sen lakien ja periaatteiden sekä matemaattisten menetelmien tuntemusta. Moderni teoreettisen fysiikan tutkimus edellyttää myös ATK-menetelmien hyvää hallintaa. Teoreettisen fysiikan keskeisenä pyrkimyksenä on luonnonilmiöiden matemaattisten mallien kehittäminen. Tällaisten mallien avulla voidaan myös ennustaa, miten tietty fysikaalinen systeemi annetuissa olosuhteissa käyttäytyy. Aineen makroskooppiset ominaisuudet erilaisissa olosuhteissa pyritään yleensä ymmärtämään aineen mikroskooppista rakennetta ja sen lainalaisuuksia tutkimalla. Teoreettisen fysiikan perusteellinen metodikoulutus on hyödyllinen myös monien muiden alojen tutkimus- ja kehittäelytehtäviin aikoville.

Teoreettinen fysiikka pääaineena valmistuneet ovat sijoittuneet opettajiksi ja tutkijoiksi yliopistoihin, korkeakouluihin ja tutkimuskeskuksiin, sekä myös tutkimus- ja tuotekehitystehtäviin eri teollisuuden aloille. ATK-alalle suuntautuville on runsaasti haastavia työpaikkoja tarjolla. Heille suositellaan fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehtoa pääaineena teoreettinen fysiikka. Aineenopettajilla on hyvät työssäntimahdollisuudet lukioissa ja yläasteilla. Teoreettisen fysiikan opinnot antavat heille hyvän pohjan maailmankuvaan liittyvien ajatusten opettamiseen.

### Tutkinto

Luonnontieteiden kandidaatin tutkintoon sisältyy teoreettisessa fysiikassa perus- ja aineopinnot (48 op), fysiikan ydin- ja lisäopinnot (48 op), matematiikan opintoja (40 op), yleisopinnot (8 op) sekä vapaasti valittavia opintoja (36 op). Filosofian maisterin tutkintoon sisältyy teoreettisessa fysiikassa syventäviä opintoja (65 op), matematiikan opintoja (12 op) ja muita pää- ja sivuaineopinnot (43 op).

Teoreettisen fysiikan opintoneuvoja ja muu henkilökunta auttavat yksilöllisen opintosuunnitelman laatimisessa.

Alla esitetyt ohjeita noudatetaan myös fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehtodossa. Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehtodossa vaatimukset on esitetty toisaalla.

### Luonnontieteiden kandidaatin tutkinto (180 op)

#### Pääaineena teoreettinen fysiikka

Yleiset opinnot (8 op)	op	koodi	yksikkö
Orientoivat opinnot	2	761011Y	Fys.tiet.laitos
Ruotsin kieli	2	901004Y	Kielikeskus
Englannin kieli 1	2	902002Y	Kielikeskus
Englannin kieli 2	2	902004Y	Kielikeskus

**Teoreettinen fysiikka (96 op):**

<b>Fysiikan ydinopinnot (40 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Fysiikan matematiikkaa	6	763101P	Teor. fys
Mekaniikka	7	766323A	Fys.
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fys.
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fys.
Atomifysiikka	6	766326A	Fys.
Aaltoliike ja optiikka	6	766329A	Fys.
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	Fys.
Aineen rakenne I	4	763333A	Teor. fys.

**Fysiikan lisäopinnoista (8 op)**

Termofysiikka	6	766328A	Fys.
Aineen rakenne II	2	766334A	Fys.

**Teoreettinen fysiikka (48 op)**

Johdatus suhteellisuusteoriaan	3	763102P	
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	763114P	
ATK II Numeerinen mallintaminen	4	763315A	
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	766115P	
Analyttinen mekaniikka	6	763310A	
Kvanttimekaniikka I	10	763312A	
Kvanttimekaniikka II	10	763313A	
LuK-tutkielma (aine ja seminaari)	10	763330A	
Kypsyysnäyte	0	763385A	

**Matematiikka (LuTK) vähint. 40**

Matematiikan paketista (alla) vähintään 40 op sisällytetään LuK-tutkintoon, loput 12 op FM-tutkintoon

**Valinnaisia sivu- ja pääaineopintoja 36**

yht. 180

**Matematiikan paketti:**

<b>Matematiikan opinnot</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Matematiikan perusmetodit I	10/8	801111P/ 800147P	Matem. tiet.
Lineaarialgebra I	5	802118P	
Lineaarialgebra II	5	802119P	
Analyysi II	8	800322A	
Differentiaaliyhtälöt I	4	800345A	
Analyysi I	8	800120P	
Kompleksianalyysi I	4	801385A	
Kompleksianalyysi II	4	801386A	
Differentiaaliyhtälöt II	4	800346A	

yht. 52

**Ohjeellinen lukujärjestys**

1. syyslukukausi		1. kevätlukukausi	
Orientoivat opinnot	2	Sähkömagnetismi I	4
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	ATK II Numeerinen mallintaminen	4
Englannin kieli 1 <sup>1</sup>	2	Analyysi I	8
Fysiikan matematiikkaa	6	Differentiaaliyhtälöt I	4
Mekaniikka (jatkuu kevätlukukaudelle)	7	Johdatus suhteellisuusteoriaan	3
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4		
Lineaarialgebra I	5		
Lineaarialgebra II	5		
Matematiikan perusmetodit I	10/8		
2. syyslukukausi		2. kevätlukukausi	
Englannin kieli 2 <sup>2</sup>	2	Differentiaaliyhtälöt II	4
Ruotsin kieli	2	Kompleksianalyysi I	4
Analyttinen mekaniikka	6	Kompleksianalyysi II	4
Sähkömagnetismi II	4	Aaltoliike ja optiikka	6
Atomifysiikka	6	Aineen rakenne I	4
Analyysi II	8	Aineen rakenne II	2
Fysikaaliset mittaukset I	3		
3. syyslukukausi		3. kevätlukukausi	
Termofysiikka	6	Kvanttimekaniikka II	10
Elektroniikan perusteet	5	LuK- tutkielma (aine ja seminaari)	10
Kvanttimekaniikka I	10	Kypsyysnäyte	0
Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen	3	Valinnaisia opintoja (Esim. ATK III Tieteellinen ohjelmointi, Klassinen kenttäteoria, Hydrodynamiikka)	
Valinnaisia opintoja			

<sup>1</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 1 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kolme luento-aikaa: ti 8-10, to 8-10 tai to 10-12. Ks. tarkemmin <http://www.oulu.fi/kielikeskus/>

<sup>2</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 2 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kaksi luento-aikaa: ma 12-14 tai 14-16.

**Maisteriopinnot (120 op)****Teoreettisen fysiikan suuntautumisvaihtoehto**

Teoreettinen fysiikka (65 op)	op	koodi	yksikkö
<b>Pakolliset syventävät opinnot</b>			Teor. fysiikka
Pro gradu -tutkielma	35	763683S	
Kypsyysnäyte	0	763685S	
<b>Lisäksi vähintään 30 op seuraavista</b>			Teor. fysiikka
Statistinen fysiikka	10	763620S	
Kvanttimekaniikan jatkokurssi	10	763622S	
Kondensoidun materian fysiikka	10	763628S	
Hiukkasfysiikan perusteet	10	763621S	
Klassinen kenttäteoria	6	763629S	
Hydrodynamiikka	6	763654S	
Sähköiset kuljetusilmiöt mesoskooppisissa rakenteissa	6	763696S	
Suprajohtavuus	6	763645S	
Yleinen suhteellisuusteoria	6	763695S	
Tai sopimuksen mukaan muita teoreettisen fysiikan syventäviä kursseja			
<b>Suosittelaa</b>			
ATK III Tieteellinen ohjelmointi	6	763641S	Teor. fysiikka
ATK IV Numeerinen ohjelmointi	6	763616S	Teor. fysiikka
Sähkömagneettinen säteily	6	761632S	Fysiikka
Elektroniikan perusteet	5	761322A	"
Plasmafysiikka	8	761653S	"
Fourier-muunnokset ja niiden sovellutukset	6	761666S	"
Radiative processes in astrophysics	8	765676S	Tähtitiede
Relativistic astrophysics	8	765648S	"
Tähtijärjestelmien dynamikka	7	765608S	"
Tähtien rakenne ja evoluutio	8	765643S	"
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	Fysiikka
Fysiikan harjoitustyöt	4	761308A	"
Työharjoittelu	3	763650S	Teor. fysiikka
<b>Matematiikka</b>	12		
Matematiikan paketista (edellä) loput 12 op			
<b>Muita pää- ja sivuaineopintoja</b>	43		
<b>yht.</b>	<b>120</b>		

## Teoreettisen fysiikan kurssikuvaukset

Opettajien sähköpostiosoite on muotoa [etunimi.sukunimi@oulu.fi](mailto:etunimi.sukunimi@oulu.fi)  
Kurssit ovat **aakkosjärjestyksessä**.

### Teoreettisen fysiikan perusopinnot

#### ATK I Ohjelmoinnin perusteet 4 op / 2 ov (763114P)

(aikaisemmin 5,5 op / 3 ov)

Kurssin tavoitteena on oppia ohjelmoinnin peruskäsitteistö, kuten valintojen ja toistojen tekeminen ohjelmoimalla sekä ohjelmointiprojektin jakaminen osiinsa aliohjelmien avulla. Kurssilla ratkaistaan pienimuotoisia tehtäviä ohjelmoimalla. Kurssi toteutetaan C-kieltä käyttäen ja siihen kuuluu kolme itsenäisesti suoritettavaa harjoitustyötä, jotka on luovutettava ennen tenttiin osallistumista.

**Työtavat:** 24 h lu, 12 kpl harj, 3 harjoitustyötä ja 1 tentti.

**Oppikirjat:** M. Puoskari ja M. Saarela: Luentomoniste.

**Yhteys muihin opintojaksoihin:** Kurssi ei vaadi esitietoja. Se on ohjelmoinnin peruskurssina välttämätön esitieto ATK III ja ATK IV kurssien suorittamiselle.

**Ajoitus ja kohderyhmä:** 2. syyslukukausi. Teoreettisen fysiikan ja fysiikan opiskelijat (pakollinen).

**Vastuhenkilö:** Mikko Saarela.

#### Fysiikan matematiikkaa 6 op / 3 ov (763101P)

Kurssin tavoitteena on tarjota opiskelijalle nopeasti fysikaalisten tieteiden tarvitsemia matematiikan perustietoja ja taitoja. Kurssissa kerrataan koulumatematiikan differentiaali- ja integraalilaskentaa, käydään läpi kompleksiluvut ja funktiot (Moivren kaava) ja lineaariset vakiokertoimiset differentiaaliyhtälöt. Vektoreille käsitellään yhteen- ja vähennyslasku, skalaari- ja ristitulo. Käsitellään monen muuttujan funktiota ja niiden differentiaaleja ja osittaisderivaattoja. Vektorikentille käydään läpi operaattorit gradientti, divergenssi ja roottori sekä integraalilauseet (Gauss ja Stokes). Lopuksi tarkastellaan käyräviivaisia ortogonaalisia koordinaatistoja.

**Työtavat:** 36 h lu, 30 h harj, 1 tentti.

**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** Luentomoniste

**Yhteys muihin opintojaksoihin:** Kurssilla hankittavat matemaattiset valmiudet ovat välit-

tömästi tarpeen mm. 766323A Mekaniikan ja 766324A Sähkömagnetismin kursseilla.

**Ajoitus ja kohderyhmä:** 1. syyslukukausi, pakollinen kaikille fyysikoille.

**Vastuhenkilö:** Pekka Pietiläinen

#### Johdatus suhteellisuusteoriaan 3 op / 2 ov (763102P)

(aikaisemmin 5 op / 3 ov)

Suhteellisuusteorian johdonmukaisuus, ristiriidattomuus, vähäiset alkuoletukset, arkiajattelua hämmentävät esimerkit, elegantti matemaattinen esitys ja kokeellinen todistusvoima tekevät kurssista kiinnostavan ja fysiikan opiskeluun innostavan. Suhteellisuusteoriassa tarkastellaan erityisesti ajan ja paikan käsitteitä sekä fysiikan lakien riippumattomuutta liikeilasta. Kurssilla opitaan, kuinka suhteellisuusteoria rakentuu kahden peruspostulaatin pohjalta ja johtaa Lorentzin koordinaatistomuunnokseen, kun koordinaatistojen välinen nopeus on vakio. Samanlaisuuden suhteellisuus, pituuden kontraktio ja ajan dilataatio saadaan muunnoksen välittöminä seurauksina. Ilmiöitä tarkastellaan paitsi muunnosten pohjalta myös Minkowskin diagrammeihin nelilotteisessa avaruus-aikamaailmassa. Fysiikan lakien liiketilariippumattomuus on yksinkertaisinta esittää nelivektorein, joihin kurssilla tutustutaan. Kurssi johdattelee myös suhteellisuusteorian tärkeään sovellutusalueeseen, hiukkasten kinematiikkaan sironta- ja tuottoprosesseissa.

**Työtavat:** 22 h lu, 20 h harj, 1 tentti.

**Oppimateriaali ja kirjallisuus:** E. Suhonen: Johdatus suhteellisuusteoriaan (moniste). J. Maalampi, T. Perko: Lyhyt johdatus moderniin fysiikkaan (Limes ry).

**Yhteys muihin opintojaksoihin:** Kurssin tietopohja on välttämätön syventävien opintojaksojen 763621S Hiukkasfysiikan perusteet, 763625S Kenttäteoria ja 763629S Klassinen kenttäteoria omaksumiseen.

**Ajoitus ja kohderyhmä:** 1. kevätlukukausi, teoreettisen fysiikan ja fysiikan opiskelijat, joille pakollinen, biofysiikan, geofysiikan ja tähtitieteen opiskelijoille valinnainen.

**Vastuhenkilö:** Kari Rummukainen.

## **Teoreettisen fysiikan aineopinnot**

### **Aineen rakenne I 4 op / 2,5 ov (763333A)**

Tekniikan nopea kehitys perustuu olennaiselta osalta kondensoidun (=kiinteän tai nestemäisen) aineen ominaisuuksien ymmärtämiseen. Kondensoidussa aineessa esiintyy monia mielenkiintoisia fysikaalisia ilmiöitä, jotka ovat seurausta suuresta määrästä hiukkasia ja niiden välisistä vuorovaikutuksista.

Kurssi alkaa tarkastelemalla kidehilan symmetrioita ja niiden määrittämistä sirontakoikeilla. Sitten tarkastellaan kiinteän aineen sidosvoimia. Tutkitaan kidevärähtelyjä ja niiden vaikutusta ominaislämpöön. Erityisesti paneudutaan kiinteän aineen elektronirakenteeseen, jota käytetään selvittämään sähköjohtavuutta metallissa, eristeissä ja puolijohteissa. Lisäksi tarkastellaan kokeellisia menetelmiä, magnetismia ja suprajohtavuutta.

*Työtavat:* 30 h lu, 8 laskuharj. (16 h), 1 tentti

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* E. Thuneberg: Aineen rakenne I (luentomoniste), M. Alonso and E. Finn: Fundamental University Physics II ja III, H.M. Rosenberg, The Solid State.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Perustiedot Atomifysiikka (766326A), Sähkömagnetismi I (766321A) ja Sähkömagnetismi II (766322A). Samanaikaisesti suositellaan Termofysiikkaa (766328A). Läheisesti liittyvä kurssi Aineen rakenne II (766334A). Kurssit Aineen rakenne I ja II korvaavat aikaisemman 766330A Aineen rakenne -kurssin. Jatkokurssina suositellaan Koodensoidun materian fysiikkaa (763628S).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevätlukukausi, sisältyy Fysiikan ydinopinnot -kokonaisuuteen.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

### **Analyttinen mekaniikka 6 op / 3 ov (763310A)**

Kurssin pääsisältö on esittää mekaniikka käyttäen Lagrangen ja Hamiltonin formalismia. Tämä tarkoittaa sitä, että tutut Newtonin mekaniikan yhtälöt kirjoitetaan matemaattisesti uudella tavalla. Uuden formulaation päähyöty on, että sitä voidaan pitää lähtökohtana johdettaessa yleisempiä teorioita, erityisesti kvanttimekaniikkaa ja klassista kentäteoriaa. Yleistä formalismia valaistetaan käyttämällä sitä eri mekaniikan ongelmien ratkaisussa. Matemaattisesti nähtynä kurssia

voi pitää vektorilaskennan, osittaisderivoinnin ja variaatiolaskennan sovellutuksena.

*Työtavat:* 26 h lu, harjoitukset vastaavat 24 h, 1 tentti.

*Oppikirja:* A. Fetter ja J. Walecka: Theoretical mechanics of particles and continua; H. Goldstein: Classical Mechanics; E. Thuneberg: Analyttinen mekaniikka (luentomoniste).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Tarvittavat esitiedot: 763101P Fysiikan matematiikkaa ja 766323A Mekaniikka. Syventävä kurssi 763629S Klassinen kentäteoria rakentuu Analyttisen mekaniikan kurssin pohjalta.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. syyslukukausi, kaikille matemaattisesta fysiikasta kiinnostuneille, teoreettisen fysiikan opiskelijoille pakollinen.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

### **ATK II Numeerinen mallintaminen 4 op / 2 ov (763315A)**

Kurssilla opitaan luonnonilmiöitä kuvaavien yhtälöiden analyttistä ja numeerista ratkaisemista tietokoneen avustuksella.

*Sisältö:* Tutkimuksen kohteina ovat mm. raketin lento avaruuteen, laskuvarjolla hypääminen, sähköopin LCR -piirit, populaatiodynamiikasta peto-saalis-suhteen kuvaaminen, kvanttimekaniikasta atomien ja ytimien energiatilojen ja aaltofunktioiden ratkaiseminen.

*Työtavat:* 13 kpl harj, 3 harjoitustyötä ja 1 tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* M. Saarela, T. Voll, M. Koskela: ATK II Numeerinen mallintaminen (Mathematica notebook).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan kurssin ATK I suorittamista sekä fysiikan ja matematiikan peruskursseihin tutustumista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. kevätlukukausi. Teoreettisen fysiikan ja fysiikan opiskelijoille pakollinen.

*Vastuuhenkilö:* Mikko Saarela.

### **Kvanttimekaniikka I 10 op / 5 ov (763312A)**

Nykyaikainen nanoteknologia on johtanut siihen, että kvanttimekaniikkaan perustuvat sovellukset ovat osa meidän jokapäiväistä elämäämme. Mikromaailman hiukkaset ovat aaltoja, joita kuvataan ns. aaltofunktion avulla. Aaltofunktio saadaan aaltoyhtälön eli Schrödingerin yhtälön ratkaisuna. Kurssilla



esitetään ensin Schrödingerin yhtälön ratkaiseminen yksiulotteisissa ongelmissa, joilla on tärkeitä sovelluksia mm. kerrosrakenteisissa puolijohteissa. Vetyatomin ominaistilojen ja aaltofunktioiden laskeminen edellyttää puolestaan kolmiulotteisen Schrödingerin yhtälön ratkaisemista. Eräs kvanttimekaniikan peruskäsitteistä on epätarkkuusperiaate, joka tarkoittaa sitä, että mm. hiukkasen paikkaa ja nopeutta ei voida mitata mielivaltaisen tarkasti yhtä aikaa. Hiukkasen paikan todennäköisyysjakautumaa kuvataan aaltofunktiolla ja mitattavat suureet, kuten paikka ja nopeus saadaan näitä suureita vastaavien operaattoreiden ominaisarvoina. Lisäksi kurssilla käsitellään häiriölaskentaa ja alkuaineiden jaksollisen järjestelmän muodostumista.

*Työtavat:* 50 h lu, 13 kpl harj, 2 vk.

*Oppikirjat:* M. Saarela: Kvanttimekaniikka I (luentomoniste 2004), C. Cohen-Tannoudji, L. Diu & F. Laloe: Quantum Mechanics vol. I (1977), J. J. Powell & B. Crasemann: Quantum Mechanics (1961), L.I. Schiff: Quantum Mechanics (1968).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina tarvitaan Atomifysiikan ja Differentiaaliyhtälöiden kurssit. Kurssin ymmärtämistä tarvitaan Kvanttimekaniikka II:ssa ja Kvanttimekaniikan jatkokurssissa sekä useissa muissa teoreettisen fysiikan syventävissä opintojaksoissa.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. syyslukukausi. Teoreettisen fysiikan opiskelijat (pakollinen). Aineenopettajan sv:n opiskelijat suorittavat 1. vk:n, mistä he saavat 6 op suorituksen.

*Vastuuhenkilö:* Mikko Saarela.

### **Kvanttimekaniikka II 10 op / 5 ov (763313A)**

Heisenberg kehitti kvanttimekaniikalle matemaattisesti liittyvän Hilbertin avaruuksien teorian. Kurssilla perehdytään teorian ominaisuuksiin käyttäen esimerkkinä kvanttitekoneissa tärkeää kahden tason mallia ja harmonista värähtelijää. Atomi-, molekyyli- ja ydinfysiikan kannalta keskeinen suure on kulmaliikemäärä, jonka avulla kvanttitilat luokitellaan. Kulmaliikemäärän kvanttikaaninen käsittely esitetään kurssilla yksityiskohtaisesti, jolloin mukaan tulee myös hiukasten spin. Esimerkkeinä lasketaan mm. vetyatomin relativistiset korjaustermit, Zeeman-efekti, H<sup>-</sup>- ja He-molekyylien sidosenener-

giat sekä AB-spinsysteemin energiatasot. Viritystilojen välisten siirrosten laskemiseksi johdetaan Fermi'n kultainen sääntö ja sitä käytetään dipolisiirrosten ja värähtelevän magneettikentän aiheuttamien siirrosten laskemisessa. Lopuksi mikromaailman hiukasten välisiä vuorovaikutuksia tutkitaan sironnakeiden keinoilla. Kurssilla perehdytään vaikutusalan, sironta-amplitudin, vaihesiirron ja Greenin funktion käsitteisiin.

*Työtavat:* 50 h lu, 14 kpl harj, 2 vk.

*Oppikirjat:* M. Saarela: Kvanttimekaniikka II (moniste 2005). C. Cohen-Tannoudji, L. Diu & F. Laloe: Quantum Mechanics vol. 2. (1977), J. J. Powell & B. Crasemann: Quantum Mechanics (1961).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina tarvitaan Kvanttimekaniikka I -kurssi. Kurssin ymmärtäminen on hyödyllistä Kvanttimekaniikan jatkokurssin (763622S), Kondensoituneen materiaalin fysiikan (763628S) ja Statistisen fysiikan opiskelijoille samoin kuin muillekin aineen mikroskooppisesta rakenteesta kiinnostuneille.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. kevätlukukausi. Kurssi on teoreettisen fysiikan opiskelijoille pakollinen ja soveltuu spektroskopiaan, kiinteän aineen fysiikkaan tai statistiseen mekaniikkaan syventyville opiskelijoille samoin kuin muillekin aineen mikroskooppisesta rakenteesta kiinnostuneille.

*Vastuuhenkilö:* Mikko Saarela.

### **Kypsyysnäyte (LuK) 0 op (763385A)**

Opiskelija kirjoittaa aineen, jolla hän osoittaa perehtyneisyyttä aineensa ja seminaarinsa alaan sekä suomen tai ruotsin kielen taitoa. Apuvälineenä vain kynä, paperi ja kumi.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Pakollinen osa LuK-tutkintoa teoreettisessa fysiikassa.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thunberg

### **LuK-tutkielma (aine ja seminaari) 10 op / 5 ov (763330A)**

Seminaarissa tutustutaan teoreettisen fysiikan ajankohtaisiin aiheisiin. Seminaariesitelmällä ja aineen kirjoittamisella opetellaan tärkeitä viestintätaitoja. Kurssissa painotetaan myös osallistumista esityksistä käytävään keskusteluun.

Esitelmä noudattaa tieteellisestä tyyliä ja siihen kuuluu materiaalin valmistaminen projektorilla heijastettavaksi. Aine on samalla luonnontieteiden kandidaatin tutkintoon vaadittava tutkielma. Se on tieteellisen artik-

kelin tyylinen tyypillisesti kymmenen sivua pitkä tietokoneella tehty kirjoitus.

Kurssiin sisältyy koulutus tiedon hankkimiseen (0,5 op osuus)

*Työtavat:* Osallistuminen seminaareihin, oma esitelmä, opponointi ja aineen kirjoitus. Osallistuminen tiedonhankinnan kurssille ja sen tehtävien suorittaminen.

Latex-pohja aineeseen ja seminaariin on *lisämateriaalissa*.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan että mahdollisimman paljon fysiikan perus- ja aineopintoja on suoritettu seminaariin tultessa. Jatko-opintoihin liittyvä seminaari pidetään samassa yhteydessä. Tähän ei liity ainetta, jolloin opintopistemäärä on 5 op (3 ov).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. vuoden kevätlukukaudella, pakollinen teoreettisen fysiikan opiskelijoille. Seminaariryhmän ensimmäinen kokoontuminen on syyslukukauden aikana. Tällöin jaetaan seminaariaiheet.

(Tiedekirjasto Telluksen osuus 0,5 op:

Sisältö: Tiedonlähteet ja tiedonhakuprosessi, tiedonlähteiden arviointi, tiedonhankintatehtäviä. Toteutus: lähi- ja verkko-opetuksena, edellyttää läsnäoloa lähiopetuksessa ja kurssitehtävien suorittamista.)

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

### **Teoreettisen fysiikan syventävät opinnot**

#### **ATK III Tieteellinen ohjelmointi 6 op / 3 ov (763641S)**

Kurssi perehdyttää olioperustaiseen ohjelmointiin C++ -kielellä. Kielen esittelyn jälkeen tutustutaan tärkeimpiin tietorakenteisiin ja niiden oliopohjaiseen toteutukseen tavoitteena C++ standardikirjaston hallitseminen. Tapaustudkimusten avulla katsotaan, miten olio -ohjelmointia käytetään tieteellisessä työssä. Koska tieteellisessä ohjelmoinnissa on usein tarpeen sovittaa yhteen eri kielisiä ohjelmia, esim. FORTRAN -kielisiä numeerisia kirjastoja ja konekielisiä laiteohjaimia C++ -ohjelmaan, perehdytään kurssin lopuksi monikieliohjelmointiin ja symboliseen konekieleen.

*Työtavat:* 30 h lu, 30 h laboratoriotyöskentelyä, 4 harjoitustyötä ja 1 tentti.

*Oppimateriaali:* Stroustrup: The C++ Programming Language, Pekka Pietiläinen: Luentomoniste.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävänä opintona ATK I Ohjelmoinnin perusteet (763114P) tai muuten hankittu C- tai Java kielen taito. Suositeltavaa ATK IV Numeerinen ohjelmointi (763616S). Esimerkkitapausten ymmärtämistä helpottaa kvanttimekaniikan perusteiden tuntemus.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. kevätlukukausi, kohdistettu kaikille opiskelussaan, tutkimuksessaan tai työelämässään ohjelmointitaitoja tarvitseville.

*Vastuuhenkilö:* Pekka Pietiläinen.

#### **ATK IV Numeerinen ohjelmointi 6 op / 4 ov (763616S)**

Kurssilla opitaan käyttämään numeerisia menetelmiä ja ohjelmointia teknismatemaattisissa tehtävissä, ohjelmakirjastojen käyttöä sekä tulosten graafista esittämistä. Käsiteltäviä aiheita ovat mm. numeerinen derivointi, integrointi ja interpolointi. Differentiaaliyhtälöistä ja -yhtälöryhmistä ratkaistaan tavalliset yhtälöt sekä sellaiset, joilla on ominaisarvo. Opitaan lineaaristen yhtälöiden ratkaisualgoritmi sekä menetelmiä, joilla ratkaistaan matriisien ominaisarvot ja ominaisvektorit. Lopuksi tutustutaan nopeaan Fourier -muunnokseen. Ohjelmoinnissa käytetään C- ja Fortran-kieltä, työselostukset tehdään Latex -ladontaohjelmistolla ja kuvat piirretään gnuplot -ohjelmistolla.

*Työtavat:* 26 h lu, 13 kpl harj, 4 harjoitustyötä ja 1 tentti.

*Oppikirjat:* M. Saarela: Luentomoniste ja W. H. Press, B. P. Flannery, S. A. Teukolsky and W. T. Vetterling: Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan kurssien Fysiikan matematiikkaa, Differentiaaliyhtälöt, Lineaarialgebra I ja II ja ATK I suorittamista sekä kvanttimekaniikkaan tutustumista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. syyslukukausi. Teoreettisen fysiikan opiskelijat (vapaasti valittava)

*Vastuuhenkilö:* Mikko Saarela.

#### **Hiukkasfysiikan perusteet 10 op / 5 ov (763621S)**

Alkeishiukkaset ovat kaiken aineen perustana, ja kaikkien fysikaalisten prosessien takana ovat alkeishiukkasten vuorovaikutukset. Tämä kurssi antaa yleiskatsauksen hiukkasfysiikan standardimallista: sen sisältämistä hiukkasista, vuorovaikutuksista sekä

symmetrioista mitkä ovat hiukkasten luokittelun sekä vuorovaikutusten takana. Relativistisiin aaltoyhtälöihin tutustumisen jälkeen kurssilla tutustutaan kvanttielektrodynamiikkaan ja opitaan laskemaan kvarkkien ja leptonien sähkömagneettisia vuorovaikutuksia Feynmanin diagrammisääntöjen avulla. Käsitely laajennetaan rakenteellisten hadronien sirontaan partonimallin puitteissa. Hiukkasfysiikan standardimalli, joka käsittää kvarkkien ja leptonien sähkömagneettiset ja heikot vuorovaikutukset sekä kvarkkien ja gluonien väri vuorovaikutukset, tulee myös lyhyesti esitellyksi.

*Työtavat:* 50 h lu, 30 h harj ja 1 tentti.

*Oppimateriaali:* Luentomuistiinpanot, sekä kirjat D. Griffiths: Introduction to Elementary Particles (1986), F. Halzen, A.D. Martin: Quarks and Leptons (1984).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina Fysiikan matematiikkaa, Johdatus suhteellisuusteoriaan sekä Kvanttimekaniikka I. Kurssi antaa riittävän tietopohjan muiden hiukkasfysiikan ja kvanttikenttäteorioiden kurssien omaksumiseen.

*Kohderyhmä:* Teoreettisen fysiikan opiskelijat (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Kari Rummukainen.

#### **Hydrodynamikka 6 op / 3 ov (763654S)**

Aineen nestemäinen ja kaasumainen olemuoto muodostavat merkittävän osan arkipäivän elämäämme, ja siihen liittyvää fysiikkaa tarvitsevat kaikki fyysikot, esim. biofyysikot, geofyysikot, avaruusfyysikot, teoreettiset fyysikot ja tähtitieteilijät.

*Sisältö:* Jatkuvuusyhtälö, hydrostatiikka, Navier-Stokes-liikeyhtälö, virtauksia yksinkertaisissa tapauksissa, ääniaallot, nesteen pinta-aallot.

*Työtavat:* 26 h lu, 24 h harj, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* A. R. Paterson: A first course in fluid dynamics, Cambridge, Univ. Press 1983. Luentomuistiinpanoja.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina tarvitaan kursseja Fysiikan matematiikkaa ja Mekaniikka vastaavat tiedot.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kaikki fysikaalisia aineita opiskelevat. Koska kurssia luennoidaan harvoin, sille kannattaa tulla heti kun esitiedot on opiskeltu.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

#### **Kenttäteoria 10 op / 5 ov (763625S)**

Kvanttikenttäteoriat ovat kaikkien hiukkas-

fysiikan teorioiden perustana. Tällä kurssilla käsitellään kvanttikenttäteorioiden perusteita, rakennetta sekä etenkin laskumenetelmiä tavoitteena perehdyttää opiskelija renormalisaatioteoriaan ja mittateorioiden Feynmanin diagrammien laskemiseen. Vaikutusfunktionaali konstruoidaan klassisille ja kvanttikentille; systeemin ominaisuudet lasketaan Feynmanin polkuintegroinnilla. Renormalisaatioon tutustutaan lambda phi<sup>4</sup>-teoriassa.

*Työtavat:* 50 h lu, 30 h harj ja 1 tentti.

*Oppikirja:* Peskin, Schroder: An Introduction to Quantum Field Theory (1997); P. Ramond: Field Theory, A Modern Primer (1982).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitiedot: Analyttinen mekaniikka, Klassinen kenttäteoria, Hiukkasfysiikan perusteet.

*Kohderyhmä:* Teoreettisen fysiikan jatko-opiskelijat (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Kari Rummukainen.

Kurssilla käsitellään perturbatiivisen kenttäteorian rakennetta ja menetelmiä tavoitteena perehdyttää jatko-opiskelija renormalisaatioteoriaan ja mittateorioiden Feynmanin diagrammien laskemiseen. Vaikutusfunktionaali konstruoidaan klassisille ja kvanttikentille; systeemin ominaisuudet lasketaan Feynmanin polkuintegroinnilla. Renormalisaatioon tutustutaan lambda phi<sup>4</sup>-teoriassa.

*Työtavat:* 50 h lu, 30 h harj ja 1 tentti.

*Oppikirja:* P. Ramond: Field Theory, A Modern Primer (1982).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitiedot: Analyttinen mekaniikka, Klassinen kenttäteoria, Hiukkasfysiikan perusteet.

*Kohderyhmä:* Teoreettisen fysiikan jatko-opiskelijat (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Kari Rummukainen.

#### **Klassinen kenttäteoria 6 op / 3 ov (763629S)**

(aikaisemmin 10 op / 5 ov)

Kenttä on keskeinen käsite fysikaalisissa teorioissa. Tässä kurssissa tutustutaan yleiseen klassiseen kenttäteoriaan Lagrangen mekaniikasta lähtien ja osoitetaan, että sähkömagnetismin teoria voidaan johtaa varsin yleisistä periaatteista lähtien.

Kurssi alkaa yleistämällä Analyttisen mekaniikan kurssissa opittua Lagrangen formalismia jatkuvaan materiaan. Siitä lähtien muotoillaan yleinen klassinen kenttäteoria. Lisäksi Lagrangen formalismi yleistetään koske-

maan lähellä valon nopeutta liikkuvia hiukkasia. Näitä käyttäen perustellaan sähkömagneettisen kentän Lagrangen funktio. Siitä johdetaan sähkömagnetismin peruslait (Maxwellin yhtälöt ja Lorentzin voima). Näitä käyttäen tutkitaan eri sähkömagnetismin osa-alueita kuten säilymlakeja, ajasta riippumatonta kenttää sekä kiihtyvän varauksen synnyttämää kenttää.

*Työtavat:* 26 h lu, 12 laskuharjoitus. (24 h) ja 1 tentti.

*Oppikirjat:* mm. L. Landau ja E. Lifshitz, The classical theory of fields; A. Fetter ja J. Walecka: Theoretical mechanics of particles and continua; E. Thuneberg: Klassinen kenttäteoria (luentomoniste).

*Yhteys muihin opintoihin:* Esitietoina Sähkömagnetismi, 763102P Johdatus suhteellisuusteoriaan ja 763310A Analyttinen mekaniikka. Klassisen kenttäteorian rinnalla suositellaan kurssia Hydrodynamiikka (763654S).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Erityisesti teoreettisen fysiikan opiskelijat. Koska kurssia luennoidaan harvoin, sille kannattaa tulla heti kun esitiedot on opiskeltu.

*Vastuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

#### **Kondensoidun materian fysiikka 10 op / 5 ov (763628S)**

Tekniikan nopea kehitys perustuu olennaiselta osalta kondensoidun aineen ominaisuuksien ymmärtämiseen. Sen lisäksi kondensoidussa materiassa esiintyy monia mielenkiintoisia fysikaalisia ilmiöitä, jotka ovat seurausta suuresta määrästä hiukkasia ja niiden välisistä vuorovaikutuksista.

Kiinteiden aineiden atomirakenteessa tutustutaan ensin kiderakenteeseen ja sen määrittämiseen sirontakokeilla. Pintoja ja monimutkaisempia rakenteita kuten seoksia käsitellään lyhyesti. Materian elektronirakennetta tarkastellaan ensin vapaiden elektronien kuvassa. Kidehilan vaikutusta tutkitaan sekä pienenä häiriönä että lähtien täysin lokalisoituista tiloista. Elektronien välistä Coulombin vuorovaikutusta tutkitaan erityisesti Hartree-Fock-yhtälöiden avulla. Hilavärähtelyjä tutkitaan yksinkertaisilla malleilla ja lasketaan hilavärähtelyistä aiheutuva ominaislämpö. Elektronien dynamiikkaa tarkastellaan puoliklassisilla yhtälöillä. Sähkön- ja lämmönjohtumista tutkitaan ratkaisemalla Boltzmannin yhtälöä.

*Työtavat:* 50 h lu, 12 laskuharjoitus. (24 h) ja

1 kirjallinen tentti.

*Oppikirjat:* Michael P. Marder: Condensed Matter Physics. Apuna lisäksi seuraavat, mutta ne eivät kata koko kurssia: N.W. Ashcroft & N.D. Mermin: Solid state Physics, Pekka Pietiläinen: luentomoniste.

*Yhteys muihin opintoihin:* Syvennetty versio kurssista Aineen rakenne I (763333A). Edeltävinä opintoina Kvanttimekaniikka I (763312A) ja Termofysiikka (766328A).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. vuosi, erityisesti teoreettisen fysiikan opiskelijat.

*Vastuhenkilö:* Erkki Thuneberg

#### **Kvanttimekaniikan jatkokurssi 10 op / 5 ov (763622S)**

Kvanttimekaniikan perusteiden lyhyen kertaamisen jälkeen tarkastellaan symmetrioita kvanttimekaniikassa: rotaatiosymmetria ja siihen liittyvä impulssimomentti sekä translaatio-, pariteetti- ja ajankäännösymmetriat. Reaalisysteemeille oleellisista menetelmistä esitellään mm. Rayleigh-Schrödingerin ja Brillouin-Wignerin ajasta riippumattomat häiriölaskut. Ajasta riippuvan häiriölaskun yhteydessä tutustutaan mm. vuorovaikutuskuvaan ja johdetaan Fermi kultainen sääntö. Säteilyn ja materian vuorovaikutuksen käsittely päätetään selittämällä miksi taivas on sininen ja auringon lasku punainen. Kursin lopuksi käydään vielä lyhyesti läpi relativistiset Klein-Gordonin ja Diracin yhtälöt.

*Työtavat:* 50 h lu, 30 h harjoitus ja 1 tentti.

*Oppikirja:* G. Baym: Lectures on Quantum Mechanics (1969), J.J. Sakurai: Modern Quantum Mechanics (1985), J.J. Sakurai: Advanced Quantum Mechanics.

*Yhteys muihin opintoihin:* Edeltävänä opintona kurssi Kvanttimekaniikka II (763313A).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. tai 4. syyslukukausi, kohdistettu teoreettisen fysiikan opiskelijoille ja spektroskopiaan syventyville opiskelijoille kuten myös muille atomien ja materian mikroskooppisesta rakenteesta kiinnostuneille.

*Vastuhenkilö:* Pekka Pietiläinen.

#### **Kypsyysnäyte (FM) 0 op (763685S)**

Opiskelija kirjoittaa annetusta aiheesta aiheen, joka osoittaa perehtyneisyyttä pro gradu -työn alaan. Apuvälineinä vain kynä, paperi ja kumi.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Pakollinen osa FM-tutkintoa teoreettisessa fysiikassa. Pro gradu -tutkielman valmistumisen jälkeen.  
*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

**Materiaalifysiikan menetelmiä 6 op / 3 ov (763694S)**

Kurssilla opitaan keskeisiä teoreettisia menetelmiä voimakkaasti korreloituneiden monen kappaleen kvantisysteemien teoreettiseen tutkimiseen:

1) Muutaman kappaleen Hamiltonin tarkka diagonalisointi. Sovellutuksena ovat elektronit voimakkaassa magneettikentässä ja nanorakenteissa kuten kvanttipisteissä, -renkaissa ja -langoissa.

2) Variaatiomenetelmä ja lineaarisen vasteen teoria. Sovellutuksena lasketaan nestemäisen heliumin ja varatun kaasun ominaisuuksia.

3) Variaatio- ja diffuusio-Monte Carlo -menetelmät. Sisältönä on metropolis -algoritmi ja fixed node -menetelmä. Menetelmiä sovelletaan heliumnesteiden ja elektronikaasun perustilan ominaisuuksien laskemiseen.

*Työtavat:* 42 h lu, harj, projektityö, jonka tuloksista jokainen osallistuja pitää 20 minuutin esitelmän minikonferenssissa ja kirjoittaa Letter -tyyppisen julkaisun muotoisen raportin.

*Oppimateriaali:* Harjoituksissa ja projektityössä käytetään apuna opettajien julkaisemia kirjoja ja luentomateriaalia sekä heidän kehittämiä ohjelmistoja, (moniste).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina tarvitaan Analyytinen mekaniikka ja Kvanttimekaniikan kurssit. Kurssi tarjoaa hyvän pohjan pro gradu -tutkielmaa tai lisensiaatin tutkintoa valmisteleville opiskelijoille, sekä opiskelijoille, jotka haluavat saada opastusta tieteellisen julkaisun kirjoittamiseen ja konferenssiesitelmän pitämiseen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* syyslukukausi. Teoreettisen fys:n opiskelijat (vapaasti valittava).  
*Vastuuhenkilö:* Mikko Saarela.

**Pro gradu -tutkielma 20 op / 10 ov (763682S)**

*(aikaisemmin 20 op / 12 ov)*

Joltakin teoreettisen fysiikan erikoisalalta laadittava ensisijaisesti kirjallisuuteen perustuva tutkielma, jonka laajuus on noin 50 sivua.

Työhön sisältyy esitelmän pitäminen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. vuosi, aineenopettajat, joilla teoreettinen fysiikka pääaineena (pakollinen).

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

**Pro gradu -tutkielma 35 op / 18 ov (763683S)**

*(aikaisemmin 40 op / 20 ov)*

Joltakin teoreettisen fysiikan erikoisalalta laadittava omaan tutkimukseen ja kirjallisuuden käyttöön perustuva tutkielma, jonka laajuus on vähintään 50 sivua.

Työhön sisältyy esitelmän pitäminen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. vuosi, teoreettisen fysiikan opiskelijat (pakollinen paitsi aineenopettajille).

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

**Statistinen fysiikka 10 op / 5 ov (763620S)**

Kurssilla selvitetään, miten hiukkasten mikrokooppiset ominaisuudet liittyvät aineen makroskooppisiin ominaisuuksiin. Lyhyen, statistisen mekaniikan kannalta klassisen termodynamiikan oleellisia piirteitä käsittelevän kertauksen jälkeen kerrotaan miten avaruuden topologia vaikuttaa identtisten hiukkasten käyttäytymiseen. Kun kvanttistatistiikan keskeiset käsitteet, kuten tiheysoperaattori, tilasumma jne., on esitelty, katsotaan ideaalisia, vuorovaikuttamattomia systeemejä. Todellisten, vuorovaikuttavien systeemien käsittelyyn soveltuvien menetelmien jälkeen tutkitaan faasimuutosten teoriaa. Kurssi päätetään esittelemällä kriittisiä ilmiöitä kuvaavia teorioita.

*Työtavat:* 50 h lu, 30 h harj ja 1 tentti.

*Oppimateriaali:* Arponen: Statistinen fysiikka, Reichl: A Modern Course in Statistical Mechanics, luentomoniste.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävänä opintona kurssit Kvanttimekaniikka II (763313A) ja Termofysiikka (766328A), suositeltavana myös Kvanttimekaniikan jatkokurssi (763622S). Kurssi on hyvä pohja kaikille materiaalfysiikkaan ja monen kappaleen systeemeihin liittyville opinnoille.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. tai 4. vuoden syksy, kohdistettu teoreettisen fysiikan opiskelijoille ja kaikille materian makroskooppisista ominaisuuksista kiinnostuneille opiskelijoille (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Kari Rummukainen.

**Suprajohtavuus 6 op / 3 ov (763645S)**

Suprajohtavuus on poikkeuksellinen ilmiö, jossa kvanttimekaniikka tulee näkyviin makroskooppisella mittakaavalla. Suprajohtavuus osataan suureksi osaksi selittää BCS-teorian pohjalta, joka on yksi kondensoituneen aineen hienoimpia teorioita.

Kurssin aluksi tarkastellaan suprajohtavuuden kokeellisia ominaisuuksia ja kerrataan tilastollisen fysiikan perusteita. Suprajohteen termodynamiikkaa käsitellään magneettikentässä. Kurssin pääkohdat ovat Bardeen-Cooper-Schrieffer-teoria (BCS-teoria), jolla voidaan ymmärtää supratilan synty, sekä Ginzburg-Landau-teoria, jolla voidaan selittää suuri joukko havaittuja ilmiöitä. Lopuksi käsitellään toisen lajin suprajohtavuutta ja Josephsonin ilmiötä.

*Työtavat:* 26 h lu, 12 laskuharjoitus. (24 h) ja 1 tentti.

*Oppimateriaali:* mm. M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, McGraw-Hill (1975, 1996); E. Thuneberg: Suprajohtavuus (luentomoniste).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* esitietoina Kvanttimekaniikka I ja II

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. tai 4. syyslukukausi, erityisesti teoreettisen fysiikan opiskelijat (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

**Syventävä erikoiskurssi 6–10 op / 3–5 ov (763698S/763699S)**

**Sähkö-heikko-vuorovaikutukset 10 op / 5 ov (763626S)**

Kurssilla perehdytään leptonien ja kvarkkien sähkömagneettisia ja heikkoja vuorovaikutuksia kuvaavaan standardimalliin, neutriinofysiikkaan ja kosmologiseen hiukkasfysiikkaan.

*Työtavat:* 50 h lu, 30 h harj ja 1 tentti.

*Oppikirja:* F. Halzen, A.D. Martin: Quarks & Leptons, luvut 12-15; K. Grotz ja H. V. Klapdor: The Weak Interaction in Nuclear, Particle and Astrophysics (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitiedot: teoreettisen fysiikan perus- ja aineopintokurssit ja hiukkasfysiikan perusteet.

*Kohderyhmä:* teoreettisen fysiikan opiskelijat (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Kari Rummukainen.

**Sähköiset kuljetusilmiöt mesoskooppisissa rakenteissa 6 op / 3 ov (763696S)**

Kurssissa selvitetään elektronien kulkua hyvin pienissä puolijohtavissa tai metallisissa rakenteissa.

Johdantona käydään läpi kaksiuolotteisen elektronikaasun ominaisuuksia. Pääsisältö on formalismi, jolla voidaan kuvata johtavuutta pienissä rakenteissa. Sitä sovelletaan kvantti-Hall-ilmiöön, lokalisaatioon ja tunnelointiin kahden potentiaalivallin läpi. Kurssissa käytetään suurelta osalta varsin yksinkertaista kvanttimekaanista kuvailua, mutta paikoitellen tutustutaan myös vaativiin laskuihin Greenin funktioita käyttäen.

*Työtavat:* 26 h lu, 12 laskuharjoitus. (24 h) ja 1 suullinen tentti.

*Oppimateriaali:* Kurssi seuraa tarkasti kirjaa Supriyo Datta: Electronic transport in mesoscopic systems, ei luentomonistetta.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävinä opintoina suositellaan kurssit Kvanttimekaniikka I (763312A), Termofysiikka (766328A) ja Aineen rakenne (766330A)

*Kohderyhmä:* Kohdistettu teoreettisen fysiikan opiskelijoille ja kaikille materiaalin mesoskooppisista ominaisuuksista kiinnostuneille opiskelijoille (vapaasti valittava).

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

**Työharjoittelu 3 op / 2 ov (763650S)**

*Työtavat:* Harjoittelu, joka ei suoraan liity muihin opinnäytteisiin. Opiskelija laatii harjoittelukertomuksen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* esim. kesätyö, 2. - 4. vuosi.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

**Yleinen suhteellisuusteoria 6 op / 3 ov (763695S)**

Yleinen suhteellisuusteoria on yksi teoreettisen fysiikan perusteorioista. Kurssilla pyritään käymään läpi yleisen suhteellisuusteorian formalismi niin että voidaan ymmärtää mustan aukon ratkaisu ja kosmologian alkeet.

Kurssi alkaa tarkastelemalla tensorilaskentaa ja differentiaaligeometriaa niiltä osin kun se on tarpeen aiheen kannalta. Sitten siirrytään tarkastelemaan yleisen suhteellisuusteorian aika-avaruutta ja geodeettista liikettä, ja verrataan tuloksia Newtonin teoriaan. Kun kenttäyhtälöt on saatu lyhyesti käsiteltä, tarkastellaan fysiikkaa massiivisen kohteen lähistössä mukaanlukien johdannon mustiin

aukkoihin. Erityistä huomiota kiinnitetään teorian kokeellisesti havaittaviin ennustuksiin. Johdanto kosmologiaan päättää kurssin. *Työtavat:* 26 h lu, 24 h harj ja 1 tentti. *Oppimateriaali:* Kurssi seuraa tarkasti kirjaa J. Foster and J.D. Nightingale: "A short course in general relativity". Osallistujia kehoitetaan hankkimaan kirja sillä luentomonistetta ei tehdä.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina Johdatus suhteellisuusteoriaan (763102P). Opiskeltavaa asiaa tukevat myös kurssit Analyttinen mekaniikka (763310A) ja Klassinen kenttäteoria (763629S). *Ajoitus ja kohderyhmä:* Vapaasti valittava, luennoidaan tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan. *Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

## **Tähtitieteen suuntautumisvaihtoehto**

Tähtitieteen historia ulottuu tuhansien vuosien taakse ja sillä on ollut tärkeä merkitys luonnontieteellisen maailmankuvan muodostumisessa. Nykyaikainen tähtitiede tutkii taivaankappaleita ja maailmankaikkeutta fysikaalisin menetelmin. Sen tutkimuskohteissa olosuhteet ovat äärimmäiset, kuten hyvin korkeat tai matalat lämpötilat ja suuret tai pienet tiheydet, voimakkaat magneettikentät ja korkeat energiat. Tästä syystä fysiikan opiskelu on tärkeää tähtitieteilijälle. Myös matemaattisten menetelmien hallinta on tärkeää, samoin ATK:n ja numeeristen laskenta-menetelmien käyttö on välttämätöntä.

Tähtitieteen opiskelu pääaineena tähtää ennen kaikkea tutkijakoulutukseen. Tähtitiede pääaineena valmistuneita on sijoittunut myös tietotekniikan alalle sekä koulujen opettajiksi.

### **Tutkinnon rakenne**

Tähtitieteen perus- ja aineopintokokonaisuus (70 op) on pakollinen pääaineopiskelijoille LuK-tutkintoa varten. FM-tutkintoon tulee suorittaa tähtitieteen syventävien opintojen kokonaisuus (65 op). Niiden lisäksi vaaditaan orientoivat opinnot, vieras kieli (suullinen ja kirjallinen taito), ruotsi sekä fysiikan ja matematiikan ydinopinnot. Muut sivuaineopinnot voidaan valita henkilökohtaisen kiinnostuksen mukaan tai työpaikan saantia helpottavalla tavalla. Tähtitieteilijälle tärkeitä ovat ennen kaikkea fysiikka ja matematiikka, mutta myös sovellettu matematiikka ja tietojenkäsittelytiede. Planetologiaan erikoistuvan on hyvä ottaa myös geologian ja geofysiikan opintoja. Suositeltavaa on, että sivuaineet käsittävät yhden noin 60 op:n ja yhden noin 25 op:n eheän kokonaisuuden eri oppiaineista. Niiden valinnasta on hyvä neuvotella opintoneuvojan ja opettajien kanssa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

**Luonnontieteiden kandidaatin tutkinto (180 op)****Pääaineena tähtitiede**

<b>Yleiset opinnot (8 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Orientoivat opinnot	2	761011Y	Fys. tieteet
Ruotsi	2	901004Y	Kielikeskus
Englannin kieli 1 <i>(tai muu vieras kieli)</i>	2	902002Y	"
Englannin kieli 2 <i>(tai muu vieras kieli)</i>	2	902004Y	"

(s = syyslukukausi, k = kevätlukukausi, sk = molemmat)

<b>Tähtitiede (70 op)</b>	<b>op</b>	<b>aika</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
---------------------------	-----------	-------------	--------------	----------------

**Tähtitieteen perusopinnotkokonaisuus (25 op)**

Johdatus tähtitieteeseen I	4	s	765101P	
Johdatus tähtitieteeseen II	8	k	765102P	
Tähtitieteen historia	3		765106P	
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6		766107P	Fysik. tiet.
ATK tähtitieteessä (tai ATK I, 763114P)	4	k	765135P	

**Tähtitieteen aineopinnotkokonaisuus (35 op)***Seuraavista kursseista oman valinnan mukaan:*

Cum laude -työt (2-4 työtä)	4-8		765334A	
Theoretical astrophysics	7		765373A	
Galaksit ja kosmologia	5		765330A	
Tähtien rakenne ja evoluutio	8		765343A	
Taivaanmekaniikka	5		765304A	
Tähtitieteen havaintomenetelmät	5		765398A	
Planetologia I	5	s	765303A	
Planetologia II	5	k	765339A	
Vaihtuva-aiheisia aineopintoja / Erikoiskurssi	4-x		765385A/ 765394A	
<i>Voi sisältyä myös</i>				
Plasmafysiikan perusteet	5		761353A	Fys.
Analyttinen mekaniikka	6		763310A	Teor. fys.

**Tähtitiede lisäksi (10 op)**

<b>LuK tutkielma (aine ja seminaari)</b>	10		765356A	
Kypsyysnäyte	0		765357A	

**Muita opintoja:**

Fysiikan ydinopinnot	40			
Fysiikan matematiikkaa	6	s	763101P	Teor. fys
Mekaniikka	7	s-k	766323A	Fys.
Sähkömagnetismi I	4	k	766321A	Fys.
Sähkömagnetismi II	4	s	766322A	Fys.



Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Atomifysiikka	6	s	766326A	Fys.
Aaltoliike ja optiikka	6	k	766329A	Fys.
Fysikaaliset mittaukset I	3	s/k	761121P	Fys.
Aineen rakenne I	4	k	763333A	Teor. fys.
Fysiikan lisäopinnoista	6			
Termofysiikka	6		766328A	Fys.
Teoreettinen fysiikka	7			
Johdatus suhteellisuusteoriaan	3		763102P	Teor. fys.
ATK II Numeerinen mallintaminen	4		763315A	Teor. fys.
Matematiikka (LuTK/TTK)	40			
<i>(samat vaihtoehdot kuin fysiikassa)</i>				
Muita pää- ja sivuaineopintoja	9			
<i>pakollisia:</i>				
Fysikaalisten tieteiden esittely	1		766115P	Fysik. tiet.
<i>suositellaan:</i>				
Aineen rakenne II	2		766334A	Fys.
Plasmafysiikan perusteet	5		761353A	Fys.
Avaruusfysiikan perusteet	5		766355A	Fys.
Analyttinen mekaniikka	6		763310A	Teor. fys.
Kvanttimekaniikka I	10		763312A	Teor. fys.
<i>tarvittaessa suositellaan ottamaan:</i>				
Unixin perusteet	3		810135P	Tiet.käs.
<i>Planetologiasta kiinnostuneille suositellaan:</i> geologian, geofysiikan, kemian kursseja				

### **Opintojen aikataulu**

1. syyslukukausi		1. kevätlukukausi	
Orientoivat opinnot	2	Mekaniikka <i>(jatkuu syyslukukaudelta)</i>	
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	Sähkömagnetismi I	4
Englannin kieli 1 <sup>1</sup>	2	Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt <i>(alku)</i> <sup>5</sup>	6
Fysiikan matematiikkaa	6	ATK II Numeerinen mallintaminen <sup>4</sup>	4
Mekaniikka <i>(jatkuu kevätlukukaudelle)</i>	7	Johdatus suhteellisuusteoriaan	3
Fysikaaliset mittaukset I <sup>2</sup>	3	Johdatus tähtitieteeseen II	8
Johdatus tähtitieteeseen I	4	Pääaineen opintoja	
Pääaineen opintoja		Differentiaaliyhtälöt I <sup>3</sup>	4
Matematiikan perusmetodit I <sup>3</sup>	10/ 8		
Lineaarialgebra I <sup>3,4</sup>	5		
Lineaarialgebra II <sup>3,4</sup>	5		

2. syyslukukausi		2. kevätlukukausi	
Sähkömagnetismi II	4	Aaltoliike ja optiikka	6
Atomifysiikka	6	Aineen rakenne I	4
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt (jatkuu)	6	Pääaineen opintoja	
Pääaineen opintoja		Sivuaineopintoja(esim. fys., teor. fys.)	
ATK I Ohjelmoinnin perusteet <sup>7</sup>	4	Matematiikan valinnaisia opintoja	
Analyysi II <sup>2</sup>	5		
Englannin kieli 2	2		
Ruotsin kieli	2		
Sivuaineopintoja (fys., teor. fys.)			
Matematiikan valinnaisia opintoja			
3. syyslukukausi		3. kevätlukukausi	
Pääaineen opintoja		LuK-tutkielma (aine ja seminaari)	10
Sivuaineopintoja (fys., teor. fys.)		Kypsyysnäyte	0
Matematiikan valinnaisia opintoja		Pääaineen opintoja	
		Sivuaineopintoja (fys., teor. fys.)	
		Matematiikan valinnaisia opintoja	

<sup>1</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 1 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kolme luentoaikaa: ti 8-10, to 8-10 tai to 10-12.

Ks. tarkemmin <http://www oulu.fi/kielikeskus/>

<sup>2</sup> Voi suorittaa joko syyslukukaudella tai kevätlukukaudella.

<sup>3</sup> Vaihtoehtoisesti TTK:n matematiikan kursseja, joista sivuainemerkinnän antaa Sähkö- ja tietotekniikan koulutusohjelman opintoneuvoja (Maritta Juvani).

<sup>4</sup> Voi suorittaa myöhemminkin.

<sup>5</sup> Harjoitustöitä voi tehdä oman aikataulun mukaan sen jälkeen, kun Fysikaaliset mittaukset I -työt on tehty. Kuitenkin tähtitieteen töitä voi tehdä aikaisemminkin.

<sup>6</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 2 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kaksi luentoaikaa: ma 12-14 tai 14-16.

<sup>7</sup> Valinnaisia.

## **FM-tutkinto 120 op**

### **Tähtitieteen suuntautumisvaihtoehto**

Pohjatietoina tähtitieteessä LuK-tutkinto tai fysiikan (teoreettisen fysiikan) opintoja n. 100 op ja matematiikan opintoja n. 40 op.

<b>Tähtitiede (65 op):</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
<b>Valinnan mukaan seuraavista 30 op</b>			
Tutkimusprojekti/Työharjoittelu	6	765655S	
Astrophysical spectroscopy	6	765674S	Fys.
Aurinkofysiikka	8	766654S	
Gasdynamics and interstellar medium	8	765671S	
Linnunradan rakenne ja kinematiikka	6	765661S	
Radiative processes in astrophysics	8	765676S	
Relativistic astrophysics	8	765648S	
Theoretical astrophysics	7	765673S	
Tietokonesimulaatiot	5	765617S	
Tähtien rakenne ja evoluutio	8	765643S	
Tähtijärjestelmien dynamiikka	7	765608S	
Areologia	6	765638S	
Meteoriitit	4	765677S	
Selenologia	6	765609S	
Terrestristen planeettojen basalttinen vulkanismi	6	765637S	
Törmäyskraaterit	4	765660S	
Venus: geologiaa ja geofysiikkaa	6	765683S	
Planeettojen kartoitus	4	765645S	
Vaihtuva-aiheisia tähtitieteen opintoja / Erikoiskurssi	4-6	765692S 765694S	
<b>Pro gradu ja seminaari</b>	35	765624S	
Kypsyysnäyte	0	765657S	
<b>Muita pää- ja sivuaineopintoja (55 op):</b>			
<i>Kaikille suositellaan:</i>			
ATK IV	6	763616S	Teor. fys.
<i>Astrofysiikkaan ja dynamiikkaan erikoistuville suositellaan:</i>			
Analyttinen mekaniikka	6	763310A	Teor. fys.
Yleinen suhteellisuusteoria	10	763695S	Teor. fys.
Sähkömagneettinen säteily	6	761632S	Fys.
Plasmafysiikka	8	761653S	Fys.
Kosmiset säteet	8	766655S	Fys.
Hydrodynamiikka	6	763654S	Teor. fys.
Kvanttimekaniikka I	10	763312A	Teor. fys.
Kvanttimekaniikka II	10	763313A	Teor. fys.
Spektroskooppiset menetelmät	5	764359A	Biofys./Fys.
Röntgenfysiikka	6	761672S	Fys.
Molekyylifysiikka	6	761661S	Fys.

sekä matematiikan kursseja:

Differentiaaliyhdytöt II,  
Kompleksianalyysi I, II,  
Todennäköisyyslaskennan kurssit

Matem. tiet.

*Planetologiaan erikoistuville suositellaan:*

Johdatus kiinteän maan geofysiikkaan	5	762192P	Geofys
Kaukokartoitus	5	762315A	Geofys
GIS geotieteissä	5	762196P	Geofys
Endogeeniset prosessit	4	771101P	Geotieteet
Rakennegeologia	5	772316A	"
Tektoniikka	5	772620S	"
Eksogeeniset prosessit	3	771109P	"
Maaperägeologinen ilmakehätulkinta	5	773615S	"
Johdatus fysikaaliseen kemiaan	7	780101P	Kemia

## Tähtitieteen kurssikuvaukset

Opettajien sähköpostiosoite on muotoa **etunimi.sukunimi@oulu.fi**  
Kurssit ovat **aakkosjärjestyksessä**.

### Perusopinnot tähtitieteessä

#### ATK tähtitieteessä 4 op / 2 ov (765135P)

Tietokoneiden käytön perusteet (Macintosh, Unix), Unix-työasemat. Graafiset ohjelmistot, erityisesti IDL-ohjelmointi ja kuvankäsittely. Sovelluksia tähtitieteen eri alueilta.  
*Työtavat:* 20 h luentoja, 20 h harj.  
*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt 6 op / 4 ov (766107P)

Ks. Fysiikan kurssikuvaukset.  
*Vastuuhenkilö tähtitieteessä:* Petri Kostama.

#### Johdatus tähtitieteeseen I 4 op / 2 ov (765101P)

Yleistajuinen johdatus nykyajan tähtitieteeseen: tähtitieteen merkitys vanhimpana tieteenä, tähtitieteen menetelmät, pääpiirteet aurinkokunnasta, Auringosta, tähdistä ja niiden kehityksestä, tähtienvälisestä aineesta, tähtijoukoista, Linnunradasta ja galakseista.  
*Työtavat:* 32 h luentoja  
*Oppikirja:* Tähtitieteen perusteet, toim. H. Karttunen et al., 4. laitos, Ursan julkaisuja 87 (2003), (valittuja kohtia). H. Oja: Maailman-

kaikkeus 2007, Ursa 2006..

*Kohderyhmä:* Kaikkien tiedekuntien opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala.

#### Johdatus tähtitieteeseen II 8 op / 4 ov (765102P)

*(aikaisemmin 4 op / 2 ov)*

Edellistä kurssia täydentävä ja kvantitatiivisempi johdatus, sisältäen mm. säteilymekanismien alkeet, taivaanmekaniikkaa, tähtien rakenteen ja kehityksen, Linnunradan rakenteen ja kosmologian perusteet.

*Työtavat:* 32 h luentoja ja 12 h laskuharjoitusta.

*Oppikirja:* Kuten edellä.

*Kohderyhmä:* Kaikkien tiedekuntien opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

#### Tähtitieteen historia 3 op / 2 ov (765106P)

Tähtitieteellisen maailmankuvan kehitys kivilaudasta kuulentoihin.

*Työtavat:* Kirjatentti.

*Oppikirja:* H. Karttunen: Vanhin tiede, Ursa 1997.

*Kohderyhmä:* Kaikkien tiedekuntien opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

### Aineopinnot tähtitieteessä

#### **Cum laude -työt 4–8 op / 2–4 ov (765334A)**

2 – 4 aineopintokursseihin liittyvää ohjattua projektia (2 op jokainen), joissa perehdytään aihealueen tutkimusmenetelmiin konkreettisen tutkimustehtävän kautta.

*Työtavat:* ohjattua ja omatoimista työskentelyä.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Työt edellyttävät vastaavien kurssien seuraamista.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

#### **Galaksit ja kosmologia 5 op / 3 ov (765330A)**

Kurssi esittää suurten tähtijärjestelmien, galaksien, rakenteen ja kinematiikan pääpiirteet. Tarkasteltavina asioina ovat mm. galaksien vuorovaikutukset, spiraalirakenteen synty ja aktiivisuus galaksien ytimissä. Eriyistä huomiota kiinnitetään omaan galaksiimme, Linnunrataan. Kurssilla käydään lävitse myös useita tähtitieteellisiä etäisyysmenetelmiä, jotka johtavat käsitykseemme suuren mittakaavan rakenteesta ja maailmankaikkeuden laajenemisesta.

*Työtavat:* 32 h luentoja ja harj.

*Oppikirja:* Sparke, L.S., Gallagher, S.: *Galaxies in the Universe*, Cambridge, 2<sup>nd</sup> ed., 2007.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Toisen ja ylemmän vuosikurssin opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Rautiainen

#### **Kypsyysnäyte 0 op (765357)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen alaan ja suomen tai ruotsin kielen taitoa.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksytty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena LuK-tutkintoon.

#### **LuK-tutkielma (aine ja seminaari) 10 op / 5 ov (765356A)**

Tutkielma tähtitieteen alalta kirjoitetaan kurssin vetäjän tai jonkin tutkimusryhmän tutkijan antamasta aiheesta ko. henkilön ohjaamana. Tutkielman laajuus on n. 20 sivua. Hyväksymistä varten tarvitaan lisäksi

esitelmän (valmistettu tietokoneella – powerpoint tai vastaava) pitäminen erillisessä LuK seminaarissa ja 75% läsnäolo tähtitieteen osaston seminaareissa.

(Tiedekirjasto Telluksen osuus 0,5 op:

Sisältö: Tiedonlähteet ja tiedonhakuprosessi, tiedonlähteiden arviointi, tiedonhankintatehtäviä. Toteutus: lähi- ja verkko-opetuksena, edellyttää läsnäoloa lähiopetuksessa ja kurssitehtävien suorittamista.)

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

#### **Planetologia I 5 op / 3 ov (765303A)**

Kurssin tavoitteena on esittää perusteet maankaltaisista planeetoista ja niiden tutkimuksesta; tutustuttaa opiskelijat luotainaineistoihin ja niiden käyttöön sekä uusiin tutkimustuloksiin. Varsinaisten maankaltaisten planeettojen lisäksi kurssilla käsitellään planeettojen kuut, asteroidit, komeetat ja meteoriitit, jotka kaikki antavat lisää tietoa planeettakunnan kehityksestä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 32 h luentoja, dem, harj, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* esim. Greeley: *Planetary Landscapes*, King: *Space geology*, Beatty, Petersen & Chaikin (toim.): *The New Solar System* (4. painos soveltuvin osin), Ladders & Fegley: *The planetary scientist's companion*, Weissman, McFadden & Johnson (toim.): *Encyclopedia of the Solar System* (soveltuvin osin). N. McBride ja I. Gilmore (toim., 2004): *An Introduction to the Solar System*, Cambridge University Press 2004 (alkuosa). L.-A. McFadden, P. Weissman, T. Johnson (2006): *Encyclopedia of the Solar System*, 2nd Edition, Academic Press (soveltuvin osin).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi ei vaadi esitietoja. Se tarjoaa välttämättömät perustiedot planeetoista kiinnostuneelle opiskelijalle ja mahdollistaa myöhempien planetologiaan syventävien kurssien seuraamisen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1., 2. tai 3. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### **Planetologia II 5 op / 3 ov (765339A)**

Kurssin tavoitteena on esittää perusteet ulkoplaneetoista ja niiden tutkimuksesta; tutustuttaa opiskelijat saatavana oleviin joviaanisten

planeettojen luotainaineistoihin ja niiden käyttöön sekä uusiin tutkimustuloksiin. Kursseilla käsitellään atmosfäärifysiikkaa ja -kemiaa, magnetosfäärejä ja ionosfäärejä sekä yleisesti että erityisesti joviaanisten planeettojen sisäosien, atmosfäärien, magnetosfäärien ja renkaiden kannalta. Kurssilla käsitellään myös Pluto-systeemiä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 32 h luentoja, dem, harj, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* esim. Beatty, Petersen & Chaikin (toim.): The New Solar System (4. painos soveltuvin osin), Ladders & Fegley: The planetary scientist's companion, Yung & DeMore: Photochemistry of planetary atmospheres, Weissman, McFadden & Johnson (toim.): Encyclopedia of the Solar System (soveltuvin osin), Burgess: Far encounter: The Neptune system.

P. Dasch et al. (2004), Icy Worlds of the Solar System, Cambridge University Press.

F. Bagenal et al. (2004), Jupiter: The Planet, Satellites and Magnetosphere, Cambridge University Press (Cambridge Planetary Science Series).

N. McBride ja I. Gilmour (toim., 2004): An Introduction to the Solar System, Cambridge University Press 2004 (loppuosaa).

L.-A. McFadden, P. Weissman, T. Johnson (2006): Encyclopedia of the Solar System, 2nd Edition, Academic Press (soveltuvin osin)

Tietoja on täydennettävä uusien julkaisujen sekä NASAn Galileo- ja Cassini-nettisivujen avulla.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi ei vaadi esitietoja. Se tarjoaa välttämättömät perustiedot planeetoista kiinnostuneelle opiskelijalle ja mahdollistaa myöhempien planetologiaan syventävien kurssien seuraamisen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1., 2. tai 3. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### **Taivaanmekaniikka 5 op / 3 ov (765304A)**

Planeettojen rataliike: planeetan paikan laskeminen ja rataelementtien määrittäminen havainnoista. Yleinen kahden kappaleen probleeman käsittely. Vektoriaalisen häiriöteorian sovellutuksia ja monenkappaleen probleeman erikoistapauksia.

*Työtavat:* 32 h luentoja, laskuharj. ja dem, tentti.

*Oppimateriaali:* Murray, C.D and Dermott, S.F.: Solar System Dynamics, Roy, A.E: Orbital motion. Karttunen H.: Johdatus taivaanmekaniikkaan.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Toisen ja ylempään vuosikurssin opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

#### **Theoretical astrophysics 7 op / 4 ov (765373A) in English**

Stellar types, spectra, temperatures. Radiative transfer. Continuous and line spectra. Spectral analysis. Theory of line formation. The course can also be incorporated into advanced studies with some supplementary work.

*Activities:* 32 h lectures and exercises.

*Literature:* E. Böhm-Vitense: Stellar astrophysics, vol. 2, Cambridge Univ. Press, 1989.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

#### **Tähtien rakenne ja evoluutio/ Stellar structure and evolution 8 op / 4 ov (765343A) in English**

Tähtien synty, rakenne ja kehitys. Interstellaarinen aine. Kurssin voi suorittaa myös syventävinä opintoina laajennettuna.

Star formation, structure and evolution. Interstellar medium. The course can be also taken as advanced in somewhat expanded form.

*Työtavat:* 32 h luentoja, laskuharj.

*Oppikirjoja:* E. Böhm-Vitense: Stellar astrophysics, vol. 3; Kippenhahn, R., Weigert, A.: Stellar structure and evolution.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

#### **Tähtitieteen havaintomenetelmät 5 op / 3 ov (765336A)**

Opintojakso antaa yleiskuvan tähtitieteellisistä havaintomenetelmistä ja -laitteista sekä havaintojen merkityksestä tähtitieteessä.

*Sisältö:* Ilmakehä ja sen vaikutus havaintoihin. Kaukoputket ja niiden kuvausvirheet. Valokuvaus, CCD-kamera, interferometria, fotometria, spektroskopia ja polarimetria. Ilmaisimet muilla aallonpituusalueilla. Hiukkasilmäimet.

*Työtavat:* 32 h luentoja ja harjoitukset.

*Oppikirjat:* Nilsson, K., Takalo, L. ja Piironen, J.: Havaitseva tähtitiede, Urta 2004, Kitchin, C.R.: Astrophysical Techniques, Institute of

Physics Publishing, 2003.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Toisen ja ylemmän vuosikurssin opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* Pertti Rautiainen

**Erikoiskurssi (765394A)**

*Sisältö:* Vaihtuva aihe.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

**Vierailevan luennoitsijan antama kurssi  
4–6 op / 2–3 ov(765385A)**

**Syventävät opinnot tähtitieteessä**

**Areologia 6 op / 3 ov (765638S)**

Kurssin taustalla ovat tällä hetkellä niin ajankohtaiset Mars-luotaimet, niiden tuottamat aineistot ja uudet tutkimustulokset. Siihen kuuluu uusimpien Mars-tutkimusten keskeisiä kysymyksiä. Kurssilla käsitellään Marsin olosuhteita, kaasukehää, säätä ja ilmastovaihteluita. Toisaalta paneudutaan myös Marsin geofysiikkaan ja sen geologisen kehityksen tutkimukseen ja ymmärtämiseen. Vesi, sedimentaatio ja eroosio näyttävät Marsin aikakausien vaihdellessa olleen paljon tärkeämmässä asemassa kuin mitä aiemmin osattiin olettaa. Kurssi tarjoaa hyvät syventävät tiedot Mars-hankkeisiin osallistumista varten. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 30 h luentoja, dem, harj, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Taustaa antavat Cattermole: Mars: The story of the red planet, Greeley & Iversen: Wind as a geological process, Papike (toim.): Planetary materials (soveltuvin osin). Uutta tietoa antavat mm. M. Carr (2006) The surface of Mars ja M. Chapman (2007): The Geology of Mars - Evidence from Earth-Based Analogs, joiden tietoja on täydennettävä uusien julkaisujen sekä NASA:n (MGS, MO, MRO ja MER) ja ESA:n (MEX) nettisivujen avulla.

*Yhteys muihin opintokokonaisuuksiin:* Kurssi syventää Planetologia I -kurssilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan Marsin tutkimukseen sekä Mars-ohjelmiin ja -lentoihin.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet Planetologia I -kurssin.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Astrophysical Spectroscopy 6 op / 3 ov  
(765674S) in English**

Basics of atomic spectroscopy: spectrum of hydrogen, electron quantum numbers, the periodic system, coupling of angular momenta, selection rules.

Basics of molecular spectroscopy: electronic, vibrational and rotational energy, coupling of angular momenta, Hund's cases. Zeeman and Paschen-Back effects in atomic and molecular lines for different coupling cases. The physics of polarization: the wave and vector nature of light, matrix representation of polarization, Stokes parameters.

The radiative transfer of polarized radiation: the radiative transfer equation, the Milne-Eddington atmosphere, analytical solutions for longitudinal and transverse fields.

Instrumentation: astronomical spectropolarimeter, polarizers, retarders.

*Activities:* 24 h lectures, exercises, exam.

*Literature:* compendium.

*Recommended* to take Electromagnetism and Quantum Mechanics before that course.

*Vastuuhenkilö:* S.V. Berdyugina

**Gasdynamics and interstellar medium  
8 op / 4 ov (765671S) in English**

Basics of radiative transfer. Spectral lines. Physics of HII regions. Cooling and heating of the gas and dust. Multiphase interstellar medium. Basics of gasdynamics. Shock waves. Evolution of photoionized nebulae. Stellar winds. Supernovae explosions. Star formation.

*Activities:* 32 h lectures, 8 h exercise sessions, home exercises (30% of the final score), exam (70%).

*Literature:* Dyson J. E., Williams D. A.: The physics of the interstellar medium, 2<sup>nd</sup> ed., Institute of Physics Publishing, 2003; compendium

*Connection to other courses:* fits well together with Theoretical Astrophysics and Tähtien rakenne ja evoluutio / Stellar structure and evolution.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen

**Kypsyysnäyte 0 op (765657S)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen alaan.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksytty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena FM-tutkintoon.

**Linnunradan rakenne ja kinematiikka  
6 op / 3 ov (765661S)**

*Sisältö:* Tähtien avaruusjakauman ja liiketilojen määrittämisessä käytettävät menetelmät. Linnunradan tähtien ja tähtienvälisen aineen kinematiikka. Spiraali- ja ellipsigalaksit.

*Työtavat:* 32 h luentoja, laskuharjoitus ja demot.

*Oppimateriaali:* Binney, J. ja Merrifield, M.: Galactic Astronomy.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Sopii hyvin kurssin Tähtijärjestelmien dynamiikka yhteyteen. Täydentää Galaksit ja kosmologia -kurssia.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

**Meteoriitit 4 op / 2 ov (765677S)**

Kurssi alkaa meteoriittien klassisesta luokituksesta. Sen jälkeen paneudutaan uudempiin tutkimuksiin, luokitustapoihin ja niiden perusteisiin. Näin pohditaan eri meteoriittityyppien välisiä eroja ja yhteyksiä. Meteoriittimateriaalin alkuperä ja meteoriittien erilaiset kehitysvaiheet sekä törmäysten merkitys kuuluvat kurssin aihepiiriin. Kurssilla luodaan pohja meteoriittien syntyyn ja kehitykseen vaikuttaneiden tapahtumien pohdinnalle ja edelleen ymmärtämään, miten niitä voi tutkia. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu opiskelijoiden itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 32 h luentoja, demot, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Taustalukemiseksi mm. Buchwald: Handbook of iron meteorites (soveltuvin osin), Dodd: Meteorites, Norton: Rocks from space: meteorites and meteorite hunters, Papike (toim.): Planetary materials (soveltuvin osin) ja kurssikirjoiksi H.Y. McSween (1999): Meteorites and their parent planets, Cambridge University Press. R.O. Norton (2002), The Cambridge Encyclopedia of Meteorites, Cambridge University Press. D.S. Lauretta & H.Y. McSween (eds., 2006), Meteorites and the early Solar System II, University of Arizona Press.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I. Kurssi syventää muilla planeettakursseilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan aktiiviseen planeettatutkimukseen.

*Ajotus ja kohderyhmä:* esim. 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet muitakin planetologian

kurssseja. Perustiedot geologiassa ja mineralogiassa helpottavat kurssin omaksumista.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Planeettojen kartoitus 4 op / 2 ov  
(765645S)**

Planeettaluotaimet tuovat tutkimuksen ulottuville yhä tarkempia aineistoja eri planeetoilta ja niiden kulta. Kurssi käsittelee kiinteiden planeettakunnan kappaleiden kartoittamista mukaanlukien kartoituksen historia, kartoitusmenetelmät, karttaprojektiot ja -tyypit sekä teemakartat. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* luennot (n. 30 h), tentti ja harjoitustyö

*Taustatietoa:* esim. Batson: Planetary mapping, Whitaker: Mapping and naming the Moon: A history of lunar cartography and nomenclature ja muut vastaavat teokset.

*Oppimateriaali:*

R.A. Hanel et al. (2003), Exploration of the Solar System by Infrared Remote Sensing, Cambridge University Press.

B. Bussey & P. Spudis (2004), The Clementine Atlas of the Moon, Cambridge University Press.

C.J. Byrne (2005), Lunar Orbiter Photographic Atlas of the Near Side of the Moon, Springer.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I.

*Ajotus ja kohderyhmä:* sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet Planetologia I -kurssin ja jonkin muun planeettakurssin.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Pro gradu -tutkielma 35 op / 18 ov  
(765624S)**

*(aikaisemmin 40 op / 20 ov)*

Ohjattua tutkimustyötä tähtitieteen alalta ja tutkielman kirjoittaminen.

Tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitosneuvosto arvosanoilla approbatur ... laudatur. Tutkielman tarkastajat määrää dekaani oppiaineen professorin esityksestä.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

**Pro gradu -tutkielma 20 op / 12 ov  
(765621S)**

Ohjattua tutkimustyötä tähtitieteen alalta ja tutkielman kirjoittaminen.

Tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitosneu-



vosto arvosanoilla approbatur ... laudatur. Tutkielman tarkastajat määrää dekaani oppiaineen professorin esityksestä.

*Kohderyhmä: aineenopettajan sv:ssa opiskelevat*

*Vastuuhenkilö: Juri Poutanen.*

**Radiative Processes in Astrophysics  
8 op / 4 ov (765676S) in English**

The course is devoted to the classical radiation theory (Maxwell equations, retarded potentials, multipole radiation, spectral distribution, Larmor formula, relativistic effects, bremsstrahlung, synchrotron radiation, and Compton scattering) and its astrophysical applications to the emission processes in pulsars, relativistic jets, accretion-powered compact sources such as black holes and neutron stars, and clusters of galaxies.

*Activities:* 30 h lectures, 8 h exercise sessions, home exercises (30% of the final score), exam (70%).

*Literature:* Shu, F.H.: The Physics of Astrophysics. Vol 1, Radiation; Rybicki, G. & Lightman, A.: Radiative Processes in Astrophysics, and compendium.

*Connection to other courses:* fits well together with Relativistic Astrophysics course.

*Vastuuhenkilö: Juri Poutanen*

**Relativistic Astrophysics 8 op / 4 ov  
(765648S) in English**

Introduction to the relativistic astrophysics. Black holes in the Milky Way and supermassive black holes in other galaxies. Neutron stars, pulsars, supernovae. Physics of accretion. Relativistic jets. Clusters of galaxies.

*Activities:* 32 h lectures, 8 h exercise sessions, home exercises (30% of the final score), exam (70%).

*Literature:* Charles P.A., Seward F.D.: Exploring the X-ray Universe, Cambridge Univ. Press, 1995; Frank J., King A., Raine D.: Accretion power in Astrophysics, 3<sup>rd</sup> ed., Cambridge Univ. Press, 2002.

*Connection to other courses:* fits well together with Radiative Processes in Astrophysics.

*Vastuuhenkilö: Juri Poutanen*

**Selenologia 6 op / 3 ov (765609S)**

Kuuluotaimet ja uudet kuutukimoksen suunnatavat tekevät kurssista kiinnostavan. Kurssin puitteissa keskitytään Kuun kauko-

kartoitukseen, pinnan ja kivien stratigrafiaan ja iänmäärittäisiin sekä Kuun kehityksen aikakausiin. Kuunäytteet ja sen kivien kemialliset erityispiirteet kertovat Kuun synty-aikoina vallinneista olosuhteista ja kiviaineksen differentiaatiosta Kuun sisällä sen kehityksen myötä. Selenofysikaaliset mittaukset antavat tietoa Kuun olosuhteista ja sisäosista. Kurssilla pohditaan erilaisia Kuun syntyvaihtoehtoja ja sen myöhempää kehitystä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 30 h luentoja, demonstraatio, harjoitus, essee, tentti

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* lähtötasona Taylor: Lunar Science: A postApollo view ja Open University: Lunar geology case study sekä paneutumiseen esim. Wilhelms: The geologic history of the Moon, Heiken, Vaniman & French: Lunar sourcebook: A user's guide to the Moon, Papike (toim.): Planetary materials (soveltuvin osin).

B. Bussey & P. Spudis (2004), The Clementine Atlas of the Moon, Cambridge University Press.

B. L. Jolliff, M. A. Wieczorek, C. K. Shearer and C. R. Neal (eds, 2006): New Views of the Moon. Mineralogical Society of America.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi syventää Planetologia I -kurssilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan kuututkimukseen sekä kuuohjelmiin ja -lentoihin.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet Planetologia I -kurssin.

*Vastuuhenkilö: Jouko Raitala*

**Terrestristen planeettojen basalttinen vulkanismi 6 op / 3 ov (765637S)**

Maankaltaisten planeettojen vulkanismin kurssilla käsitellään, mitä tiedämme eri planeettojen vulkaanisesta aktiivisuudesta, sen syistä, kehittymisestä ja tuloksista. Kurssi johdattaa ymmärtämään niitä samankaltaisuuksia ja eroja, joita vulkaanisessa toiminnassa ilmenee erilaisissa olosuhteissa ja ympäristöissä. P-T -olosuhteiden, kemiallisen koostumuksen ja planeetan koon vaihtuessa syntyy erilaisia magmasyntyyisiä kiviä ja vulkaanisia pinnanmuotoja. Kurssilla opitaan, kuinka yhdistää planeetan pinnalta tehdyt havainnot vulkaanisten kivien geokemian ja kehitykseen ja edelleen ensi-

osaksi planeetan kehitystä ja sitten edelleen osaksi planeettojen vulkanismin kokonaisvaltaisempaa ymmärtämistä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 30 h luentoja, dem, harj, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* esim. Carr & Greeley: Volcanic features of Hawaii: A basis for comparison with Mars, Mursky: Introduction to planetary volcanism, Basaltic Volcanism Study Project: Basaltic volcanism on terrestrial planets, Sigurdsson, Houghton, McNutt, Rymer & Stix (toim.): Encyclopedia of volcanoes (soveltuvien osin), Zimbelman & Gregg (toim.): Environmental effects of volcanic eruptions: From the deep ocean to the deep space.

R. Lopes (2005), The Volcano Adventure Guide, Cambridge University Press.

G.R. Foulger et al. (2005), Plates, Plumes, and Paradigms, Geological Society of America (GSA Special Paper 388).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I. Kurssi syventää muilla planeettakursseilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan aktiiviseen planeettatutkimukseen.

*Ajotus ja kohderyhmä:* esim. 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet myös muita planetologian kursseja. Perustiedot geologiassa ja mineralogiassa helpottavat kurssin omaksumista.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### **Theoretical Astrophysics 7 op / 4 ov (765673S)**

See Theoretical Astrophysics (765373A)

#### **Tietokonesimulaatiot 5 op / 3 ov (765617S)**

N-kappaleen simulaatiomenetelmistä. Esi-merkkejä sovellutuksista planetaaristen renkaiden ja galaksien dynamiikkaan. Monte Carlo -menetelmä ja sen soveltaminen valonsirontalaskuihin.

*Työtavat:* 20 h luentoja ja laskuharjoitus, 16 h dem. Tentti tai itsenäinen harjoitustyö.

*Oppimateriaali:* Jaetaan luennolla.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan Taivaanmekaniikan tai Tähtijärjestelmien dynamiikan suorittamista.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

#### **Tutkimusprojekti/Työharjoittelu 6 op / 3 ov (765655S)**

Johdettua tähtitieteellistä tutkimustyötä.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

#### **Tähtien rakenne ja evoluutio 8 op / 4 ov (765643S)**

Ks. Tähtien rakenne ja evoluutio (765343A)

#### **Tähtijärjestelmien dynamiikka 7 op / 4 ov (765608S)**

Galaksien dynamiikka, spiraalirakenne, galaksien vuorovaikutukset.

*Työtavat:* 32 h luentoja ja laskuharjoitus, 20 h dem, tentti.

*Oppikirja:* Binney, J. ja Tremaine, S.: Galactic Dynamics.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan fysiikan Mekaniikan tai Taivaanmekaniikan suorittamista ennen kurssia. Sopii hyvin Linnunradan rakenne ja kinematiikka yhteyteen.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

#### **Törmäyskraaterit 4 op / 2 ov (765660S)**

Kurssi esittelee törmäyskraatereiden yleisyyttä ja esiintymistä. Kurssi ohjaa törmäyskraatereiden synnyn ja niissä vallinneiden fysikaalisten olosuhteiden ja kemiallisten prosessien ymmärtämiseen. Kurssilla käsitellään erilaisia törmäyskiviä ja -mineraaleja sekä niistä tunnistettavia kiderakenteen ja -koostumuksen piirteitä, jotka ovat törmäystapahtuman aiheuttamia. Osa näistä piirteistä kertoo P-T-olosuhteista ja osa taas meteoriittimateriaalin ja kohdekiven sekoittumisesta, murskautumisesta, sulamisesta ja jopa haihtumisesta. Tärkeitä ovat myös itse törmäyksen jälkeiset tapahtumat ja deformaatio. Kurssilla ohjataan tunnistamaan törmäyksissä syntyneitä piirteitä. Oppilaat johdellaan törmäyskraatereiden ja niiden merkityksen tutkimiseen niin Maassa ja sen eri aikakausilla kuin myös muilla planeetoilla. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu opiskelijoiden ohjattua työskentelyä.

*Työtavat:* 26 h luentoja, dem-harjoitus, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* taustaksi esim. Hartmann & Cain: Craters!: A multi-science approach to cratering and impacts ja kurssi-kirjoiksi B.M. French (1998): Traces of Catastrophe, LPI (saatavana myös [www.lpi.usra.edu](http://www.lpi.usra.edu)), Melosh: Impact cratering: A geologic process, Roddy, Pepin & Merrill:

Impact and explosion cratering. Spudis: The geology of multi-ring impact basins, A. Montanari and C. Koeberl (2000): Impact stratigraphy (alkuosa; Springer). T. Kenkmann et al. (eds., 2005): Large Meteorite Impacts III, GSA SP 384 sekä uusia julkaisuja.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I. Kurssi syventää muilla planeettakursseilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan törmäyskraatereiden tutkimukseen.

*Ajotus ja kohderyhmä:* esim 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet muitakin planetologian kursseja. Perustiedot geologiassa ja mineralogiassa helpottavat kurssin omaksumista.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Venus: geologiaa ja geofysiikkaa 6 op / 3 ov (765683S)**

Avaruusajan myötä on lähetetty useita Venus-luotaimia ja saatu uusia tutkimustuloksia niin planeetan olosuhteista kuin kehityksestäkin. Uusista tutkimuksista huolimatta kaikkea ei kuitenkaan vielä tiedetä. Venuksen kaasukehä on hyvin tiheä ja koostumukseltaan osin eksoottinen ja sen myötä Venussella on verrattoman voimakas kasvihuoneilmiö ja korkea pintalämpötila. Magellan-luotainaineiston avulla on saatu uutta tietoa Venuksen vulkanismista, tektoniikasta ja törmäyksistä. Planeetan sisäosat ja litosfäärin ja kuoren ominaisuudet ovat kuitenkin yhä kiihkeän tutkimuksen kohteina. Esimerkiksi

Venuksen pinnan ja sen rakenteiden uusiutuminen on yhä avoin: onko kyseessä jatkuva muutos vai jaksottainen uusiutuminen. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* 32 h luentoja, dem, harj, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* lähtötasona Ford ym. (toim.): Guide to Magellan image interpretation sekä Roth & Wall (toim.): The face of Venus. Syventymiseen Bougher, Hunten & Phillips (toim.): Venus II sekä uudet julkaisut ja ESAn VEX-nettisivut.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi syventää Planetologia I -kurssilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa aktiiviseen planeettatutkimukseen sekä osallistumaan luotainohjelmiin.

*Ajotus ja kohderyhmä:* 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet Planetologia I -kurssin.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Erikoiskurssi 4–10 op / 2–5 ov (765694S)**

*Sisältö:* Vaihtuva aihe.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

**Muulla suoritettu opintojakso 1-x op (765693S)**

*Sisältö:* Toisessa korkeakoulussa tai ulkomailla suoritettuja opintojaksoja.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen

**Vierailevan luennoitsijan antama kurssi 4–6 op / 2–3 ov (765692S)**

## Biofysiikan suuntautumisvaihtoehto

Oulun yliopisto on ainoa paikka Suomessa, jossa biofysiikkaa voi opiskella pääaineena. Biofysiikka on poikkitieteellinen ala, joka sijaitsee luonnontieteiden, teknisten tieteiden ja biolääketieteen leikkauskohdassa. Biofyysikon tutkimuksen kohteita ovat erilaiset biosysteemit, molekyyleistä ja soluista kokonaisuun organismeihin ja populaatioihin asti. Biofysiikka kuuluu WellTech Oulu -instituuttiin, joka on lääketieteen tekniikan tutkimusta ja opetusta koordinoiva yksikkö Oulun yliopistossa.

Opetusohjelma koostuu sekä biofysiikan oppiaineen tuottamista opintojaksoista että muiden, erityisesti fysikaalisten tieteiden laitoksen ja teknillisen tiedekunnan ja lääketieteellisen tiedekunnan, tuottamista opintojaksoista.

Biofysiikan suuntautumisvaihtoehdon tavoitteena on kouluttaa asiantuntijoita biofysiikan ja lääketieteen tekniikan tutkimuksen ja tuotekehityksen alalle. Ammatissa

toimivien biofyysikkojen tehtäväkenttä on tyypillisesti signaalianalyysin, mallintamisen ja biologisen mittaustekniikan alalla. Työnantajina voivat olla esim. teknologiayritykset, yliopistot, ympäristöhallinto ja sairaalat. Biofysiikan alalta valmistunut on muodollisesti pätevä hakeutumaan sairaalafysiikon koulutukseen. Opintojen yhteydessä voi hankkia myös säteilyn käyttöön liittyvän vastaavan johtajan pätevyyden.

### **LuK-tutkinto pääaineena biofysiikka**

LuK-tutkintovaiheessa biofysiikan opiskelussa hankitaan ne teoreettiset ja metodiset perusvalmiudet, joita elämän tutkiminen luonnontieteellisenä ilmiönä vaatii. Tämä tapahtuu fysikaalisten tieteiden ja matematiikan tietoteoreettiselta pohjalta. Opintoihin kuuluvat matematiikan ja fysiikan ydinopinnot. Metodit, joihin kuuluvat mittaustekniikka, signaalianalyysi ja systeemiteoria, opetellaan pääosin biofysiikan ja teknisten tieteiden sovelluksina.

### **FM-tutkinto pääaineena biofysiikka**

FM-tutkintovaiheessa syvennetään biofysiikan alan tuntemusta ja opinnot eriytyvät opiskelijan valitseman koulutuslinjan pohjalta. Yksityiskohtainen opinto-ohjelma riippuu opiskelijan valitsemasta koulutuslinjasta sekä sen puitteissa tehdyistä kursivalinnoista. Useat biofysiikan kurssit poikkeavat perinteisestä rakenteesta ja sisältävät mm. pieniä tutkimusprojekteja, seminaareja ym. opiskelua, jossa opiskelijan omatoimisella aktiiviteetillä on merkittävä osuus.

### **Koulutuslinjat FM-tutkinnossa**

Opiskelija voi tavoitteittensa mukaan valita koulutuslinjan seuraavasti:

- 1. Solujen ja molekyylien biofysiikka (SMBF)**
- 2. Lääketieteen tekniikkaan liittyvä biofysiikka (LKTBF)**

Lääketieteen tekniikan koulutuslinjan valitsevien määrää voidaan rajoittaa. Koulutuslinjoihin liittyvät valinnaiset kurssit hyväksyy biofysiikan professori. Opetuksen perusrungon muodostavat kaikille pakolliset opintojaksot ja linjakohtaiset valinnaiset kurssit.

### **Opiskelu**

Opiskelu on kurssimuotoista ja osittain periodimaista. Opintojaksot jakautuvat luentokursseihin, joissa on tyypillisesti 20-30 t luentoja ja 12-15 t laskuharjoituksia tai muita vastaavia harjoituksia, sekä harjoitustyökursseihin. Biofysiikan opetuksessa pyritään korostamaan opiskelijan omaa aktiiviteettia mahdollisuuksien mukaan.

Opiskelija ohjataan opintojaksojen avulla hallitsemaan biosysteemien mittauksen metodiikkaa, biosysteemien teoriaa ja tiedon prosessointia. Näillä opintokokonaisuuksilla on huomattava määrä yhtäläisyyksiä ja ne täydentävät toisiaan hierarkisessa järjestyksessä. Fysiikan ja matematiikan kurssit antavat tarvittavan pohjan

edetä biofysiikan aineopinnoissa. Nämä kurssit onkin hyvä suorittaa opintojen alkuvaiheessa. Biofysiikan aineopinnot antavat perustan sekä biosysteemien teorian että biomittaustekniikan syventäville opinnoille. Opintojakso Säteilyfysiikka, biologia ja -turvallisuus antaa valmiuden suorittaa vastaavan johtajan pätevyyskysymyksiä tietyille säteilyn käyttöaloille (ks. laitoksen ilmoitustaulu). LuK-tutkintovaiheessa biofysiikan opintoihin kuuluvat lisäksi LuK-tutkielma ja seminaari. Tutkielman aihepiiristä on suoritettava kirjallinen, kielitaitoa osoittava kypsyysnäyte. Opintovaatimukseen kuuluu lisäksi osallistuminen vähintään 10:een biofysiikan järjestämään seminaaritalaisuuteen (sisältyy opintojaksoon LuK-työ ja seminaari). Osanottoa seminaareihin suositellaan toisesta vuosikurssista alkaen.

FM-tutkintovaiheessa kurssit ovat sisällöltään ja osittain työskentelytavoiltaanakin vaativampia kuin LuK-vaiheessa. Tutustuminen tutkimustyön periaatteisiin kouluttaa tulevan biofysiikan toimimaan tutkimus- tai tuotekehittelyryhmän jäsenenä. Moniin opintoihin liittyvät seminaariesitelmät on tarkoitettu kirjallisen ja suullisen esitystottumuksen kehittämiseksi. FM-tutkintovaiheen syventävät opinnot päättyvät pro gradu -tutkielmaan, joka osoittaa tekijän alaan perehtyneisyyden ja kypsyuden. Pro gradu -tutkielma (kuten myös LuK-tutkielma) voidaan suorittaa laitoksen omassa tutkimuksessa tai yliopiston ulkopuolisessa yrityksessä tai valtion tutkimuslaitoksessa. Opinnäytetöiden ohjausjärjestelyistä ja töiden aiheiden hyväksymisestä vastaa biofysiikan professori.

Biofysiikan opiskelijalle (pakollisten tai valinnaisten opintojen mukaan määräytyen) muodostuvia sivuaineopintoja ovat fysiikka, teknillisten tieteiden matematiikka (TTK/Mat. jaos), lääketieteellinen fysiikka, matematiikka (LuTK), lääketieteellinen tekniikka, kemia (Kemia), biokemia (Biokem), tietojenkäsittelytiede (TOL), ohjelmointi (Teor. fys), signaalinkäsittely (TTK/Mat. jaos) ja fysiologia (LTK). Sivuaaineopinnoista on tarkempaa tietoa opinto-oppaan Erikoistumislinjojen opinnot -osiossa sekä biofysiikan www-sivuilla.

Ylimääräisinä opintoina suositellaan harjoittelua (4 kk), jonka voi suorittaa useassa erässä. Kansainvälinen harjoittelu olisi toivottavaa ja ajankohtaista kahden opintovuoden jälkeen.

## **Kuulustelut ja arvosanat**

**Tenttikäytäntö.** Biofysiikan opintojaksot suoritetaan pääsääntöisesti yhdellä loppukokeella. Kurssiarvosanaan ja kurssin läpäisemiseen voivat vaikuttaa varsinaisen tentin lisäksi muut osasuoritukset, joita ovat (kurssikohtaisesti) viikkotehtävät (laskuharjoitukset ja kirjalliset tehtävät) ja kotitentti. Osasuorituksista saatavat pisteet ja niiden painokertoimet ilmoitetaan kunkin kurssin alussa.

**Opintojen jatkuva seuranta.** Viikkotehtävät ovat luentoihin tai laskuharjoituksiin liittyviä suppeahkoja kysymyksiä, joiden tarkoitus on tukea ja motivoida opiskelijan jatkuvaa oppimista kurssin aikana. Motivaation vahvistamiseksi tehtävät arvostellaan (engl. continuous assessment) ja niiden perusteella on mahdollista saada lisäpisteitä kurssin kokonaispistemäärään. Kotitentti on laajahko kysymys jostakin kurssin aihepiiriin kuuluvasta aiheesta, johon vastataan esseetyyppisellä tai sitä vastaavalla kirjallisella työllä yleensä noin kuukauden kuluessa aiheen antamisesta.

Kursseissa, joissa on laskuharjoituksia, on laskettujen tehtävien määrän perusteella mahdollista saada lisäpisteitä kurssin kokonaispistemäärään. Syventävissä opintojaksoissa osa ennalta annettavista laskuharjoitustehtävistä arvostellaan kuten tenttivastaukset ja näistä saadut pisteet vaikuttavat kurssin kokonaispistemäärään.

**Tentit.** Biofysiikan opintojaksoja voi suorittaa normaalien luentokurssien yhteydessä järjestettävien loppukokeiden lisäksi yleisinä tenttipäivinä, joita on pääsääntöisesti syyslukukaudella yksi ja kevätlukukaudella kaksi kappaletta. Lisäksi kesällä voidaan järjestää yksi yleinen tenttipäivä. Päivämäärät ilmoitetaan aina erikseen. Yleisinä tenttipäivinä järjestettäviin tentteihin on ilmoitauduttava vähintään kahta viikkoa aikaisemmin. Ilmoittautuminen on sitova (ks. alla). Tällöin on ilmoitettava, minkä opintojakson kuulustelun haluaa suorittaa. Tarkemmat ohjeet löytyvät biofysiikan ilmoitustaululta. Yleisenä tenttipäivänä ei aina eri syistä johtuen voida järjestää kaikkien tenttien kuulusteluja, vaikka niihin on määräaikaan mennessä ilmoitauduttu. Tällaisessa tapauksessa asiasta ilmoitetaan noin viikkoa ennen tenttipäivämäärää. Muihin kuulusteluihin, kuin välittömästi opintojakson jälkeen järjestettävään loppukuulusteluun ja sen uusintaan on ilmoitauduttava viikkoa ennen koepäivää. Tarkemmat ohjeet ja määräykset ovat laitoksen ilmoitustaululla.

**Tenttikarenssi.** Mikäli opiskelija ilmoitautuu johonkin kuulusteluun yleisenä tenttipäivänä ei ilman pätevää syytä (lääkärintodistus, tms.) saavu kyseiseen tenttiin tai ei saa siitä vähintään 1/4 maksimipistemäärästä, hän ei voi suorittaa kyseistä opintojaksoa yleisinä tenttipäivinä seuraavaan kuuteen kuukauteen (ns. tenttikarenssi). Nämä rajoittavat ehdot eivät koske luentokurssin perään järjestettävää loppukoetta eikä sen 1. uusintaa, vaikka nämä tentit järjestettäisiinkin yleisenä tenttipäivänä. Tämän säännön tarkoituksena on edelleen motivoida opiskelijaa valmistautumaan huolellisesti kuulusteluihin.

**Pääaineen arvosana.** Tutkintotodistuksessa pääaineen (biofysiikka) arvosana lasketaan opintopisteillä painotettuna keskiarvona.

## **LuK-tutkinto (180 op)**

Biofysiikan poikkitieteellisyydestä johtuen sekä pakollisiin että valinnaisiin opintojaksoihin kuuluu eri tiedekuntien opintoja. Kaikille pakolliset opintojaksot sisältävät opintoja biofysiikassa, fysiikassa, matematiikassa, biologiassa, kemiassa, ATK:ssa, signaali- ja säätöteoriassa ja mittaustekniikassa. Valinnaiset opinnot opiskelija voi valita vapaasti omien mielenkiinnonkohteidensa mukaisesti. Suositeltavaa toki on, että valinnaisista opinnoista muodostuisi jokin sivuainekokonaisuus. Kurssivalintoihin liittyen voi kysyä neuvoja opintoneuvojalta tai muulta henkilökunnalta.

<b>Yleiset opinnot (8 op)</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>yksikkö</b>
Orientoivat opinnot	2	761011Y	Fys.tiet.laitos
Kielet	6		Kielikeskus

**Fysiikan ydinopinnot (40 op)**

Fysiikan matematiikkaa	6	763101P	Teor. fys.
Mekaniikka	7	766323A	Fysiikka
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fysiikka
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fysiikka
Atomifysiikka	6	766326A	Fysiikka
Aaltoliike ja optiikka	6	766329A	Fysiikka
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	Fysiikka
Aineen rakenne I	4	763333A	Teor. fys.

**Matematiikan ydinopinnot (40,5 op)**

<i>TTK:n matematiikan kursseja (tai vast. LuTK:n kurssit, väh. 40 op)</i>			TTK/Matem. jaos, (LuTK)
Matematiikan peruskurssi I	5	031010P	
Matriisialgebra	3,5	031019P	
Matematiikan peruskurssi II	6	031011P	
Differentiaaliyhtälöt	4	031017A	
Kompleksianalyysi	4	031018P	
Matemaattiset menetelmät	3	031044A	
Tilastomatematiikka	5	031021A	
Signaalit ja järjestelmät	5	031049A	
Satunnaissignaalit	5	031024A	

**Biofysiikan opinnot (66 op)**

Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	Fysik. tiet.
Biofysiikan harjoitustyöt	5	764325A	Biofys.
Spektroskooppiset menetelmät	5	764359A	Biofys./Fys.
Johdatus biofysiikkaan	5	764162P	Biofys.
Solujen biofysiikan perusteet	2	764115P	Biofys.
Solukalvojen biofysiikka	6	764323A	Biofys.
Säteilyfysiikka, -biologia ja -turvallisuus	3	764317A	Biofys.
Biosysteemien analyysi	4	764364A	Biofys.
Virtuaaliset mittausympäristöt	5	764627A	Biofys.
Piiriteoria	5	521302A	TTK/STO
Sähkömittaustekniikan perusteet	5	521109A	TTK/STO
Säätö- ja systeemitekniikka	5	470462A	TTK/Prosessi
LuK-tutkielma ja seminaari	10	764306A	Biofys.
Kypsyysnäyte	0	764395A	Biofys.

**Muut pakolliset opinnot (12 op)**

Fysikaalisten tieteiden esittely	1	766115P	Fysik. tieteet
ATK I	4	763114P	Teor. fys.
Kemian perusteet	4	780109P	Kemia
Kemian perustyöt	3	780122P	Kemia

**Valinnaiset opinnot (13,5 op)**

Vapaasti valittavia opintoja 13,5 op  
(jos valittu LuTK:n mat 40 op, niin 14 op)

## **Ohjeellinen lukujärjestys**

Biofysiikan opintojaksot luennoidaan 1. - 3. vuosikursilla pääsääntöisesti joka vuosi. Myöhemmillä kursseilla on osittain käytössä vuorovuosisijärjestelmä laitoksen lukujärjestyksen mukaan. Tarkemmat tiedot ovat biofysiikan ilmoitustaululla. Muilla laitoksilla voi esiintyä opetuksessa vastaavia järjestelyjä. Opintoneuvoja on käytettävissä opintosuunnitelman laadinnassa. **Vuosikursseilla 1 ja 2 kannattaa opintojaksot valita esitetystä järjestyksestä!**

### **Pakolliset opintojaksot**

<b>1. syyslukukausi</b>	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>laitos</b>
Orientoivat opinnot	2	761011Y	Biofysiikka
Englannin kieli 1 <sup>1</sup> tai	2	902002Y	Kielikeskus
Saksan kieli 1	(2)	903003Y	Kielikeskus
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	766115P	Fysiikka
Fysiikan matematiikkaa	6	763101P	Teor. fysiikka
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	Fysiikka
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	763114P	Teor. fysiikka
Mekaniikka (jatkuu kevätlukukaudella)	3	766323A	Fysiikka
Matematiikan peruskurssi I	5	031010P	TTK/Matem. jaos
Matriisialgebra	3,5	031019P	TTK/Matem. jaos
<b>Yhteensä</b>	<b>29,5</b>		

### **1. kevätlukukausi**

Johdatus biofysiikkaan	5	764162P	Biofysiikka
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt (jatkuu syyslukukaudella)	4	766107P	Fysiikka
Mekaniikka (jatkoa syyslukukaudelta)	4	766323A	Fysiikka
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fysiikka
Matematiikan peruskurssi II	6	031011P	TTK/Matem. jaos
Differentiaaliyhtälöt	4	031017A	TTK/Matem. jaos
Piiriteoria I <sup>2</sup>	5	521302A	TTK/STO
<b>Yhteensä</b>	<b>32</b>		

### **2. syyslukukausi**

Ruotsi	2	901004Y	Kielikeskus
Säteilyfysiikka, -biologia ja -turvallisuus <sup>3</sup>	3	764317A	Biofysiikka
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt (jatkoa kevätlukukaudelta)	2	766107P	Fysiikka
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fysiikka
Kompleksianalyysi	4	031018P	TTK/Matem. jaos
Matemaattiset menetelmät	3	031044A	TTK/Matem. jaos
Sähkömittaustekniikan perusteet <sup>2</sup>	5	521109A	TTK/OEM
Kemian perusteet <sup>4</sup>	4	780109P	Kemia
Kemian perustyöt	3	780122P	Kemia
<b>Yhteensä</b>	<b>30</b>		



**2. kevätlukukausi**

Solujen biofysiikan perusteet	2	764115P	Biofysiikka
Biosysteemien analyysi	4	764364A	Biofysiikka
Spektroskooppiset menetelmät	5	764359A	Biofys/Fysiikka
Aaltoliike ja optiikka	6	766329A	Fysiikka
Tilastomatematiikka	5	031021A	TTK/Matem. jaos
Signaalit ja järjestelmät	5	031049A	TTK/Matem. jaos
Valinnaisia opintoja	n. 4		
<b>Yhteensä</b>	<b>30</b>		

**3. syyslukukausi**

Englannin kieli 2 <sup>5</sup> tai	2	902004Y	Kielikeskus
Saksa II	(2)	903005Y	Kielikeskus
Solukalvojen biofysiikka	6	764323A	Biofysiikka
Virtuaaliset mittaussympäristöt	5	764627A	Biofysiikka
Atomifysiikka	6	766326A	Fysiikka
Satunnaissignaalit	5	031024A	TTK/Matem.jaos
Valinnaisia opintoja	n. 5		
<b>Yhteensä</b>	<b>29</b>		

**3. kevätlukukausi**

Biofysiikan harjoitustyöt	5	764325A	Biofysiikka
LuK-tutkielma ja seminaari	10	764306A	Biofysiikka
Kypsyysnäyte	0	764395A	Biofysiikka
Aineen rakenne I	4	763333A	Fysiikka
Säätö- ja systeemitekniikka <sup>2,6</sup>	5	470462A	TTK/Prosessi
Valinnaisia opintoja	n. 6		
<b>Yhteensä</b>	<b>29,5</b>		

<sup>1</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 1 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kolme luentoaikaa: ti 8-10, to 8-10 tai to 10-12. Ks. tarkemmin <http://www.oulu.fi/kielikeskus/>

<sup>2</sup> Opintojaksot luetaan Biofysiikan pääaineopintoihin.

<sup>3</sup> Fysiikan opiskelijat voivat suorittaa opintojakson 761117P kuuntelemalla kurssin alkuosan ja suorittamalla loppukokeessa säteilyfysiikan osuuden.

<sup>4</sup> Opintojakson 780109P voi suorittaa alkukokeella.

<sup>5</sup> Opintojaksoa Englannin kieli 2 varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kaksi luentoaikaa: ma 12-14 tai 14-16. Ks. tarkemmin <http://www.oulu.fi/kielikeskus/>

<sup>6</sup> Vaihtoehtoisesti voi suorittaa sekä opintojakson 470460A että 470461A (yhteensä 10 op).

**FM-tutkinto (120 p)****Biofysiikka (kaksi koulutuslinjaa):****Koulutuslinja 1: Solujen ja molekyylien biofysiikka (SMBF)**

Solu- ja molekyyli-tason ilmiöiden biofysiikassa hankitaan sellaisia perustietoja, joita voi käyttää hyväksi modernissa tutkimuksessa ja biotekniikan tuotekehityksessä. Biofysiikan oman alan tutkimuksen lisäksi biolääketieteellinen perus- ja soveltava

utkimus - sekä yliopistoissa ja muissa tutkimuslaitoksissa että alan yritystoiminnassa - tarvitsee jatkuvasti henkilöitä, joilla on vahva fysikaalis-matemaattinen pohja ja riittävät biofysikaaliset tiedot ja taidot solujen ja molekyylien tutkimukseen.

### Koulutuslinja 2: Lääketieteen tekniikkaan liittyvä biofysiikka (LKTBF)

Koulutuslinjan koordinoitua tehdään yhteistyössä WellTech Oulu -instituutin kanssa ja sen tavoitteena on antaa valmiuksia toimia poikkitieteellisissä biofysiikkaa, tekniikkaa ja lääketiedettä sisältävissä hankkeissa. Koulutuslinja antaa mahdollisuuden sijoittua lääketieteen tekniikan alan projekteihin ja tutkimushankkeisiin työelämässä, tutkimuslaitoksissa, teollisuudessa ja sairaaloissa. Lääketieteen sovellukset tarjoavat haastavia ja monipuolisia työmahdollisuuksia. Alan teknillinen kehitys etenee nopeasti ja vienti kasvaa. Lääketieteen tekniikan yritykset työllistävät Suomessa jo tuhansia. Oulun yliopisto on ainoa Suomen yliopisto, jossa on lääketieteellinen, teknillinen ja luonnontieteellinen tiedekunta, ja tämä mahdollistaa lääketieteen tekniikan monipuolisen opiskelun ja tutkimustoiminnan.

### **Syventävät opinnot biofysiikassa**

(vähintään 80 p)

<b>Kaikille pakolliset (30 op)</b> (LuK-vaiheen valinnaisten mukaan)	<b>op</b>	<b>koodi</b>	<b>laitos</b>
Biosysteemien simulointi	4	764668S	Biofysiikka
Biofysiikan tutkimusprojekti	10	764651S	Biofysiikka
Biofysiikan syventävät harjoitustyöt	5	764626S	Biofysiikka
Termofysiikka	6	766328A	Fysiikka
Anturit ja mittausmenetelmät	5	521124S	TTK/STO
<b>Pakollisia solujen ja molekyylien linjalla</b>	<b>13</b>		
Hermoston tiedonkäsittely	5	764680S	Biofysiikka
Lineaaristen ja epälineaaristen systeemien identifiointi	8	764628S	Biofysiikka
<b>Pakollisia lääketieteen tekniikan linjalta</b>	<b>11</b>		
Lääkintälaitetekniikka	3	764369A	Biofysiikka
Bioelektroniikka	4	764660S	Biofysiikka
Lääketieteellinen fysiikka	4	764633S	Biofysiikka
<b>Lisäksi vähintään 8 op seuraavista</b> (suositukset eri linjoilla suluisissa)			
Hermoston tiedonkäsittely (LKTBF)	5	764680S	Biofysiikka
Lineaaristen ja epälineaaristen systeemien identifiointi (LKTBF)	8	764628S	Biofysiikka
Lääkintälaitetekniikka (SMBF)	3	764369A	Biofysiikka
Bioelektroniikka (SMBF)	4	764660S	Biofysiikka

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Lääketieteellinen fysiikka ( <b>SMBF</b> )	4	764633S	Biofysiikka
Bioprosessien dynamiikka ( <b>LKTBF</b> )	4	764631S	Biofysiikka
Patch-clamp tekniikat ( <b>SMBF</b> )	3	764641S	Biofysiikka
Intrasellulaariset rekisteröinnit ( <b>SMBF</b> )	3	764640S	Biofysiikka
Molekyylien biofysiikka ( <b>SMBF</b> )	4	764619S	Biofysiikka
Hemodynamiikka ( <b>LKTBF</b> )	4	764620S	Biofysiikka
Lääketieteelliset mittaukset ( <b>LKTBF</b> )	5	521126S	TTK/STO
Optoelektroniset mittaukset ( <b>SMBF</b> )	4	521238S	TTK/STO
Mikroanturit ( <b>LKTBF</b> )	4	521228S	TTK/STO
Ultraäänitekniikka ( <b>LKTBF</b> )	3	521127S	TTK/STO
Elektroninen mittaustekniikka ( <b>SMBF</b> )	6	521117A	TTK/STO
NMR-spektroskopia ( <b>SMBF</b> )	5	761663S	Fysiikka
Molekyyli-fysiikka( <b>SMBF</b> )	3	761661S	Fysiikka
Tietokonetekniikka ( <b>SMBF ja LKTBF</b> )	4	521267A	TTK/STO
<b>Pro gradu -tutkielma</b>	35	764697S	
Kypsyysnäyte	0	764695S	Biofysiikka
<b>Muut opinnot, enint. 40 op</b>			
<i>(riippuen pääaineen opintojen laajuudesta)</i>			
<b>Kaikille pakolliset:</b>			
ATK IV (tai vast. ohjelmointikurssi)	6	763616S	Teor. fys.
<b>Suosittelavia valinnaisia kursseja:</b>			
<b>Lääketieteen tekniikan erikoistumislinjalla</b>			
ATK II	4	763315A	Teor. fys.
ATK III	6	763641S	Teor. fys.
Fysiologia (ilm. töitä/työt muk.)	12/15	040102A	LTK/Fysiologia
Sovellettu diagn. radiologia	3	080911A	LTK/Lääk.tekn.
Sovellettu biomekaniikka	3	080913A	LTK/Lääk.tekn.
Digitaalinen kuvankäsittely	5	521467S	TTK/STO
Digitaaliset suodattimet	5	521337A	TTK/STO
Prosessien säätötekniikka I	5	470431A	TTK/PO
Matemaattinen signaalinkäsittely	6	031028S	TTK/STO
Tilastollinen signaalinkäsittely	5	521337A	TTK/STO
Optoelektronikka	4	521450S	TTK/STO
Lääketieteen laitteiden suunnittelu	5	462054S	TTK/KO
Biosignaalien käsittely	4	521273S	TTK/STO
<b>Suosittelavia valinnaisia kursseja:</b>			
<b>Solujen ja molekyylien erikoistumislinjalla</b>			
ATK II	4	763315A	Teor. fys.
ATK III	6	763641S	Teor. fys.
Johdatus orgaaniseen kemiaan	6/4	780103P/ 780112P	Kemia
Biomolecules (engl.)	5	740148P	Biokemia
Aineenvaihdunta I	4	740149P	Biokemia
Fysiologia (ilm.töitä/työt muk.)	15	040102A	LTK/Fysiologia

Digitaaliset suodattimet	5	521337S	TTK/STO
Matemaattinen signaalinkäsittely	6	031028S	TTK/STO
Tilastollinen signaalinkäsittely	5	521337A	TTK/STO
Matemaattinen mallintaminen	10	800337A	Matematiikka
Numeriikan peruskurssi I	6	801387A	Matematiikka
Numeriikan peruskurssi II	4	801388A	Matematiikka

### **Erikoistumislinjojen opinnot**

Opintojaksojen valinnoissa kannattaa pyrkiä sivuainekokonaisuuksiin (Luonnon-tieteellisen tiedekunnan myöntämässä  $\geq 15$  op. Muiden tiedekuntien myöntämässä sivuaineissa voi opintopisteraja olla suurempi). Näihin voi sisällyttää (sopimuksen mukaan) myös syventäviä seminaareja. Valinnoista neuvotellaan opiskelija-kohtaisesti biofysiikan professorin kanssa. On huomattava, että sivuainekokonaisuuksia ei voi yhdistää LuK- ja FM-tutkintojen kursseista!

Mikäli biofysiikan pääaineopiskelija haluaa suorittaa myös aineenopettajan tutkinnon, tulisi FM-tutkintoon pääsääntöisesti sisällyttää huomattavasti yli 120 op:n suoritukset, joka ei ole mahdollista. Tässä tapauksessa osa opinnoista tulee suorittaa ylimääräisinä opintoina ja opiskelijan tulee pyytää näistä opinnoista erillinen todistus.

Biofysiikan suuntautumisvaihtoehdon tavoitteena on kouluttaa asiantuntijoita Huomattakoon, että jos aikoo suorittaa tutkinnon suuntautumisvaihtoehdossa Fysiikan tietotekniikka (biofysiikka pääaineena), valinnaiset kurssit on valittava sen mukaan (asiasta neuvoteltava opintoneuvojan ja biofysiikan professorin kanssa).

### **Suositteluvia sivuaineopintokokonaisuuksia**

<b>Fysiologia</b>	op	koodi	laitos
Fysiologia	15	040102A	LTK

Kurssin järjestää LTK/fysiologian laitos. Tarkemmat tiedot fysiologian toimiston kautta.

<b>Signaalinkäsittely</b>	op	koodi	laitos
Satunnaissignaalit	5	031024A	TTK/Mat. jaos
Matemaattinen signaalinkäsittely	6	031028S	TTK/Mat. jaos
Signaalit ja järjestelmät	5	031049A	TTK/Mat. jaos
Digitaaliset suodattimet	5	521337S	TTK/STO
Biosignaalien käsittely	4	521273S	TTK/STO

Sivuaine koostuu ylläolevista kursseista muodostuvasta vähintään 15 op:n kokonaisuudesta. Merkinnän antaa sähkö- ja tietotekniikan koulutusohjelman opintoneuvoja.

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

<b>Lääketieteellinen fysiikka</b>	op	koodi	laitos
Säteilyfysiikka, -biologia ja turvallisuus	3	764117P	Biofysiikka
Säteilyfysiikka, -biologia ja turvallisuus	3	764317A	Biofysiikka
Lääketieteellinen fysiikka	4	764633S	Biofysiikka
Hermoston tiedonkäsittely	5	764680S	Biofysiikka
Johdatus lääketieteen tekniikkaan kliinisessä lääketieteessä	6	080901A	LTK/Lääk.tekn.
Sovellettu diagnostinen radiologia	3	080910A	LTK/Lääk.tekn.
Sovellettu biomekaniikka	3	080913A	LTK/Lääk.tekn.
Sovellettu kliininen kemia	3	080914A	LTK/Lääk.tekn.
Projektityö	2-15	080915A	LTK/Lääk.tekn.
Digitaalinen kuvankäsittely	5	521467S	TTK/STO
Digitaaliset suodattimet	5	521337S	TTK/STO
Lääketieteelliset mittaukset	5	521126S	TTK/OEM
Ultraäänitekniikka	3	521127S	TTK/OEM

Sivuaine koostuu ylläolevista kursseista muodostuvasta vähintään 15 op:n kokonaisuudesta. Merkinnän antaa biofysiikan professori.

<b>Lääketieteellinen tekniikka</b>	op	koodi	laitos
Spektroskooppiset menetelmät	5	764359A	Biofysiikka
Lääkintälaitetekniikka	3	764369A	Biofysiikka
Johdatus lääketieteen tekniikkaan kliinisessä lääketieteessä	6	080901A	LTK
Sovellettu biomekaniikka	3	080913A	LTK/Lääk.tekn.
Sovellettu kliininen kemia	3	080914A	LTK/Lääk.tekn.
Projektityö	2-15	080915A	LTK/Lääk.tekn.
Digitaalinen kuvankäsittely	5	521467S	TTK/STO
Digitaaliset suodattimet	5	521337S	TTK/STO
Lääketieteelliset mittaukset	5	521126S	TTK/OEM
Ultraäänitekniikka	3	521127S	TTK/OEM
Mikroanturit	4	521228S	TTK/MEM
Elektroniiikan työ	6	521441S	TTK/STO
Laitesuunnittelu	5	521405S	TTK/STO
Optoelektroniset mittaukset	4	521238S	TTK/OEM
Lääketieteen laitteiden suunnittelu	5	462054S	TTK/KO

Sivuaine koostuu ylläolevista kursseista muodostuvasta vähintään 15 op:n kokonaisuudesta. Merkinnän antaa biofysiikan professori.

## Biofysiikan kurssikuvaukset

Opettajien sähköpostiosoite on muotoa **etunimi.sukunimi@oulu.fi**  
Kurssit ovat **aakkosjärjestyksessä**.

### Biofysiikan perusopinnot

#### Johdatus biofysiikkaan 5 op / 3 ov (764162P)

Kurssin tavoitteena on antaa johdatus biologiaan biofysiikon näkökulmasta, sekä kuvata perusteet systeemiajattelusta, biofysiikasta ja siihen liittyvistä menetelmistä, malleista ja systeemianalyyseistä; esimerkiksi solujen ja molekyylien biofysiikan perusteista, virtausilmioista, biomekaniikasta ja eräistä erityiskysymyksistä.

*Työtavat:* 40 h lu, 18 h lask, viikkotehtävät, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot, luentomoniste. Lisäksi: J. Keener, J. Sneyd: *Mathematical Physiology*, Springer, Berlin, 1998 (osittain); M.J. Mela: *Johdatus biofysiikkaan*, Gummerus, Jyväskylä, 1969 (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssilla esitetyt perusteet on hyvä hallita ennen muiden biofysiikan kurssien suorittamista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen LuK) ja biofysiikkaa sivuaineena opiskelevat.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

#### Solujen biofysiikan perusteet 2 op / 1 ov (764115P)

Kurssilla käydään läpi solujen toiminta biofysiikon näkökulmasta. Tämä tarkoittaa keskittymistä energia-aineenvaihduntaan, informaation siirtoon ja sellaisiin solujen rakenteellisiin piirteisiin, jotka ovat biofysiikallisesti kiinnostavia. Läpikäytäviä asioita ovat mm. johdatus solujen fysikaaliseen kemiaan, solujen ja solukalvojen rakenne (solubiologian perusteet), solujen energialähteet ja aineenvaihdunta, aineiden kuljetus solujen sisällä, entsyymien katalysoimien reaktioiden kinetiikka, solukalvon perustoinnatt (aineiden kuljetus- ja siirtoilmiöt), johdatus solukalvon sähköisten ilmiöiden tutkimiseen, ja solujen informaationkäsittelyn perusteet.

*Työtavat:* 14 h lu, 6 h harj., viikkotehtävät

kotitentti, loppuentti

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomoniste, P.J. Antikainen, *Biotieteiden fysikaalista kemiaa*, WSOY, Helsinki 1981 (osittain); J. Heino ja M. Vuento, *Solubiologia*, WSOY, Porvoo 2002 (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Johdatus biofysiikkaan (764162P) suositellaan suoritettavaksi ennen tätä kurssia. Johtaa luontevasti kurssiin Solukalvojen biofysiikka (764323A).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevät. Pakollinen biofysiikan pääaineopinnoissa (LuK) ja 25 op (approbatur) sivuainekokonaisuudessa.

*Vastuuhenkilö:* biofysiikan yliassistentti

#### Säteilyfysiikka, biologia ja -turvallisuus 3 (2\*) op / 2 (1\*) ov (764117P)

##### \*761117P Säteilyfysiikka

Kurssin tavoitteena on antaa perusteet säteilysuojeluun ionisoivan säteilyn käytössä teollisuudessa ja tutkimuksessa. Kurssilla käsitellään röntgensäteilyn ja radioaktiivisten aineiden ominaisuuksia, biologisen vaikutuksen perusteita ja lainsäädäntöä. Kurssi antaa valmiudet suorittaa vastaavan johtajan kullustelu.

*Työtavat:* 30 h lu, 10 harj, kotitentti, tentti

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot, luennoilla jaettava monisteet

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Sopii peruskurssiksi, mutta myös aineopintoihin säteilynkäyttöä varten.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. syksy. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen LuK) ja ne fysiikan opiskelijat, joille kurssi 761117P säteilyfysiikka on pakollinen, sekä lääketieteen tekniikan ohjelman opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko ja biofysiikan yliassistentti

## Biofysiikan aineopinnot

### Biofysiikan harjoitustyöt 5 op / 3 ov (764325A)

(aikaisemmin Biofysiikan harjoitustyöt I ja II  
6 op / 3 ov tai 4 op / 2 ov)

Töiden tarkoituksena on perehdyttää eräisiin biofysiikan keskeisiin kysymyksiin ja niiden ratkaisumenetelmiin. Työt ja niihin kuuluvat esitehtävät ovat hieman vaativampia kuin biofysiikan harjoitustyöt Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt -kursseissa ja vaativat opiskelijalta enemmän oma-aloitteista työskentelyä.

*Työtavat:* 5 harjoitustyötä n. 30 h, 5 työselostusta, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Harjoitustyömoniste

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt (766107P) suositellaan suoritettavaksi ennen tätä kurssia.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen LuK) ja biofysiikkaa sivuaineena opiskelevat

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan yliassistentti

### Biosysteemien analyysi 4 op / 2,5 ov (764364A)

(aikaisemmin 3 op / 2 ov)

Kurssin tarkoituksena on antaa opiskelijalle valmius analysoida yksinkertaisia biologisia systeemejä ja ilmiöitä mallien ja analogioiden avulla, myös systeemin identifikaation ja takaisinkytkennän perusteita käsitellään. Kurssissa hyödynnetään siirtofunktio- ja impedanssikäsitettä.

*Työtavat:* 30 h lu, 15 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot ja luentomateriaali sekä William B. Blesser: A Systems Approach to Biomedicine, McGraw-Hill, New York 1969 (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Johdatus biofysiikkaan (764162P) suositellaan suoritettavaksi ennen tätä kurssia. Laplace-muunnoksen hallitseminen on hyödyksi.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen LuK) ja biofysiikkaa sivuaineena opiskelevat

*Vastuuhenkilö:* Mika Kauranen

### Kypsyysnäyte 0 op (764395A)

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen alaan ja suomen tai ruotsin kielen taitoa.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla

hyväksyty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena LuK-tutkintoon.

### LuK-tutkielma ja seminaari 10 op / 5 ov (764306A)

Kurssi on LuK-tutkinnon päätetyö. Kurssin tarkoituksena on totuttaa opiskelija itsenäiseen työskentelyyn työelämän käyttämin projektimenetelmiin. Lisäksi kurssi perehdyttää laatimaan laajahkon raportin suoritettavasta työstä ja harjoituttaa raportin suulliseen esittämiseen. Projektityön suoritettuaan opiskelija on työmarkkinoilla halutumpi kuin sellainen henkilö, jolla ei ole käytännön työkokemusta omalta alalta. Tutkielmaan kuuluu myös kurssimainen osuus, jonka tarkoituksena on perehdyttää opiskelija projektityöskentelyn ja luovan työn menetelmiin ja seuraaviin asioihin: informaationhaku, tieteellinen kirjoittaminen, apurahat, työnhaku.

(Tiedekirjasto Telluksen osuus 0,5 op:

Sisältö: Tiedonlähteet ja tiedonhakuprosessi, tiedonlähteiden arviointi, tiedonhankintatehtäviä. Toteutus: lähi- ja verkko-opetuksena, edellyttää läsnäoloa lähiopetuksessa ja kurssitehtävien suorittamista.)

*Työtavat:* Opiskelija osallistuu laitoksen sisäiseen tai ulkopuoliseen projektiin (myös yrityksissä), ja laatii siitä raportin, jonka hyväksyminen edellyttää seminaarin pitämistä työn aiheesta. Kurssimainen osuus toteutetaan luentoina/ryhmätyöskentelynä ja itseopiskeluna.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Kulloinkin kyseessä olevaan työhön tarvittava materiaali, jonka opiskelija valitsee yhdessä projektin ohjaajan kanssa. Projektityöskentelyn moniste.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen LuK).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

### Lääkintälaitetekniikka 3 op / 2 ov (764369A)

Kurssilla käsitellään tärkeimpiin diagnostiikka- ja hoitolaitteisiin liittyvää tekniikkaa. Kurssi antaa tarvittavan pohjakäsityksen kyseisten laitteiden toiminnasta niille opiskelijoille, jotka suuntautuvat lääketieteen tekniikkaan. Laite-esimerkkejä: biosähköilmiöiden mittaus-laitteet, verenpaineen ja virtauksen mittaus-laitteet, keuhkofunktion tutkimuslaitteet, operatiiviset tutkimus- ja hoi-

tolaitteet, fysikaaliset hoitolaitteet, säteilyteknilliset tutkimus- ja hoitolaitteet, laboratoriotutkimuslaitteet.

*Työtavat:* 30 h lu, 10 h demo, tai alueen kattava itseopiskeltava kirjallinen materiaali, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luentomoniste tai muu kurssilla määriteltävä kirjallisuus.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi kuuluu valinnaisiin koulutuslinjan 2 (lääketieteen tekniikkaan liittyvä biofysiikka) opintoihin.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Toisen vuoden kevästä neljännen vuoden kevääseen. Kurssi järjestetään ilmoittautumisten pohjalta. Koulutuslinjan 2 (pakollinen FM LKTBF) biofysiikan opiskelijat ja lääketieteen tekniikan ohjelman opiskelijat tai valinnaisena opintona LuK-tutkintoon.

*Vastuuhenkilö:* Timo Jämsä ja biofysiikan professori

#### **Solukalvojen biofysiikka 6 op / 3 ov (764323A)**

*(aikaisemmin 4 op / 2 ov)*

Kurssin tavoitteena on perehdyttää opiskelija keskeisiin solukalvojen biofysiikkaisiin ilmiöihin, kuten: solukalvon fysikaalinen rakenne ja ominaisuudet, kalvolipidit ja proteiinit, permeaatio ja selektiivisyys, ionikanavat ja kanavakinetiikka. Lisäksi perehdytään solukalvojen mittauksien teoriaan ja signaalien analyysimenetelmiin

*Työtavat:* 20 h lu, 12 h lask, 20h semin, viikkotehtävät, tentti, kotitentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot; J. Keener, J. Sneyd: *Mathematical Physiology*, Springer, Berlin, 1998 (osittain); D. Johnston, S. Wu: *Foundations of Cellular Neurophysiology*, MIT Press, Cambridge MA, 1995 (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Johdatus biofysiikkaan (764162P) suositellaan suoritettavaksi ennen tätä kurssia. Tämä kurssi antaa tarvittavaa pohjatietoa kurssille Hermoston tiedonkäsittely (764680S).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. syksy. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen LuK) ja biofysiikkaa sivuaineena opiskelevat

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan yliassistentti

#### **Spektroskooppiset menetelmät 5 op / 3 ov (764359A)**

*(aikaisemmin 3 op / 2 ov)*

Opintojaksossa käydään läpi massa-, IR- ja NMR-spektroskopian sekä röntgenanaly-

tiikan ja kaasukromatografian perusteet. Tavoitteena on, että opiskelija tietää opintojakson suoritettuaan, minkälaisen fysikaalisten / biofysiikkaisien ilmiöiden tutkimukseen ao. menetelmät soveltuvat ja minkälaista informaatiota tutkittavan systeemin ominaisuuksista niillä voidaan saada.

*Työtavat:* 46 h lu, 24 h lask ja dem, 2 vk.

*Luentomateriaali:* Jaetaan opintojakson edistytessä.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatietoja ei edellytetä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. kevät. Opintojakso on pakollinen biofysiikan opiskelijoille (LuK) Opintojakso kuuluu myös fysiikan valinnaisiin opintoihin ja sitä suositellaan etenkin niille, jotka aikovat suuntautua jollekin atomi, molekyyli- ja materiaalfysiikan suuntautumisvaihtoehdon erikoistumislinjalle.

*Vastuuhenkilö:* prof. Jukka Jokisaari

#### **Säteilyfysiikka, biologia ja -turvallisuus 3 op / 2 ov (764317A)**

Ks. Säteilyfysiikka, biologia ja -turvallisuus (764117P)

#### **Työharjoittelu 3–9 op / 2–6 ov (764337A)**

Oletko löytänyt sellaista (kesä)työtä, joka tukee biofysiikan opiskelua ja jonka laitos voi hyväksyä työharjoitteluksi? Siinä tapauksessa yksi harjoittelukuukausi vastaa puolta toista opinto-pistettä. Työharjoittelusta voi sisältyä perustutkinnon (LuK tai FM) opintopistemäärään (180/120 op) kolme opintopistettä, loput jäävät ylimeneviin opintopisteisiin.

*Kohderyhmä:* valinnainen

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

#### **Virtuaaliset mittausympäristöt 5 op / 3 ov (764627A)**

Kurssin tavoite on perehdyttää opiskelija tärkeimpien tutkimustoiminnassa (myös yrityspuolella) käytössä oleviin työkaluihin. Kurssilla siis tutustutaan eräisiin mittaus- ja analyysiohjelmistoihin ja niiden ohjelmallisiin kehittämiin (esim. MATLAB, LabView).

*Työtavat:* 10 h luentoja ja n. 60 tuntia työskentelyä pienissä projekteissa, joissa perehdytään eri työkalujen toimintaan ratkaisemalla niillä annettuja tehtäviä.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot; Annettavien projektitehtävien kuvaukset; ko. työkalujen opaskirjat (enimmäkseen englanniksi)



*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Työkaluja tarvitaan erityisesti tutkimusprojekteissa ja pro gradu -työssä, joten tämä kurssi on syytä suorittaa niitä ennen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. syysk. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen, LuK).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

### **Biofysiikan syventävät opinnot**

#### **Bioelektroniikka 4 op / 2,5 ov (764660S)**

*(aikaisemmin 3 op / 2 ov)*

Kurssi perehdyttää opiskelijan biosähkösignaalien mittauksiin käytettäviin elektrodeihin ja vahvistinratkaisuihin, signaalien prosessointiin, biosähkösignaalien muodostumiseen ja signaalien etenemiseen tilavuusjohteessa.

*Työtavat:* 20 h lu, MatLab-pohjaista ohjelmointia 10 h, 15 h lask tai muu harj., tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* luentomoniste. Semmlöv J.: Circuits signals and systems for bioenergetics, Elsevier Academic Press, 2005. Electronic Signal Processing, osat I-IV, The Open University Press, Milton Keynes 1984.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi kuuluu lääketieteen tekniikkaan liittyvään biofysiikan opintokokonaisuuteen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen erikoistumislinjalla 2, LKTBF)

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

#### **Biofysiikan syventävät harjoitustyöt 5 op / 4 ov (764626S)**

*(aikaisemmin Biofysiikan harjoitustyöt III 4 op / 3 ov tai 5 op / 4 ov)*

Töiden tarkoituksena on perehdyttää opiskelija eräisiin laajajakoihin biofysiikkaan mittauskokonaisuuksiin, jotka muodostavat töistä laajempia kuin Biofysiikan harjoitustyöt -kursissa. Kukin työ muodostaa pienehkön projektin, jonka loppuraporttina toimii työselostus.

*Työtavat:* 4 - 5 kpl laajajakoja harjoitustöitä keskeisistä biofysiikan tutkimusalueista, sisältäen esitehtäviä ja kirjallisen työselostuksen. Osa töistä on valinnaisia valitun koulutuslinjan mukaan ja mahdollisesti tapauskohtaisesti vaihtuvia.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Harjoitustyömoniste

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Biofysiikan harjoitustyöt 764325A suositellaan suoritett-

tavaksi ennen tätä kurssia. Suoritettua projektityöstä on etua.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. syysk. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen FM).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

#### **Biofysiikan tutkimusprojekti ja seminaari 10 op / 6 ov (764651S)**

Kurssi antaa opiskelijalle kuvan tutkimusryhmässä suoritettavasta tutkimus- tai tuotekehitystyöstä. Työtavat ovat samoja kuin alan työelämässä käytetään ja kurssiin kuuluva työn sisältö onkin ryhmän oikeaan toimintaan läheisesti liittyvää. Kurssi voidaan sopimuksesta liittää esimerkiksi kesätyöhön tai harjoitteluun.

*Työtavat:* Projektin aikana opiskelijat tekevät tutkimus- tai, sisältäen työstä laadittavan yhteenvedon. Työ tehdään jossakin biofysiikan professorin kanssa sovittavassa projektissa.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Projektiin liittyvä työssä tarvittava materiaali (sovitaan erikseen).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Projektityö ja seminaari (764390A) on suoritettava ennen tätä kurssia. Kurssi voi liittyä samaan aihepiiriin kuin pro gradu -tutkielma ja tällöin tutkielma kannattaa tehdä heti tutkimusprojektin perään.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen FM).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

#### **Bioprosessien dynamiikka 4 op / 2,5 ov (764631S)**

*(aikaisemmin 3 op / 2 ov)*

Kurssi perehdyttää opiskelijan biosysteemien käsittelyyn kompartmenttien ja näiden välillä tapahtuvien virtojen avulla. Sisältönä esim.: aineiden siirtyminen biologisten alisysteemien välillä, perusteoriaa mm. merkkiainetekniikassa. Kurssi perustuu lineaaristen differentiaaliyhtälöryhmien käsittelyyn.

*Työtavat:* 30 h lu, 15 h lask, kotitentti, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot. Jacques, J.M.: Compartmental Analysis in Biology and Medicine, Elsevier Publishing Company, Amsterdam 1972.; (oheislukemistona) F. Kajiya, S. Kodama, and H. Abe (eds.): Compartmental Analysis: Medical Applications and Theoretical Background, Karger, Basel 1984.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Differentiaaliyhtälöiden hallinta on eduksi. Kurssi antaa tarvittavaa pohjatietoa mm. kurssille 764668S Biosysteemien simulointi.  
*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. kevät. Biofysiikan opiskelijat (valinnainen FM).  
*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan yliassistentti

**Biosysteemien simulointi 4 op / 2,5 ov (764668S)**

*(aikaisemmin 3 op / 2 ov)*

Kurssi perehdyttää opiskelijan lineaaristen ja epälineaaristen differentiaaliyhtälöiden avulla kuvattaviin biosysteemeihin ja -säätöpiireihin ja antaa perusteet tällaisten systeemien mallintamiseen ja simuloimiseen.

*Työtavat:* 8 h lu, 4 simulointiharjoitusta. Arvostelu simulointiraporttien perusteella.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Kurssimoniste; M.C.K. Khoo: Physiological Control Systems, IEEE Press, New York, 2000; P. Doucet, P.B. Sloep: Mathematical modeling in the life sciences, Ellis Horwood limited, Chichester, 1992 (osittain); Finkelstein, Carson: Mathematical Modelling of Dynamic Biological Systems, Research Studies Press, Oregon, 1979 (osittain); J. Schwarzenbach, K.F. Gill: System Modelling and Control, 2. painos, Edward Arnold, Lontoo, 1984 (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Pohjatieto säätö- ja systeemitekniikan perusteista on eduksi. Kurssit Bioprosessin dynamiikka (764631S) sekä Virtuaaliset mittausympäristöt (764627A) suositellaan suoritetuksi ennen tätä kurssia. Matlab™-ohjelmiston käytön tunteminen on eduksi.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen FM).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Hemodynamiikka 4 op / 2 ov (764620S)**

*(aikaisemmin 2 op / 1 ov)*

Kurssilla opitaan verenkierron keskeiset fysikaaliset ominaisuudet, sydämen toiminnan biofysiikka, verenkierto, paine- ja virtaussyureet verenkierrossa, laminaarisuus ja turbulenssi, keskeiset menetelmät verenkiertojärjestelmän tutkimiseksi ja mallintamiseksi.

*Työtavat:* 20 h lu ja 15 h lask, tai vastaava määrä pienryhmätyöskentelyä, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot ja luentomoniste.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Differentiaaliyhtälöiden ja aaltoliikkeen fysiikan hallinta on

eduksi.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. syksy. Biofysiikan opiskelijat (valinnainen FM, suositeltava LKTBF-linjalla).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Hermoston tiedonkäsittely 5 op / 2,5 ov (764680S)**

*(aikaisemmin 4 op / 2 ov)*

Kurssi antaa perusteet hallita hermoston tiedonkäsittelyyn liittyvät funktiot, esimerkiksi: hermosolujen kalvotapahtumat, synaptiset toiminnot, hermosolujen signaalit, neuronin informaatio. Lisäksi käsitellään kliinisen neurofysiologian perusteita, hermoverkko-teoriaa, ja eräitä erityiskysymyksiä.

*Työtavat:* 30 h lu, 15 h lask, tentti, kotitentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot; J. Keener, J. Sneyd: Mathematical Physiology, Springer, Berlin, 1998 (osittain); D. Johnston, S. Wu: Foundations of Cellular Neurophysiology, MIT Press, Cambridge MA, 1995 (osittain). C. Koch: Biophysics of Computations (osittain).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Solukalvojen biofysiikka 764323A suositellaan suoritettavaksi ennen tätä kurssia.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. syksy. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen FM, SMBF) ja biofysiikkaa sivuaineena opiskelevat.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Intrasellulaariset rekisteröinnit 3 op / 2 ov (764640S)**

Kurssin tavoitteena on perehdyttää opiskelija solunsisäisen rekisteröinnin menetelmään ja sen muunnoksiin (esim. jännite-lukitusmenetelmiä) sekä teoreettisesti että käytännössä.

*Työtavat:* 10 h lu, 20 h harjoitustöitä tai pienryhmäopetusta, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot ja pienryhmäopetukset. Oppikirja: Microelectrode Techniques, toim. D. Ogden, Company of Biologists, Cambridge 1994 (tai uudempi).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Valinnainen. Solukalvon biofysiikka ja Hermoston tiedonkäsittely -kurssit ovat välttämättömiä edellytyksiä kurssille osallistumiselle.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Järjestetään sopimuksen ja tarpeen mukaan etupäässä neljännen vk:n tai sitä vanhemmille opiskelijoille koulutuslinjalla 1 (SMBF), tai jatko-opintoihin liittyvänä kurssina.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Kypsyysnäyte 0 op (764695S)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen alaan.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksytty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena FM-tutkintoon.

**Lineaaristen ja epälineaaristen systeemien identifiointi 8 op / 4 ov (764628S)**

(aikaisemmin 6 op / 4 ov)

Kurssilla perehdytään systeemien toiminnan matemaattisiin perusteisiin. Tavoitteena on opiskelijan kyky itsenäiseen systeemi-analyyysiin. Kurssilla käsitellään lineaariset systeemit ja niiden kertaluku, differentiaaliyhtälöt ja tilaesitykset, epälineaaristen systeemien ominaisuuksia, lineaaristen systeemien identifiointi, epälineaaristen systeemien identifiointia Volterran ja Wienerin kernelien määrittämisen avulla, deterministinen kaaos ja sen analyysin perusteita. Projekteissa analysoidaan kaksi tietyn input-output -relaation systeemiä, toinen lineaarinen, toinen epälineaarinen.

*Työtavat:* 16 t lu tai pienryhmäopetusta ja 40 t projektityötä. Arvostelu projektiraporttien perusteella.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot, luentomoniste ja Systeemien identifikaatiomoniste (engl.kielinen). Oppikirja: Marmarelis V.Z.: Nonlinear dynamic modeling of physiological systems, IEEE Press, 2004. J. Bendat, Nonlinear system techniques and applications, Wiley, New York, 1998;

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Biosysteemin analyysi on välttämätön edellytys kurssille osallistumiselle.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5. kevät. Biofysiikan opiskelijat (pakollinen FM, SMBF). Suositellaan sivuaineopinnoiksi systeemi-analyysistä kiinnostuneille ja valinnaiseksi LKTBF-linjalle. Sopii myös jatko-opintoihin.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Lääketieteellinen fysiikka 4 op /2,5 ov (764633S)**

(aikaisemmin 3 op /2 ov)

Kurssin tavoitteena on perehdyttää opiskelija yleisimpiin sairaaloissa käytettäviin kuvauslaitteistoihin liittyvään fysiikkaan. Sisältönä on: röntgenkuvaus, tietokonetomografia, ultraäänitutkimukset, isotooppikuvaus, magneettikuvaus, termografia. Kuvausten periaatelaiteisto, kuvausominaisuudet, riski-

tekijät, sovellutukset.

*Työtavat:* 30 h lu, 15 h lask, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot; P.N.T. Wells (toim.): Scientific Basis of Medical Imaging, Churchill Livingstone, New York 1982

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Fysiikan peruskurssit ja Säteilyfysiikka, biologia ja -turvallisuus (764117P tai 764317A) on hyvä olla suoritettuna ennen tätä kurssia.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Neljännen vuoden syksystä viidennen vuoden kevääseen. Kurssi järjestetään ilmoittautumisten pohjalta. Koulutuslinjan 2 biofysiikan opiskelijat (pakollinen FM, LKTBF) ja lääketieteen tekniikan ohjelman opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan yliassistentti

**Molekyylien biofysiikka 4 op / 2 ov (764619S)**

Kurssi perehdyttää biosysteemeissä tavattavien molekyylien, veden, veden ioniliuosten ja orgaanisten makromolekyylien ominaisuuksiin ja niiden tutkimiseen.

*Työtavat:* 16 h lu, 12 h lask, tai pienryhmätyöskentelyä, kotitentti, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot ja luentomoniste; P.R. Bergethon: The Physical Basis of Biochemistry.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Solukalvojen biofysiikka (764323A) sekä Spektroskooppiset menetelmät (764359A) pitäisi olla suoritettuna.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4.-5 kevät. Biofysiikan opiskelijat (valinnainen FM, suositeltava SMBF-linjalla).

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Patch-clamp tekniikat 3 op / 2 ov (764641S)**

Kurssilla tutustutaan teoriassa ja käytännössä solukalvon yksittäisten ionikanavien ominaisuuksiin, ja opitaan käyttämään patch-clamp -rekisteröintiä muunnoksineen ionikanavien tutkimiseen. Kurssilla käsitellään myös solujen viljelyä, solujen eristämistä (primaariviljelmit), kudostutkimuksia, ionikanavien erottelua ja kineettistä analyysia, sekä solujen sisäistä perfuusiota.

*Työtavat:* 10 h lu, 20 h harjoitustöitä tai pienryhmäopetusta, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Luennot, Oppikirjat: Microelectrode Techniques, toim. D. Ogden, Company of Biologists, Cambridge 1994 (tai uudempi); Sakmann ja Neher,

Single-channel recording, Plenum, New York, 1995 (tai uudempi).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Valinnainen (SMBF). Solukalvon biofysiikka ja Hermoston tiedonkäsittely -kurssit ovat välttämättömiä edellytyksiä kurssille osallistumiselle.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Järjestetään sopimuksen ja tarpeen mukaan etupäässä neljännen vk:n tai sitä vanhemmille opiskelijoille koulutuslinjalla 1 (solujen ja molekyylien biofysiikka), tai jatko-opintoihin liittyvänä kurssina.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan yliassistentti

**Pro gradu -tutkielma 35 op / 18 ov (764697S)**

*(aikaisemmin 40 op / 20 ov)*

Pro gradu on pääaineopintojen lopputyö, jonka laadinta perustuu pääsääntöisesti omaan tutkimustyöhön, joka on kuitenkin tarkasti ohjattua.

*Työtavat:* Opiskelija perehtyy itsenäisesti ja ohjattuna johonkin biofysiikan osa-alueeseen ja laatii oman tutkimustyönsä perusteella tutkielman, jonka laajuus on n. 50 sivua. Tutkielman tarkastajat määrää tiedekunnan dekaani biofysiikan professorin esityksestä ja

tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitoneuvosto arvosanoilla approbatur...laudatur.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* pakollinen (FM), yleensä viidentenä opintovuonna.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

**Vuosittain vaihtuva aihe 3–9 op / 2–6 ov (764606S)**

Ajankohtaiset biofysiikoiden toimenkuvaan liittyvät asiat muuttuvat monesti kohtuullisen nopeasti. Tällä kurssilla voidaan käsitellä jotain olennaista uutta asiaa tai kokonaisuutta, joka ei sisälly muihin kursseihin.

*Työtavat:* Riippuvat aiheesta. Esim: luentoja, harjoituksia tai pieniä projekteja; sovittava erikseen professorin kanssa.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Ks. yllä

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Valinnainen. Aiheesta riippuen voi sisältää jotain kurssia läheisesti tukevaa materiaalia.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Aiheesta riippuen toisen vuoden kevästä neljännen vuoden kevääseen. Biofysiikan opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Biofysiikan professori

## Geofysiikan suuntautumisvaihtoehto

Geofysiikassa tutkitaan maapallon ja sitä ympäröivän lähiavaruuden fysikaalista rakennetta sekä niihin liittyviä fysikaalisia ilmiöitä kuten mannerliikuntoja, maapallon sisäisiä massaliikuntoja, maanjärityksiä, magneetikentän syntyä ja muutoksia, maapallon sisäisiä lämpöolosuhteita, veden kiertoa, jäätiköitä ja niiden muutoksia sekä merivirtoja. Geofysiikka jaetaan usein kiinteän maan, vesikehän ja ilmakehän sekä lähiavaruuden fysiikkaan. Oulun yliopiston geofysiikan osaston tutkimuksen ja opetuksen painoalueet ovat litosfääri-geofysiikka, laskennallinen geofysiikka ja sovellettu geofysiikka. Linjauksen mukaisesti osaston tutkimuksen ja opetuksen kohteena on maapallon ylimpien osien – maa- ja kallioperän sekä maan kuoren ja ylävaipan eli litosfäärin – rakenne, ominaisuudet ja niiden muutokset sekä näiden tutkimiseen tarvittavien geofysikaalisten menetelmien kehittäminen. Kiinteän maan geofysiikan sijaan opiskelija voi syventyä myös ympäristögeofysiikkaan tai valmiitua aineenopettajaksi.

Geofyysikko käyttää työssään etupäässä fysiikan menetelmiä, mutta erikoisalasta riippuen joudutaan turvautumaan monen muunkin tieteenalan apuun. Erityisesti geologian perusteiden ymmärtäminen on geofyysikolle tärkeää, sillä työtehtävät edellyttävät usein geologien ja geofyysikoiden välistä yhteistyötä ja eri menetelmien tuomien tulosten integrointia. Tietotekniikan käyttö on keskeisessä asemassa opetuksessa ja tutkimuksessa. Geofysiikan menetelmiä voidaan soveltaa lukuisiin taoudellisesti ja yhteiskunnallisesti tärkeisiin tehtäviin kuten malminetsintään, maa-

aines- ja pohjavesihuollon tarpeisiin, rakennustekniikkaan sekä erilaisiin ympäristötutkimuksiin. Tutkimustulosten avulla voidaan siten tarkemmin kohdentaa ja hallita erilaisten geologisten luonnonvarojen käyttöä, raaka-ainehuoltoa ja energiavaroja sekä selvittää ihmisen toiminnan ja maapalloa muokkaavien prosessien vuorovaikutusta.

## **Syventymiskohteet**

Opiskelija voi tavoitteensa mukaan valita LuK-tutkinnon suorittamisen jälkeen geofysiikan maisteriopinnoissa joko

- 1) **geofysiikan syventymiskohteen (FM-g)** tai
- 2) **ympäristögeofysiikan syventymiskohteen (FM-y)**

mukaiset opinnot. Syventymiskohteiden tarkemmat kuvaukset esitellään maisteriopintojen kuvauksen yhteydessä. LuK-opinnot ovat kaikille samat. LuK-opintojen vapaavalintaisten opintojen yhteydessä suositellaan valitsemaan syventymiskohteen mukaisia pääaine- ja sivuaineopintoja. Valinnassa auttavat osaston opintoneuvoja, oppiaineen vastaava professori sekä muu opetushenkilöstö.

Fysiikan ja matematiikan aineenopettajaksi on mahdollista opiskella geofysiikka pääaineena. Samoin fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehdon opintoja on mahdollista opiskella geofysiikka pääaineenaan. Tarkempi kuvaus näistä vaihtoehdoista löytyy fysikaalisten tieteiden koulutusohjelman kohdasta "Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehto" ja "Fysiikan tietotekniikan suuntautumisvaihtoehto".

## **Geofysiikan opiskelu ja opetus**

### **Opiskelu**

Geofysiikkaa pääaineena opiskelevien – niin kuin muidenkin fysikaalisten tieteiden koulutusohjelmassa opiskelevien – opinnot keskittyvät erityisesti ensimmäisenä, mutta myös toisena vuotena, fysiikan ja matematiikan sekä tietotekniikan ydinaineksen opiskeluun. Tässä vaiheessa perehdytään myös geofysiikan perusteisiin. Toisena ja varsinkin kolmantena vuotena opinnot keskittyvät geofysiikan aineopintoihin ja geologian sivuaineopintoihin sekä vapaasti valittaviin opintoihin. Kolmantena vuonna tehdään LuK-tutkintoon vaadittava opinnäytetyö. Opinnäyte koostuu LuK-tutkielmasta sekä sen aihepiiristä pidettävästä seminaariesitelmästä.

LuK-tutkinnon suorittaneet jatkavat geofysiikan opiskelua maisteriopinnoissa ja valitsevat joko geofysiikan tai ympäristögeofysiikan syventymiskohteen mukaiset opinnot. Maisterivaiheen opinnot ovat pääasiassa geofysiikan aineopintoja sekä syventäviä menetelmäopintoja. Tässä vaiheessa myös täydennetään sivuaineopintoja ja (5. vuosi) tehdään opinnäytetyö, joka koostuu pro gradu -tutkielmasta sekä sen aihepiiristä pidettävästä seminaariesitelmästä.

**Henkilökohtainen opintosuunnitelma (HOPS)** Tämän oppaan seuraavilla sivuilla kuvataan geofysiikan **opetussuunnitelma**. Se on opiskelijan "tiekartta" siitä mitä

opintojen tulee sisältää ja mitkä ovat tutkintojen vaatimukset. Opetussuunnitelmassa on esitetty pakolliset pää- ja sivuaineopinnot mukaan lukien tutkielmat sekä vapaasti valittavien opintosuoritusten määrä. Oulun yliopistossa jokainen opiskelija laatii opintojen alussa **henkilökohtaisen opintosuunnitelman (HOPS)**. Se on opiskelijan oma suunnitelma, "matkasuunnitelma ja aikataulu", siitä mitä, milloin ja miten opiskelija aikoo opintojaan suorittaa. Opiskelija asettaa itse opintotavoitteensa ja tekee niiden pohjalta opintosuunnitelmansa. Aluksi se tarkoittaa opiskeluaikataulun ja oman lukujärjestyksen laatimista. Opintojen myöhemmässä vaiheessa on tehtävä valintoja vaihtoehtoisten opintojaksojen välillä, valittava vapaasti valittavista opintojaksoista ne joiden katsoo parhaiten palvelevan omia opintojaan, suunniteltava maisterivaiheen opintoja ja tehtävä valintoja eri syventymiskohteiden välillä. HOPS:n pohjana kannattaa käyttää jäljempänä esiteltävää ohjeellista lukujärjestystä, joka perustuu eri laitosten ja tiedekuntien antamaan tietoon opetuksesta sekä kokemuksen tuomaan tietoon hyväksi havaitusta opintojen aikataulusta. Geofysiikoilla on esimerkiksi syytä olla hyvät pohjatiedot fysiikasta ja matematiikasta, jotta fysiikkaan perustuvan geofysiikan opinnoista saa irti parhaan mahdollisen tuloksen. Myöhemmin tarvitaan tietoa geofysiikan tutkimuskohteesta eli maankamaran geologisista ominaisuuksista. HOPS:n tekemiseen saa apua geofysiikan osaston opettajilta ja erityisesti opintoneuvojalta. Vanhemmilta opiskelijoilta kannattaa kysyä neuvoja.

**Opetusmuodot** Geofysiikan opetusmuotoja ovat luennot, laskuharjoitukset, kirjallisuustutkielmat, mallinnus- ja tulkintaharjoitukset, tietokonedemonstraatiot, maastomittaukset sekä harjoitustyöt. Koska geofysiikan laboratorio on yleensä neljän seinän ulkopuolella, kursseihin liittyvät harjoitustyöt edellyttävät usein maastomittauksia, jotka tehdään luentokurssin aikana opettajien opastuksella.

**Luentoajat** Geofysiikan osastolla on käytäntönä, että geofysiikan luentoajoista sovitaan lukukausien alussa pidettävissä "lukujärjestystilaisuuksissa". Tilaisuuksissa tiedotetaan myös muista opetukseen ja opintoihin liittyvistä ajankohtaisista asioista. Lukujärjestyspalaverien ajankohdat ilmoitetaan edellisen lukukauden lopussa. Samaa aikaan ilmoitustaululla kerätään alustavaa tietoa osallistujamääristä tulevan kauden suunnitelluille kursseille. Samassa yhteydessä opiskelijat voivat esittää toiveensa tarvittavista kursseista. Geofysiikan luennot pidetään pääosin osaston luento- ja seminaarisalissa GF319. (Huom! Luentosalin paikka on muuttunut keväällä 2007).

**Tenttikäytäntö** Geofysiikan opintojaksot suoritetaan pääsääntöisesti yhdellä loppuententillä, mutta eräät opintojaksot voi suorittaa välikokeilla tai muilla vaihtoehtoisilla suoritustavoilla. Välikokeita on yleensä kaksi, joista ensimmäinen pidetään opintojakson luentoperiodin puolen välin jälkeen ja toinen luentoperiodin loputtua. Jos opintojaksosta järjestetään välikokeet, niin lopputentti järjestetään luentoperiodin jälkeen ensimmäisenä tai sitä seuraavana osaston yleisenä tenttipäivänä. Tällöin lopputenttiin on ilmoitauduttava osaston yleisen käytännön mukaisesti (ks. ohjeet alemmalla).

Jos opintojakso suoritetaan vain lopputentillä, niin lopputentti järjestetään välittömästi opintojakson päätyttyä kurssilaisten kanssa sovittuna aikana joko osaston yleisenä tenttipäivänä tai jonain muuna päivänä. Tähän lopputenttiin ei tarvitse ilmoittautua erikseen.

Osastolla noudatetaan peruskurssien osalta pääsääntöisesti ns. kolmen tentin sääntöä. Ensimmäiseksi tentiksi katsotaan osallistuminen joko lopputenttiin tai välikokeisiin. Tämän jälkeen opintojaksosta järjestetään kaksi muuta tenttiä osaston yleisinä tenttipäivinä, ensimmäinen yleensä noin 1-2 kuukauden kuluttua päätetentistä ja toinen seuraavan lukukauden aikana. Näissä voi joko uusia hylätyn suorituksen tai korottaa arvosanaa. Tämän jälkeen seuraavat ko. opintojakson tentit järjestetään opintojakson seuraavan luentoperiodin jälkeen.

Moniin geofysiikan opintojaksoihin liittyy pakollinen harjoitustyö, jolloin opintojakson suoritusmerkinnän saa vasta kun opintojakso on tentitty ja harjoitustyö tehty hyväksytysti.

Joissakin kursseissa, joihin liittyy laskuharjoituksia, saa lasketuista laskuista lisäpisteitä ensimmäiseen tenttiin. Asiasta saa tarkemmat tiedot luennoitsijalta opintojakson alussa.

Geofysiikan yleisiä kuulustelutilaisuuksia järjestetään lukukausien aikana kerran kuukaudessa, yleensä kuukauden viimeisenä perjantaina klo 9 - 12 salissa GF319 ellei toisin ilmoiteta. Tenttien päivämäärät ilmoitetaan vuosittain osaston opetuksen kotisivuilla (<http://www.gf.oulu.fi/opiskelu.html>) sekä osaston ilmoitustaululla. Kuulusteluihin ilmoittaudutaan geofysiikan osaston ilmoitustaululla olevalla lomakkeella. Ilmoitustaulu on luentosalin GF319 vieressä (Fysiikankatu, porras J2, kolmas kerros). Ilmoittautumisaika päättyy edellisenä maanantaina klo 17. Ilmoittautuminen on sitova. Osaston kesätentit (kesäkuu ja elokuu) järjestetään keväällä ilmoitettavina aikoina. Molempiin kesätentteihin on ilmoittauduttava toukokuun loppuun mennessä osaston ilmoitustaululle.

Yleisenä tenttipäivänä ei aina eri syistä johtuen voida järjestää kaikkia tarvittavia kuulusteluja. Mahdollisista rajoituksista ilmoitetaan osaston ilmoitustaululla.

## **Tutkintojen rakenne**

<b>Geofysiikan tutkinto</b>	<b>LuK</b>	<b>FM-g</b>	<b>FM-y</b>
<b>PÄÄAINEEN OPINNOT: Geofysiikka</b>			
Pakolliset	41	26	36
Tutkielmat	10	35	35
Valinnaiset		24	13
<b>SIVUAINEOPINNOT (pakolliset):</b>			
Fysiikan ydinopinnot	40		
Matematiikan ydinopinnot	40		
Geologian perusopinnot	10	14	14
Tietotekniikka	16		
Valinnaiset <sup>1</sup>			20

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

VAPAAVALINTAISET OPINNOT <sup>2</sup>	15	21	2
YLEISOPINNOT:			
Kielet	6		
Orientoivat opinnot	2		
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>	<b>180</b>	<b>120</b>	<b>120</b>

<sup>1</sup> Ympäristögeofysiikan syventymiskohteessa on valittava 20 op:n verran opintoja geotekniikan (TTK), vesitekniikan (TTK) ja taloustieteiden alalta (TaTK). Luettelo valinnaisista opintojaksoista on esitetty jäljempänä sivuaineiden kuvauksen yhteydessä.

<sup>2</sup> Vapaaavalintaisiin opintoihin voi sisällyttää geofysiikan tai sivuaineiden opintoja.

FM-g = geofysiikan syventymiskohteen opintovaatimukset.

FM-y = ympäristögeofysiikan syventymiskohteen opintovaatimukset.

## Opinnot luonnontieteiden kandidaatin (LuK) tutkinnossa, 180 op

### geofysiikka pääaineena

Geofysiikan LuK-opintoja	koodi	op
Fysikaalisten tieteiden esittely (geofysiikan pääaineopinnot)	766115P	1
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt (geofysiikan pääaineopinnot)	766107P	6
GIS geotieteissä	762196P	5
Hydrologian perusteet	762193P	4
Johdatus kiinteän maan geofysiikkaan	762192P	5
Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät	762102P	8
Mittausaineiston käsittely	762304A	6
Petrofysiikka	762327A	5
Tiedonhankinta ja tieteellinen kirjoittaminen geofysiikassa	762187P	1
Kypsyysnäyte (kirjoitetaan opintojakson 762382A aiheesta)	762379A	0
Opinnäyte (LuK-tutkielma ja esitelmä)	762382A	10
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>51</b>

Fysiikan ydinopinnot		op
Aaltoliike ja optiikka	766329A	6
Atomifysiikka	766326A	6
Fysiikan matematiikkaa	763101P	6
Fysikaaliset mittaukset I	761121P	3



Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Mekaniikka	766323A	7
Sähkömagnetismi I	766321A	4
Sähkömagnetismi II	766322A	4
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>40</b>

<b>Matematiikan ydinopinnot<sup>1</sup></b>		<b>op</b>
---	--	-----------

<b>LuTK:n matematiikka</b>		
Analyysi II	800322A	8
Differentiaaliyhtälöt I	800345A	4
Lineaarialgebra I	802118P	5
Lineaarialgebra II	802119P	5
Matematiikan perusmetodit I	800147P	8
Valinnaisia matematiikan opintoja vähintään <sup>2</sup>		10
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>40</b>

<b>TTK:n matematiikka</b>		<b>op</b>
---------------------------	--	-----------

Differentiaaliyhtälöt	031017P	4
Kompleksianalyysi	031018P	4
Matematiikan peruskurssi I	031010P	5
Matematiikan peruskurssi II	031011P	6
Matriisialgebra	031019P	3.5
Tilastomatematiikka	031021P	5
Valinnaisia matematiikan opintoja vähintään <sup>3</sup>		12.5
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>40</b>

<sup>1</sup> Matematiikassa valitaan joko LuTK:n matemaattisten tieteiden laitoksen kokonaisuus tai TTK:n matematiikan jaoksen kokonaisuus. Valinnasta on syytä keskustella heti opintojen alussa osaston opintoneuvojan, oppiaineen vastaavaa professorin tai muiden opettajien kanssa. Aineenopettajan opintoja suunnittelevien on pääsääntöisesti valittava LuTK:n matematiikka. Myös TTK:n matematiikan opintoja voi sisällyttää aineenopettajan matematiikan opintoihin, mutta vastaavuuksista on keskusteltava matemaattisten tieteiden laitoksen opetuksesta vastaavan professorin kanssa.

<sup>2</sup> Valinta suositellaan tekemään joistakin seuraavista LuTK:n opintojaksoista: Analyysi I (800120P, 8 op) • Differentiaaliyhtälöt II (800346A, 4 op) • Kompleksianalyysi I (801385A, 4 op) • Kompleksianalyysi II (801386A, 4 op) • Numeriikan peruskurssi (801387A, 6 op) • Numeriikan peruskurssin harjoitustyö 1 (801388A, 2 op).

<sup>3</sup> Valinta suositellaan tekemään joistakin seuraavista TTK:n opintojaksoista: Matemaattiset menetelmät (031044A, 3 op) • Numeeriset menetelmät (031022P, 5 op) • Satunnaissignaalit (031024A, 5 op) • Optimoinnin perusteet (031025A, 5 op) • Variaatio-menetelmät (031026A, 5 op).

<b>Geologian opinnot</b>		<b>op</b>
Endogeeniset prosessit	771101P	4
Eksogeeniset prosessit	771109P	3
Maapallo osana maailmankaikkeutta	771100P	2
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>9</b>

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

<b>Tietotekniikan opinnot</b>		<b>op</b>
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	763114P	4
ATK II Numeerinen mallintaminen	763315A	4
Matematiikan ATK	801344A	8
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>16</b>
<b>Yleisopinnot</b>		<b>op</b>
Englannin kieli I	902002Y	2
Englannin kieli II	902004Y	2
Orientoivat opinnot	762085Y	2
Ruotsin kieli	901004Y	2
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>8</b>
<b>Vapaavalintaiset opinnot</b>		<b>op</b>
Vapaavalintaisia opintoja <sup>1</sup>		15
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>15</b>

<sup>1</sup> Valintoja tehtäessä suositellaan käymään keskusteluja geofysiikan osaston opintoneuvon ja fysikaalisten tieteiden laitoksen amanuenssin kanssa. Valinnoissa suositellaan otamaan huomioon myös LuK-tutkinnon jälkeisten maisteriopintojen (geofysiikka ja ympäristögeofysiikka) vaatimukset. Seuraavassa suositeltavia opintojaksoja.

**Geofysiikka:** Geofysiikan maisteriopintojen pakollisena olevat: Geofysikaaliset kentät (762303A, 8 op). Ympäristögeofysiikan syventymiskohteen maisteriopinnoissa on edellisen lisäksi pakollisena: Johdatus globaaliin ympäristögeofysiikkaan (762135P, 5 op) • Maa- ja kallioperän sähköiset tutkimusmenetelmät (762335A, 5 op).

Muut geofysiikan aineopinnot: ks. geofysiikan maisteriopintojen kuvaus.

**Fysiikka:** Termofysiikka (766328A, 6 op) • Avaruusfysiikan perusteet (766355A, 5 op).

**Matematiikka:** Joko LuTK:n (matematiikan laitos) tai TTK:n (matematiikan jaos) matematiikan kursseja sen mukaan mitä on valinnut matematiikan ydinopintoihin.

**Geologia:** Geofysiikan maisteriopinnoissa pakollisina olevat opintojaksot: Mineralogian peruskurssi (771102P, 5 op) • Johdatus Suomen kallioperägeologiaan (771106P, 2 op) • Johdatus historialliseen geologiaan ja Suomen maaperägeologiaan (771110P, 2 op).

Muut geologian opintojaksot: Geokemian peruskurssi (774301A, 5 op) • Glasiaaligeologian perusteet (773303A, 4 op) • Suomen kallioperägeologia (772302A, 5 op) • Suomen maaperägeologia (773306A, 5 op) • Ympäristögeologia (773314A, 3 op) • Johdatus malmigeologiaan (771108P, 2 op) • Malmigeologia (772385A, 5 op) • Rakennegeologia (772316A, 5 op) • Tektoniikka (772620S, 5 op) • Hydrogeologia (773331A, 5 op) • Alueellinen malmigeologia (772645S, 6 op) • Globaalinen geologia (772605S, 6 op) • Fennoskandian kallioperägeologia (772611S, 6 op) • Suomen kallioperän kehitys (772613S, 6 op).

**Tähtitiede:** Planetologia I (765303A, 5 op) • Planetologia II (765339A, 5 op) • Areologia (765638S, 6 op) • Meteoriiitit (765677S, 4 op) • Selenologia (765609S, 6 op) • Törmäyskraaterit (765660S, 4 op) • Venus: geologiaa ja geofysiikkaa (765683S, 6 op).

**Tietotekniikka:** Unixin perusteet (810135P, 3 op).

**Kemia:** Johdatus orgaaniseen kemiaan (780103P, 6 op / 780112P, 4 op) • Kemian perusteet (780109P, 4 op) • Johdatus fysikaaliseen kemiaan (780101P, 7 op) • Kemian perustyöt (780122P, 3 op) • Johdatus analyttiseen kemiaan (780111P, 4 op).

**Ympäristönsuojelu:** Kursseja Ympäristönsuojelun opintokokonaisuudesta.

**Geotekniikka** (TTK, Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio): Geoympäristötekniikan peruskurssi (488106A, 5 op) • Geoympäristötekniikan jatkokurssi (488115S, 5 op) • Geoympäristötekniikan laskentamenetelmät (488111S, 5 op).

**Vesitekniikka** (TTK, Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio): Ympäristötekniikan perusta (488011P, 5 op) • Hydrologiset prosessit (488102A, 5 op).

**Taloustieteet** (TaTK, kansantaloustieteen laitos): Ympäristötaloustieteen perusteet (721236P, 5 op).

**Muut** (TTK, Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio): Ympäristölainsäädäntö (488101A, 5 op).

---

**Ohjeellinen lukujärjestys LuK-opintoja varten**

<b>1. lukuvuosi</b>	<b>op</b>	<b>Yksikkö</b>
Orientoivat opinnot	2	Geofysiikka
Johdatus kiinteän maan geofysiikkaan <sup>1</sup> (sl)	5	Geofysiikka
Hydrologian perusteet (kl)	4	Geofysiikka
Fysikaalisten tieteiden esittely (sl)	1	Fysiikka
Mekaniikka	7	Fysiikka
Sähkömagnetismi I	4	Fysiikka
Fysikaaliset mittaukset I	3	Fysiikka
Fysiikan matematiikkaa	6	Teoreettinen fysiikka
Matematiikan perusmetodit I <sup>2</sup>	8	Matem. (LuTK)
Lineaarialgebra I	5	Matem. (LuTK)
Lineaarialgebra II	5	Matem. (LuTK)
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	Teoreettinen fysiikka
Englannin kieli I <sup>3</sup>	2	Kielikeskus
<b>1.lukuvuosi yhteensä opintopisteitä</b>	<b>56</b>	
<b>2. lukuvuosi</b>	<b>op</b>	
GIS geotieteissä	5	Geofysiikka
Maa- ja kallioperän geofys. Tutkimusmenetelmät (kl)	8	Geofysiikka
Tiedonhankinta ja tiet. kirj. geofysiikassa (kl)	1	Kirjasto/Geofysiikka
Sähkömagnetismi II	4	Fysiikka
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	Fysiikka
Aaltoliike ja optiikka	6	Fysiikka
Analyysi II	8	Matem. (LuTK)
Differentiaaliyhtälöt I	4	Matem. (LuTK)
Valinnaisia matematiikan opintoja vähintään	10	Matem. (LuTK)
Maapallo osana maailmankaikkeutta	2	Geologia
ATK II Numeerinen mallintaminen	4	Teoreettinen fysiikka
Englannin kieli II <sup>4</sup>	2	Kielikeskus
Ruotsin kieli	2	Kielikeskus
<b>2. lukuvuosi yhteensä opintopisteitä</b>	<b>62</b>	
<b>3. lukuvuosi</b>	<b>op</b>	
Petrofysiikka (sl)	5	Geofysiikka
Mittausaineiston käsittely	6	Geofysiikka
Atomifysiikka	6	Fysiikka
Aineen rakenne I	4	Teoreettinen fysiikka
Matematiikan ATK	8	Matem. (LuTK)
Endogeeniset prosessit	4	Geologia
Eksogeeniset prosessit	3	Geologia
Vapaavalintaiset opinnot	16	
Opinnäyte (LuK-tutkielma ja esitelmä)	10	Geofysiikka
Kypsyysnäyte	0	Geofysiikka
<b>3. lukuvuosi yhteensä opintopisteitä</b>	<b>62</b>	

- <sup>1</sup> Eräät geofysiikan peruskurssit luennoidaan säännönmukaisesti joko syyslukukaudella (sl) tai kevätlukukaudella (kl). Samoin myös eräät fysiikan, matematiikan ja geologian peruskurssit. Kurssien lopullinen ajankohta on kuitenkin syytä selvittää ao. laitoksen amanuensseilta ja opinto-ohjaajilta. Osa syksyllä alkavista opintojaksoista voi jatkua keväällä.
- <sup>2</sup> Ohjeellisessa lukujärjestyksessä on annettu LuTK:n matematiikan opintojaksot. LuK-tutkintoon voi valita joko LuTK:n matematiikan tai TTK:n matematiikan kokonaisuudet kuten ylempänä on esitetty.
- <sup>3</sup> Opintojaksoa Englannin kieli I varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kolme luentoaikaa: ti 8-10, to 8-10 tai to 10-12. Opintojakso luennoidaan syksyisin. Geofysiikkaa pääaineenaan lukevia suositellaan valitsemaan tiistain aika.
- <sup>4</sup> Opintojaksoa Englannin kieli II varten on fysikaalisten tieteiden opiskelijoille varattu kaksi luentoaikaa: ma 12-14 tai 14-16. Opintojakso luennoidaan syksyisin.

## **Opinnot filosofian maisterin (FM) tutkinnossa geofysiikan ja ympäristögeofysiikan syventymiskohteissa, 120 op**

**Geofysiikan syventymiskohteen (FM-g)** opinnoissa perehdytään kiinteän maan geofysiikan keskeisiin käsitteisiin, teorioihin, tutkimusmenetelmiin ja sovellutuskohteisiin sekä hankitaan valmiudet tieteellisen tiedon hankintaan, tieteellisten ongelmien tunnistamiseen ja niiden ratkaisemiseen. Geofysiikan syventymiskohteen FM-opinnot antavat valmiudet työskennellä erilaisissa sovellettuun geofysiikkaan liittyvissä tehtävissä, perehtyä laskennalliseen geofysiikkaan ja toimia erilaisissa menetelmäkehitykseen liittyvissä tehtävissä niin sovelletun geofysiikan kuin geofysikaalisen perustutkimuksen parissa tai syventyä litosfääri-geofysiikan tutkimusongelmiin ja -menetelmiin. Syventymiskohte määrätty opintojen kuluessa opiskelijan omien taipumusten ja kiinnostuksen kohteiden mukaan tehtyjen valintojen perusteella.

**Ympäristögeofysiikan (FM-y)** syventymiskohteen opinnoissa hankitaan samanlaiset perusvalmiudet ja ymmärrys geofysikaalisista ilmiöstä ja niiden tutkimusmenetelmistä kuin geofysiikan syventymiskohteen opinnoissa. Tämän lisäksi ympäristögeofysiikan syventymiskohteen valinneet opiskelijat opiskelevat ympäristötutkimukseen keskeisesti liittyviä sivuaineita kuten geotekniikkaa, vesitekniikkaa, kemiaa ja ympäristölainsäädäntöä, joiden opiskelu antaa valmiudet monitahoisten ympäristö-ongelmien tutkimiseen ja käsittelyyn useiden eri tieteenalojen yhteistyönä.

<b>Geofysiikan FM-opinnot</b>		<b>FM-g</b>	<b>FM-y</b>
<b>Geofysiikan pakolliset perus-, aine- ja syventävät opinnot</b>	<b>koodi</b>	<b>op</b>	<b>op</b>
Geofysikaaliset kentät	762303A	8	8
Johdatus globaaliin ympäristögeofysiikkaan	762135P		5
Maa- ja kallioperän sähköiset tutkimusmenetelmät	762624S		5

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Sovelletun geofysiikan maastokurssi	762644S	6	6
Tulkintateoria	762605S	6	6
Työharjoittelu (harjoittelu, raportti ja esitelmä)	762652S	6	6
Opinnäyte (pro gradu -tutkielma ja esitelmä)	762681S	35	35
Kypsyysnäyte (kirjoitetaan opintojakson 762681S aiheesta)	762679S	0	0
<b>Geofysiikan pakolliset perus-, aine- ja syventävät opinnot yhteensä</b>		<b>61</b>	<b>71</b>
<b>Valinnaiset geofysiikan opinnot</b>			
Geofysiikan aine- ja syventäviä opintoja vähint. <sup>1</sup>		24	
Geofysiikan aine- ja syventäviä opintoja vähint. <sup>2</sup>			13
<b>Geofysiikan opintoja yhteensä</b>		<b>85</b>	<b>84</b>
<b>Pakolliset sivuaineopinnot</b>			
<b>Geologia</b>			
Mineralogian peruskurssi	771102P	5	5
Johdatus Suomen kallioperägeologiaan	771106P	2	2
Johdatus historialliseen geologiaan ja Suomen maaperägeologiaan	771110P	2	2
Valinnaisia geologian opintoja vähintään		5	5
<b>Pakolliset sivuaineopinnot yhteensä</b>		<b>14</b>	<b>14</b>
<b>Vaihtoehtoiset sivuaineopinnot <sup>3</sup></b>			
<b>Geotekniikka</b>			
Geoympäristötekniikan peruskurssi	488106A		5
Geoympäristötekniikan jatkokurssi	488115S		5
Geoympäristötekniikan laskentamenetelmät	488111S		5
<b>Vesitekniikka</b>			
Ympäristötekniikan perusta	488011P		5
Hydrologiset prosessit	488102A		5
<b>Taloustieteet</b>			
Ympäristötaloustieteen perusteet	721236P		5
<b>Vaihtoehtoiset sivuaineopinnot vähintään</b>			<b>20</b>
<b>Vapaavalintaiset opinnot <sup>4</sup></b>		<b>21</b>	<b>2</b>
<b>Yhteensä opintopisteitä</b>		<b>120</b>	<b>120</b>

<sup>1</sup> Geofysiikan syventymiskohde: Aine- ja syventäviä opintoja valittava vähintään 24 op, joista syventäviä opintoja pitää olla vähintään 7 op:n verran. Syventäviä pääaineen opintoja oltava FM-tutkinnossa vähintään 60 op:tä mukaan lukien 35 op:n pro gradu (18 op pakollisista + 35 op pro gradusta + 7 op valinnaisista = 60 op).

<sup>2</sup> Ympäristögeofysiikan syventymiskohde: Geofysiikan aine- ja syventäviä opintoja valittava vähintään 13 op, joista syventäviä opintoja pitää olla vähintään 7 op:n verran. Syventäviä pääaineen opintoja oltava FM-tutkinnossa vähintään 60 op:tä mukaan lukien 35 op:n pro gradu. (18 op pakollisista + 35 op pro gradusta + 7 op valinnaisista = 60 op).

<sup>3</sup> Ympäristögeofysiikan syventymiskohde: Sivuaineopintoja on valittava vähintään 20 op:n verran taulukossa luetelluista opintojaksoista (TTK:n Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorion ja TaTK:n kansantaloustieteen laitoksen opintojaksoja).

<sup>4</sup> Suositellaan geologian tai tietotekniikan opintoja täydentämään 25 op:n sivuainekokonaisuutta.

---

## Geofysiikan kurssikuvaukset

---

Opettajien sähköpostiosoite on muotoa **etunimi.sukunimi@oulu.fi**  
Opintojaksot on esitetty **aakkosjärjestyksessä**.

---

### Yleisopinnot

#### **Orientoivat opinnot 2 op / 1 ov (762085Y)**

Opintojaksossa vanhemmat opiskelijat tutustuttavat uudet opiskelijat yliopiston opiskelujärjestelmään ja opiskeluympäristöön, antavat tietoja oman koulutusohjelman ja pääaineen tavoitteista, sisällöstä ja kehitysnäkymistä sekä auttavat opiskelun aloittamiseen ja suunnitteluun liittyvissä käytännön ongelmissa.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 1. opintovuosi, syyslukukausi. Opintojakso on pakollinen kaikille geofysiikan suuntautumisvaihtoehdon opiskelijoille.

*Työtavat:* 10-15 h työskentelyä pienryhmissä pienryhmäohjaajan johdolla.

*Vastuuhenkilöt:* Anja Pulkkinen (fysikaaliset tieteet) ja Toivo Korja (geofysiikka)

#### **Pienryhmäohjaus 2 op / 1 ov (762086Y)**

Toisen vuosikurssin tai sitä vanhempi opiskelija, aktiivinen ja uusista opiskelijoista kiinnostunut henkilö voi halutessaan toimia pienryhmän ohjaajana opintojaksolla 762085Y Orientoivat opinnot.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* vapaaehtoinen, geofysiikan 2.-5 vuoden pääaineopiskelija

*Työtavat:* 10-15 h pienryhmän ohjausta sekä koulutus ohjaukseen

*Vastuuhenkilöt:* Anja Pulkkinen (fysikaaliset tieteet) ja Toivo Korja (geofysiikka)

---

### Perusopinnot

#### **Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt 6 op / 4 ov (766107P)**

Opintojakso sisältää harjoitustyitä fysikaalisten tieteiden aiheista. Opintojakso on pakollinen geofysiikan pääaineopiskelijoille. Opintojakson tarkempi kuvaus on annettu fysiikan suuntautumisvaihtoehdon opintojakson kuvausten yhteydessä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 2. opintovuosi, sisältyy Fysiikan lisäopinnot –kokonaisuuteen, opintojakso on pakollinen mm. geofysiikan pääaineopiskelijoille

*Työtavat:* pienryhmät

*Kuulustelu:* hyväksytyt harj.työselostukset

*Vastuuhenkilö:* Seppo Alanko (fysiikka) ja suuntautumisvaihtoehtojen vastuuhenkilöt (geofysiikka: Toivo Korja)

#### **GIS geotieteissä 5 op / 3 ov (762196P)**

Kurssilla opitaan perustiedot paikkaan sidottuun mittausaineiston esitystavoista ja paikkatietojärjestelmistä. Kurssin sisältöön kuuluvat paikkatiedon perusteet, karttakoordinaatit ja koordinaattijärjestelmät, karttaprojektit, paikannus, navigointi, geotieteelliset aineistot, paikkatiedon hallintamallit sekä paikkatiedon käsittely- ja analysointimenetelmät ja teemakarttojen laadinta. Kurssin harjoituksissa teoriaosuutta sovelletaan lukuisin käytännön esimerkein sekä ohjatusti että omatoimisesti harjoittelemalla.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopivin suoritusajankohta on 2. - 3. opintovuosi. Opintojakso sopii kaikille geotieteiden ja geofysiikan opiskelijoille. Geofysiikan pääaineopiskelijoille opintojakso on pakollinen

LuK-tutkinnossa. Kurssi luennoidaan joka toinen vuosi syyslukukaudella.

*Työtavat:* 20 h lu, 20 h harj ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali sekä Tokola, T. & Kalliovirta, J., 2003: Paikkatietoanalyysi; Löytönen, M., Toivonen, T. & Kankaanrinta, I., (toim.) 2003: Globus GIS.

*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi.

#### **Hydrologian perusteet 4 op / 2 ov (762193P)**

Opintojakso antaa opiskelijalle yleiskuvan hydrologiasta eli vesikehän ilmiöistä maa-alueilla. Aiheina ovat veden kiertokulku ja siihen liittyvät osatapahtumat (sadanta, haihdunta ja valunta-virtaama), osatapahtumien väliset suhteet, hydrologiset havainnointimenetelmät sekä vesitaseen osakomponenttien ajallinen ja alueellinen vaihtelu Suomessa. Tässä yhteydessä käsitellään myös eräitä meteorologiaan liittyviä ilmiöitä kuten sadantaan liittyviä tekijöitä sekä ilmakehän säteilyolosuhteita. Kurssin loppuosa käsittelee geohydrologiaa ja hydrogeofysiikkaa eli pohjaveden muodostumiseen ja esiintymiseen vaikuttavia seikkoja sekä pohjavesitutkimuksessa käytettäviä geofysikaalisia menetelmiä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Opintojakson suositeltava suoritusajankohta on 1. opintovuosi geofysiikan pääaineopiskelijoille. Opintojakso soveltuu kaikille ympäristöasioista kiinnostuneille. Geofysiikan pääaineopiskelijoille opintojakso on pakollinen LuK-tutkinnossa. Luennoidaan kevätlukukaudella.

*Työtavat:* 30 h lu ja 10 h lask

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Soveltuvia osia teoksista Hooli, J. & Sallanko, J., 1996: Hydrologian luentomoniste; Mustonen, S. (toim.), 1986.

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

#### **Johdatus globaaliin ympäristögeofysiikkaan 5 op / 3 ov (762135P)**

Tavoitteena on antaa yleiskuva globaalisten ympäristökysymysten fysikaalisista perusteista sekä geofysiikan tutkimusmenetelmien käytöstä kohteellisissa tutkimuksissa. Sisältö: Maapallon rakenne ja toiminta (geofysikaaliset prosessit): kiinteä maa, valtameret, ilmakehä, jäätiköt, pohjavesi, ydinjätteet sekä luonnonkatastrofit. Ympäristön seuranta-  
taukset. Ympäristön mallintamisen perusteet;

maapallo systeeminä. Ilmastomuutokset ja niiden seuraukset.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritusajankohta on 1. - 5. opintovuosi ja se on pakollinen kurssi FM-y -linjan pääaineopiskelijoille FM-tutkinnossa. Kurssi sopii kaikille luonnontieteellisen tiedekunnan opiskelijoille.

*Työtavat:* 30 h lu ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Kakkuri, J. & Hjelt, S.-E., 2000: Ympäristö ja geofysiikka sekä soveltuvia osia teoksista Ernst, W.G., 2000: Earth Systems: Processes and Issues; Houghton, J., 1997: Global warming: The complete briefing (2<sup>nd</sup> ed).

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

#### **Johdatus kiinteän maan geofysiikkaan 5 op / 3 ov (762192P)**

Opintojakso antaa kattavan yleiskuvan maapallon sisäisestä rakenteesta ja prosesseista sekä näiden tutkimiseen käytettävistä geofysikaalisista tutkimusmenetelmistä.

*Sisältö:* Yleiskuvaus geofysiikasta. Maa taivaankappaleena - muoto, koko, kierto- ja pyöryhdysliikkeet. Painovoima - maapallon painovoimakenttä, tiheys, isostasia, vuoksi ja luode. Kallioperän deformaatio ja reologia. Seismologia - maanjäristysaallot ja maapallon sisäinen rakenne. Maapallo magneettina - geomagnetismi, maapallon magneettikenttä sekä sen ajalliset ja paikalliset muutokset, paleomagnetismi ja mantereiden muinaiset liikkeet. Maapallon sähköiset, termiset ja radioaktiiviset ominaisuudet. Dynaaminen maapallo - laattatektoniikka ja maan sisäinen dynamiikka ja massaliikunnot.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Opintojakson suositeltava suoritusajankohta on 1. opintovuosi geofysiikan pääaineopiskelijoille. Opintojakso soveltuu kaikille maapallon fysikaalisesta rakenteesta ja prosesseista kiinnostuneille. Geofysiikan pääaineopiskelijoille opintojakso on pakollinen LuK-tutkinnossa. Luennoidaan syyslukukaudella.

*Työtavat:* 30 h lu ja 14 h lask

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Kakkuri, J., 1991: Planeetta maa, luvut 3,4,10 ja 11 sekä soveltuvin osin Lowrie, W., 1997: Fundamentals of geophysics.

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja



**Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät 8 op / 5 ov (762102P)**  
(aikaisemmin 6 op / 4 ov)

Kurssilla annetaan perusteet erilaisten geofysikaalisten tutkimusmenetelmien soveltamiselle taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti tärkeisiin tehtäviin, kuten malminetsintä, pohjavesitutkimukset ja maa-ainesten kartoitus, geotekniikka, geologinen kartoitus ja ympäristötutkimus. Kurssin sisältö on pääpiirteissään seuraavanlainen: Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimuskohteet ja tutkimusten peruspiirteet. Petrofysikaaliset ominaisuudet pääpiirteittäin. Gravimetriset menetelmät, magneettiset menetelmät, sähköiset tasa- ja vaihtovirtamenetelmät, radiometriset menetelmät, seismiset menetelmät: mittausmenetelmien fysikaaliset perusteet, mittalaitteet sekä tärkeimmät käyttötavat ja sovelluskohteet. Aero-geofysikaaliset menetelmät. Kairanreikämittaukset. Geotermiset tutkimukset.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritusaikakohta on 2. opintovuosi ja se on pakollinen kurssi geofysiikan pääaineopiskelijoille LuK-tutkinnoissa. Luennoidaan kevätlukukaudella.

*Työtavat:* 50 h lu, 20 h lask ja 30 h maastodem

*Kuulustelu:* 2 vk tai tentti, osallistuminen maastodemonstraatioihin pakollista

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Peltoniemi, M., 1988: Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät sekä soveltuvia osia kirjoista Milsom, J., 1989: Field geophysics; Telford, W.M., Geldart, T.M. & Sheriff, R.E., 1990: Applied geophysics; Kearey, P., Brooks, M. & Hill, I., 2002: An introduction to geophysical exploration (3. painos); Parasnis, D.S., 1997: Principles of applied geophysics (5. painos); Reynolds, J.M., 1997: An introduction to applied and environmental geophysics; Sharma, P.V., 1997: Environmental and engineering geophysics.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen.

**Tiedonhankinta ja tieteellinen kirjoittaminen geofysiikassa 1 op (762187P)**

Opintojakso antaa valmiudet tieteellisen tiedon hankintaan sekä perusteet opinnäytetöiden, raporttien ja tieteellisten artikkelien kirjoittamiseen. Sisältö: Tiedonlähteet ja tiedonhakuprosessi, tiedonlähteiden arviointi, opinnäytetöiden, raporttien ja artikkelien

rakenne, jäsentäminen ja laatiminen, tieteelliset viestintätavat ja -kanavat, kirjoitustekniikka, kuvien ja taulukoiden laatiminen, julkaisufoorumit, viittauskäytäntö.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Opintojakson sopiva suoritusaikakohta on 2. opintovuosi. Opintojakso on pakollinen geofysiikkaa pääaineenaan opiskeleville LuK-tutkinnoissa.

*Työtavat:* lu ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* hyväksytyt harjoitustyöt

*Oppimateriaali:* luentomateriaali: luennoilla esiteltävä kirjallisuus ja verkkomateriaali

*Vastuuhenkilöt:* informaattikot (Tiedekirjasto Tellus), Toivo Korja (geofysiikka)

## Aineopinnot

**Aero-geofysiikka 3 op / 2 ov (762332A)**

Kurssi tarjoaa perustietoa aero-geofysikaalisista tutkimusmenetelmistä. Aero-geofysiikka käsittää magneettiset, sähkömagneettiset ja radiometriset mittaukset, jotka tehdään maanpinnan yläpuolella esim. lentokoneesta käsin. Kurssilla käydään läpi eri aero-geofysikaaliset mittausmenetelmät ja niiden edellyttämät käytännön järjestelyt, tukimittaukset, navigointimenetelmät, sekä mittausaineiston käsittely. Harjoituksissa perehdytään mallinnus- ja tulkintaohjelmien käyttöön.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. – 5. opintovuosi, suositellaan kaikille geotieteiden opiskelijoille.

*Työtavat:* 25 h lu ja dem

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Peltoniemi, M., 1998: Aero-geofysikaaliset menetelmät.

*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi

**Geofysikaaliset kentät 8 op / 5 ov (762303A)**

Kurssi perehdyttää eri geofysikaalisten tutkimusmenetelmien taustalla vallitsevien fysikaalisten lainalaisuuksien matemaattiseen kuvaamiseen ja yksinkertaistettujen kenttäprobleemien ratkaisemiseen. Kurssilla käsitellään mm. sähköstaattiset, virtausstaattiset, magnetostaattiset ja sähkömagneettiset kentät ja lähteet, painovoima, sekä kiinteän aineen ja nesteiden mekaniikka. Lisäksi käsitellään vektori- ja tensorilaskennan peruskäsitteet, kenttien ja väliaineiden fysikaalisten ominaisuuksien väliset yhteydet sekä Laplacen, Poissonin ja Max-

wellin yhtälöiden sekä liike- ja aalto-yhtälöiden ratkaisumenetelmiä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3. - 5. opintovuosi, opintojakso on pakollinen geofysiikan pääaineopiskelijoille FM-tutkinnossa. Luennoidaan kevätlukukaudella.

*Työtavat:* 30 h lu, 30 h lask ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* kaksi välikoetta tai tentti sekä hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Eloranta, E., 2003: Geofysiikan kenttäteoria.

*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi

#### **Geomagnetismi 5 op / 3 ov (762322A)**

Monet meistä tuntevat kompassin, mutta kuinka moni tietää mihin kompassin toiminta oikeastaan perustuu. Mitä tarkoitetaan dynamoteorialla? Nämä asiat muiden lisäksi selventyvät tämän opintojakson yhteydessä. Kurssin käytyään opiskelija tuntee maapallon magneettikentän syntyhistorian ja nykytilan, osaa kuvata sitä matemaattisesti sekä hallitsee sen mittaamisessa käytettäviä laitteita. Opintojaksossa perehdytään myös magneettisten mittausten historiaan ja nykytilanteeseen sekä perehdytään menetelmiin, joilla magneettikentän vaihteluiden avulla tutkitaan maapallon sisäistä rakennetta ja mantereiden liikettä. Kurssiin sisältyvät harjoitukset ovat pääosin kirjallisuustutkimuksia geomagnetismin keskeisesti liittyvistä aiheista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Opintojakson sopiva aika on 4. tai 5. opintovuosi.

*Työtavat:* 24 h lu ja 12 h harj

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Nevanlinna, H., 2006. Avaruussää. Auringosta tuulee. Ursa. Jacobs, J.A., (ed.), 1987: Geomagnetism. Vols 1-4; Merrill, R.T., McElhinny, M.W. & McFadden, P.L., 1996: The Magnetic field of the Earth: Paleomagnetism, the core and the deep mantle.

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

#### **Kaukokartoitus 5 op / 3 ov (762315A)**

Kurssi perehdyttää opiskelijat kaukokartoituksen perusteisiin ja satelliittiaineiston hyödyntämiseen tutkimuksen tukena. Luennoilla käsitellään kaukokartoituksen fysikaaliset perusteet, aineiston hankinta, käsittely ja hyödyntäminen. Kurssilla tutustutaan useisiin kaukokartoitus satelliitteihin ja niiden kuva-aineistoihin. Mukaan otetaan useita esimerkkejä kaukokartoitusaineistoista sekä maapalolta että aurinkokuntamme lähikohteista.

Kurssiin kuuluu myös lyhyen esseen kirjoittaminen ja harjoitustyö, jossa opiskelija itsenäisesti suorittaa satelliittikuva-aineiston käsittelyn, analysoinnin ja tulkinnan. Kurssin harjoitukset tutustuttavat digitaalisen kuvankäsittelyn perusteisiin sekä satelliittiaineiston käsittelyyn ja tulkintaan käytännössä. Harjoitustyöstä laaditaan raportti, joka palautetaan ennen tenttiin osallistumista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritusaikakohta on 3. - 4. opintovuosi. Kurssi sopii kaikille, jotka ovat kiinnostuneita satelliittiaineiston hyötykäytöstä.

*Työtavat:* 30 h lu, essee, 20 h harj ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W., 1987: Remote sensing and image interpretation. Soveltuvia osia kirjoista: Ulaby, F.T., Moore, R.K. & Fung, A.K., 1981: Microwave remote sensing: Active and passive, vol. I-III; Haralick, R.M. & Simonett, D.S., 1982: Image processing for remote sensing. J. B. Adams and A. R. Gillespie (2006): Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images. A Physical Modeling Approach, Cambridge University Press 2006.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### **Kypsyysnäyte 0 op / 0 ov (762379A)**

Yleensä aiheeltaan LuK-tutkielmaan (762382A) liittyvässä kirjoitelmassa opiskelija osoittaa täydellistä kotimaisen kielen hallintaa. Kirjoitelma voidaan tehdä joko suomen tai ruotsin kielellä ja sen ohjeellinen pituus on yksi konseptillinen paperia. Kirjoitelman kieliasusta jaetaan ohjeet ennen kirjoittamista. LuK-tutkinto edellyttää hyväksytyä kypsyysnäytettä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kypsyysnäyte kirjoitetaan 3. opiskeluvuotena ja sen kirjoittavat kaikki geofysiikan pääaineopiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

#### **Mittausaineiston käsittely 6 op / 4 ov (762304A)**

Kurssilla perehdytään geofysikaalisen (fysikaalisen) mittausaineiston luokitteluun, näytteenottoon ja digitaalisen signaalin käsittelyyn aika- ja taajuustasossa. Tutuiksi tulevat mm. Fourier-sarjat ja Fouriermuunnos, lineaarinen systeemi ja kaikkiin fysikaalisiin mittauksiin oleellisesti liittyvä virhetarkastelu.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritusajankohta on 3. opintovuosi ja se on pakollinen kurssi geofysiikan pääaineopiskelijoille LuK-tutkinnoissa.

*Työtavat:* 30 h lu, 20 h lask ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Osia kirjoista Al-Sadi, H.N., 1980: Seismic exploration: technique and processing, Bendat, J. & Piersol, A., 1971: Random data: analysis and measurement procedures, Karttunen, H., 2001: Datan käsittely (2. uudistettu painos).

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

**Muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa kotimaassa suoritettavat kurssit (762361A)**

Kotimaisissa muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa suoritettuja ainetason opintojaksoja.

Suoritusmerkintä professorilta.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

**Muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa ulkomailla suoritettavat kurssit (762363A)**

Esimerkiksi kansainvälisten vaihto-ohjelmien (Erasmus, Nordplus) piirissä suoritettuja ainetason opintojaksoja.

Suoritusmerkintä professorilta.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

**Opinnäyte (LuK-tutkielma ja esitelmä) 10 op / 5 ov (762382A)**

Tutkielman tavoitteena on opastaa opiskelija tieteellisen kirjallisuuden (lähdeaineiston) käyttöön sekä tieteelliseen kirjoittamiseen. Tämä toteutetaan perehtymällä syvällisemmin johonkin geofysiikan alan osa-alueeseen. Tutkielmasta pidetään suullinen seminaari-esitys.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Tutkielma tehdään 3. opiskeluvuotena ja sen tekevät kaikki geofysiikan pääaineopiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen.

**Petrofysiikka 5 op / 3 ov (762327A)**

Petrofysiikka on oppi kivien fysikaalisista ominaisuuksista. Petrofysiikassa tutkitaan maankamaraan materiaalien (mineraalit, kivilajit) fysikaalisia ominaisuuksia ja siten maankamaraan rakennetta kuvaavien geofysikaalisten ja geologisten mallien välistä yhteyttä. Kurssilla tutustutaan mineraalien ja kivilajien petrofysikaalisten parametrien perusominaisuuksiin, joita ovat tiheys, mag-

neettiset ominaisuudet, seismiset ominaisuudet, muodonmuutoksiin liittyvät ominaisuudet, sähköiset ominaisuudet, radiometriset ominaisuudet sekä termiset ominaisuudet. Kurssiin liittyvissä harjoituksissa tutustutaan petrofysikaalisten ominaisuuksien keskinäiseen riippuvuuteen ja petrofysiikan suureiden mittaamiseen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Geofysiikan pääaineopiskelijoille opintojakson suositeltava ajankohta on 3. opintovuosi. Opintojakson ”Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimukset” suorittamista suositellaan ennen petrofysiikan opintojakson suorittamista. Geologian perusteiden tunteminen on myös suositeltavaa. Kurssi on pakollinen geofysiikan pääaineopiskelijoiden LuK-opinnoissa ja se soveltuu kaikille, jotka joutuvat tekemään geofysikaalisten mallien geologisia tulkintoja. Luennoidaan yleensä syysluku-kaudella.

*Työtavat:* 30 h lu, 14 h lask ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti sekä hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Schön, J.H., 1998: Physical properties of rocks, volume 18: Fundamentals and principles of petrophysics (Handbook of geophysical exploration: Seismic exploration).

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

**Seismologia ja maan rakenne 5 op / 3 ov (762321A)**

Opintojaksossa perehdytään maapallon sisäosien tärkeimpien tutkimusmenetelmien eli seismologisten ja seismisten menetelmien perusteiden oppimiseen. Opintojakson sisältö: Laattatektoniikan ja seismologian suhteesta. Seismisen energian lähteet. Aaltoliike ja seismiset aallot, niiden eteneminen, ominaisuudet ja rekisteröinti. Maanjäristysten paikantaminen, niiden suuruuden määrittäminen ja maanjäristysten siirrostasoratkaisut. Maapallon seisminen kehä rakenne, globaalit radiaalimallit ja seismisten ominaisuuksien vaakavaihtelut. Kuoren, vaipan ja ytimen kehä rakenne seismisten tutkimusten valossa. Globaalitomografia. Seismiset heijastus- ja taittumismenetelmät kuoren ja ylävaipan rakenteiden tutkimuksessa. Seismiset luotaukset Suomessa ja Euroopassa.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 3.-5. vuoden geofysiikan pääaineopiskelijat sekä maapallon rakenteesta ja niiden tutkimusmenetelmistä

kiinnostuneet opiskelijat, joilla riittävä matemaattis-fysikaalinen tausta.

*Työtavat:* 30 h lu ja 15 h harj

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Soveltuvien osin teokset Bolt, B.A., 1999: Inside the Earth. Evidence from earthquakes; Bullen, K.E. & Bolt, B.A., 1985: An introduction to the theory of seismology; Kasahara, K., 1981: Earthquake mechanics; Meissner, R., 1986: The continental crust. A geophysical approach.

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

### Syventävät opinnot

#### **Aika-alueen sähkömagneettiset tutkimusmenetelmät 3 op / 2 ov (762627S)**

Kurssi antaa syventävää tietoa aika-alueen sähkömagneettisista menetelmistä. Toisin kuin harmonista vaihtovirtaa käyttävissä taajuusalueen menetelmissä, aika-alueen menetelmissä mitattava vaste synnytetään tasavirran äkillisellä muutoksella aiheutetulla sähkömagneettisella pulssilla. Kurssilla käsitellään menetelmien fysikaaliset perusteet, erilaiset mittausjärjestelmät, johderakenteiden aiheuttamat anomaliat, prosessointi- ja tulkintamenetelmät. Kurssiin sisältyy käytännön maastomittauksia.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. tai 5. opintovuosi

*Työtavat:* 25 h lu ja dem

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali, valittuja artikkeleita geofysiikan julkaisuista sekä Nabighian M.N. & Macnae J.C., 1991: Time domain electromagnetic prospecting methods, In: Nabighian M.N. (ed.), Electromagnetic methods in applied geophysics, Volume II.

*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi

#### **Fennoskandian kallioperän geofysikaaliset ominaisuudet 4 op / 2 ov (762629S)**

Opintojaksossa tutustutaan Fennoskandian ja sen lähiympäristön kallioperän geofysikaalisiin yleispiirteisiin. Jaksossa käsitellään seismisten, sähköisten ja sähkömagneettisten, painovoima- ja magneettisten, geodeettisten sekä termisten ja reologisten tutkimusten perusteella laadittuja geofysikaalisia malleja ja niiden tuomaa tietoa maan pintaosien eli maan kuoren, litosfäärin ja ylävaihpan geologis-tektonisista ominaisuuksista ja

rakenteesta. Omatoimisella työllä ja ryhmätyöllä on opintojakson suorittamisessa keskeinen osuus.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. ja 5. opintovuosi,

suositellaan kaikille geotieteiden opiskelijoille

*Työtavat:* 20 h lu ja 20 h harj

*Kuulustelu:* tentti

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali sekä valittuja artikkeleita geofysiikan ja geologian julkaisuista

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

#### **Geofysiikan erikoisluennot (76262S)**

Opintoviikkomäärä kurssin mukaan

Vierailevien luennoitsijoiden kursseille varattu koodi opinto-oppaassa. Kurssin laajuudesta ja suoritustavasta neuvotellaan aina etukäteen alan professorin kanssa. Kurssilla käsitellään geofysiikan tutkimuksen ajankohtaisia erityiskysymyksiä. Luennot ovat pääsääntöisesti englanninkielisiä.

*Työtavat:* kurssin mukaan

*Oppimateriaali:* kurssin mukaan

*Vastuuhenkilö:* kurssin mukaan

#### **Kypsyysnäyte 0 op / 0 ov (762679S)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen (762681S) alaan. Mikäli kandidaatintutkinnossa (LuK) on kirjoitettu hyvää suomen tai ruotsin kielen taitoa osoittava kypsyysnäyte, maisterin tutkintoa varten tarvittavaksi kypsyysnäyteeksi hyväksytään pro gradu -tutkielmasta opiskelijan koulusivistyskielillä kirjoitettu tiivistelmä sen mukaan kuin tiedekunnan ohjeissa on määrätty. FM-tutkinto edellyttää hyväksytyä kypsyysnäytettä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kypsyysnäyte kirjoitetaan 5. opintovuotena ja sen kirjoittavat kaikki geofysiikan pääaineopiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

#### **Maa- ja kallioperän sähköiset tutkimukset 5 op / 3 ov (762624S)**

Kurssilla perehdytään tasavirtateorian käyttöön perustuviin sähköisiin mittausmenetelmiin ja niiden soveltamiseen maankamaran pintaosien tutkimisessa. Kurssin sisältö on pääpiirteissään seuraavanlainen: Sähköiset menetelmät maankamaran tutkimuksissa. Maa- ja kallioperän sähköiset ominaisuudet. Maavastusmenetelmä. Omapotentiaalimenetelmä. Latauspotentiaalimenetelmä. Indusoi-

dun polarisaation (IP) menetelmä. Monielektrodimittaukset. Sähköiset kairanreikä tutkimukset. Mittausten tulkinta. Tulkintaohjelmistoista. Esimerkkejä kenttämittauksista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritusaikakohta on 3. - 5. opintovuosi ja se on pakollinen kurssi FM-y –linjan pääaineopiskelijoille FM-tutkinnossa.

*Työtavat:* 30 h lu ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Osia kirjoista: Telford, W.M., Geldart, T.M. & Sheriff, R.E., 1990: Applied geophysics; Zhdanov, M.S. & Keller, G.V., 1994: The geoelectrical methods in geophysical exploration; Reynolds, J.M., 1997: An introduction to applied and environmental geophysics; Sharma, P.V., 1997: Environmental and engineering geophysics.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Edeltävänä opintona kurssin 762102P suoritus.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

#### **Maan termiset prosessit 5 op / 3 ov (762628S)**

*Sisältö:* Termodynamiikan perusteet. Lämmön siirtymismekanismit: johtuminen, konvektio, säteily. Lämpöenergian lähteet maapallolla. Reologia ja väliainevakiot. Lämpövoitto; mittaukset, virhelähteet sekä jakauma. Termiset prosessit mantereellisellä ja merellisellä litosfäärillä sekä vaipassa ja niiden geodynaamiset ja tektoniset vaikutukset. Geotermien energia.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. tai 5. opintovuosi

*Työtavat:* 24 h lu, 15 h lask ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali sekä soveltuvin osin teokset Turcotte, D.L. & Schubert, G., 2002: Geodynamics (2<sup>nd</sup> ed); Schubert, G., Turcotte, D.L. & Olson, P., 2001: Mantle convection in the Earth and planets; Cermak, V. & Rybach, L., (eds.), Terrestrial heat flow and the lithosphere structure sekä Lowrie, W., 1997: Fundamentals of geophysics.

*Vastuuhenkilö:* Kari Moisio

#### **Maatutkaluotaus 5 op / 3 ov (762616S)**

Kurssi antaa opiskelijoille perustiedot ja - taidot maatutkaluotauksesta geofysikaalisena tutkimusmenetelmänä. Kurssilla käydään läpi maatutkaluotauksen teoria, käytännön mittausjärjestelyt, aineiston prosessointi, esittäminen ja analysointi. Kurssin aikana käydään läpi esimerkkimittauksia tulkintoi-

neen usealta eri tutkimusalalta. Kurssiin kuuluu pakollinen harjoitustyö, jossa opiskelijat suorittavat tuloskäsittelyn ja tulkinnan itse mittaamalleen tutka-aineistolle. Harjoitustyöstä laaditaan yksityiskohtainen kirjallinen raportti.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopivin suoritusaikakohta on 3. - 4. opintovuosi, jolloin opiskelijalla on jo laajat pohjatiedot sekä geologian että geofysiikan opinnoista. Opintojakso sopii erityisesti ympäristöasioiden geofysikaalisista tutkimuksista kiinnostuneille opiskelijoille.

*Työtavat:* 20 h lu, 20 h harj ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö

*Oppimateriaali:* Luentomateriaali ja Maatutkarengas r.y., 2000: Maatutkarengas RY:n 10-vuotisjuhlaseminaari 15.-16.02.2000 Kuopio. Soveltuvia osia kirjoista: Musset, A.E., 2000: Looking into the Earth: an introduction to geological geophysics; Reynolds, J. M., 1997: Introduction to applied and environmental geophysics.

*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi

#### **Magnetotelluriikka 5 op / 3 ov (762625S)**

Magnetotellurinen menetelmä on yksi käytetyimmistä geofysikaalisista menetelmistä maankuoren ja ylävaipan rakenteen ja ominaisuuksien tutkimuksessa. Viimeaikaisen menetelmä- ja laitekehityksen vuoksi magnetotellurisen menetelmän sovellutuskohteiksi ovat tulleet myös maankamaran yläosan (near-surface geophysics) tutkimukset. Tällöin menetelmästä käytetään nimityksiä audiomagnetotelluriikka ja radiomagnetotelluriikka. Kurssin tavoitteena on tutustua menetelmän perusteisiin ja tutkimusten vaatimiin numeerisiin työkaluihin käytännön tasolla.

*Sisältö:* Menetelmän teoreettisen taustan kertaus, maastomittausten suunnittelu, mittalaitteet, mittauskäytännöt, aikasarja-aineiston prosessointi, impedanssitensoiri ja sen ominaisuudet, impedanssitensoirin häiriöiden lähteet, kertaus magnetotellurisen aineiston mallinnukseen ja inversioon 1D-, 2D- ja 3D-ympäristöissä, sähköisen anisotropian vaikutus mittaustuloksiin, aineiston ja tulosten esitystavat, johtavuusmekanismit ja johtavuusmallien tulkinta, esimerkkejä tutkimuksista. Kurssiin kuuluu oleellisena osana harjoitustyö, jota tehdään samanaikaisesti luentojen kanssa.

*Ajoiutus ja kohderyhmä:* Opintojakson sopiva suoritusajankohta on 4. – 5. opintovuosi. Opintojaksojen ”Sähkömagneettisten mittausten teoria” (762611S) ja ”Sähkömagneettisten kenttien mallintaminen” (762630S) kuuntelemista suositellaan ennen magnetotelluriikan opintojaksolle osallistumista.

*Työtavat:* 20 h lu, 20 h harj, harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Simpson, F. & Bahr, K., 2005: Practical magnetotellurics; Vozoff, K. (ed.), 1986: Magnetotelluric methods.

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

**Matalaseismiset luotaukset 6 op / 4 ov (762636S)**

Kurssin sisällön muodostavat seismisen refraktio- ja reflektioluotauksen fysikaaliset periaatteet ja mittaustapahtumat. Lisäksi kurssilla perehdytään seismisten luotauksen tulkinta- ja korjausmenetelmiin. Sovelluksia käydään läpi erilaisten esimerkkien avulla. Kurssiin kuuluvassa harjoitustyössä suoritetaan refraktioseisminen luotaus maastossa, jonka aineistolle tehdään tulkinta.

*Ajoiutus ja kohderyhmä:* Kurssi soveltuu seismisistä tutkimuksista kiinnostuneille ja sopiva suoritusajankohta on 4. tai 5. opintovuosi.

*Työtavat:* 30 h lu, 15 h harj ja harjoitustyö.

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomateriaali sekä soveltuvin osin teokset Sjögren, B., 1984: Shallow refraction seismics; Palmer, D., 1986: Refraction seismics; Al-Sadi, H.N., 1982: Seismic exploration.

*Vastuuhenkilö:* Kari Moisio

**Muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa kotimaassa suoritettavat kurssit (762661S)**

Kotimaisissa muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa suoritettuja syventäviä opintojaksoja.

Suoritusmerkintä professorilta.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

**Muissa yliopistoissa ja korkeakouluissa ulkomailta suoritettavat kurssit (762663S)**

Esimerkiksi kansainvälisten vaihto-ohjelmien (Erasmus, Nordplus) piirissä suoritettuja syventäviä opintojaksoja.

Suoritusmerkintä professorilta.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

**Opinnäyte (pro gradu -tutkielma ja esitelmä) 35 op / 18 ov (762681S)**

*(aikaisemmin 40 op / 20 ov)*

Pro gradu -tutkielmassa opiskelijan on osoitettava valmiutta tieteelliseen ajattelutapaan; tutkimusongelman asettamiseen, tutkimusmenetelmien valintaan ja hallintaan sekä ongelman ratkaisemiseen. Lisäksi opiskelijan on osoitettava perehtyneisyyttä tutkielman aihepiiriin liittyvään kirjallisuuteen sekä valmiutta tieteelliseen viestintään geofysiikan alalla. Tutkielman aiheesta sovitaan professorin kanssa.

Laitosneuvosto arvostelee pro gradu -tutkielman arvosanoilla approbatur, ..., laudatur. Tutkielman tarkastajat määrää dekaani oppiaineen professorin esityksestä.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen.

**Opintoretki 2 op / 1 ov (762684S)**

Opintojen loppuvaiheessa oleville geofysiikan pääaineopiskelijoille järjestetään opintoretki, jolla tutustutaan geofysiikan alan työtehtäviin eräissä suomalaisissa yrityksissä ja tutkimuslaitoksissa. Opintoretken järjestelyistä ilmoitetaan erikseen. Opintoretken jälkeen opiskelijat laativat retkestä matkakertomuksen, joka voi olla kirjallinen selostus tai poster-esitelmä.

*Ajoiutus ja kohderyhmä:* geofysiikan pääaineopiskelijat

*Työtavat:* retki

*Kuulustelu:* hyväksytyt matkakertomus

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

**Painovoima- ja magneettiset menetelmät 5 op / 3 ov (762612S)**

Tavoitteena on antaa perusvalmiudet geofysikaalisten painovoima- ja magneettisten mittausten tulkintaan. Kurssilla käydään läpi menetelmien fysikaaliset perusteet, käytännön mittausjärjestelyt, aineiston käsittely- ja tulkintamenetelmät sekä erilaisten rakenteiden aiheuttamia anomaliaita. Harjoituksissa perehdytään mallinnus- ja tulkintaohjelmien käyttöön.

*Ajoiutus ja kohderyhmä:* 3. - 5. opintovuosi.

*Työtavat:* 20 h lu, 20 h lask, dem ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Valittuja artikkeleita geofysiikan julkaisuista sekä Blakely, R. J., 1995: Potential theory on gravity and magnetic applications.

*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi.

**Sovelletun geofysiikan maastokurssi  
6 op / 4 ov (762644S)**

Kurssilla sovelletaan geofysiikan menetelmiä esim. malmitutkimuksissa, kallioperän rakenneselvityksissä, maa-ainesten ja pohjaveden etsimiseen sekä harjujen ja erilaisten moreeni muodostumien tutkimiseen. Kurssilla käytettäviä geofysikaalisia tutkimusmenetelmiä ovat mm. seismiset, sähköiset ja sähkömagneettiset luotaukset sekä magneettiset, sähköiset ja sähkömagneettiset profiilimittaukset. Kurssin keskeiset osat ovat mittaukset, mittausaineiston käsittely ja mallinnus sekä geofysikaalisten tulosten tulkinta. Kurssi pyritään toteuttamaan yhdessä geotieteiden laitoksen kurssien 772662S ja 773673S kanssa.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. tai 5. opintovuosi, kaikille kenttämittauksista kiinnostuneille. Opintojakso on pakollinen geofysiikan pääaineopiskelijoille FM-tutkinrossa. Opintojakso järjestetään syyslukukaudella joka toinen tai kolmas vuosi.

*Työtavat:* 10 h lu ja 60 h maastoharjoitus, mitatun aineiston käsittely ja tulkinta  
*Kuulustelu:* hyväksytty työsoselostus  
*Yhteys muihin opintoihin:* edellyttää kurssin 762102P aikaisempaa suoritusta  
*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi.

**Sähkömagneettisten kenttien mallintaminen  
5 op / 3 ov (762630S)**

Kurssilla perehdytään erilaisiin menetelmiin saada maankamaran yksi- tai moniulotteiset teoreettiset vasteet (anomaliat), joita tarvitaan tulkittaessa maankamaran tutkimiseksi tehtyjä sähkömagneettisia mittauksia. Kurssin sisältö on pääpiirteissään seuraavanlainen: Sähkö-magneettiset kentät: kenttäyhtälöt, reunaehdot. Kerroksellinen malli. Moniulotteinen malli: pienoismallimittaukset, erotusosamäärämenetelmä, siirtolinjan analogia, elementtimenetelmä ja integraalilyhtälömenetelmä. Ohutlevyaprossimaatio. Yhtälöryhmän ratkaiseminen. Virheistä.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritussajankohta on 4. tai 5. opintovuosi.  
*Työtavat:* 35 h lu, 10 h dem ja harjoitustyö  
*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytty harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Valittuja artikkeleita alan lehdistä. Osia kirjasta: Nabighian, M. N. (ed.), 1988: Electromagnetic methods in applied geophysics, Volume 1, Theory, s. 313-363 ja 365-441.  
*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

**Sähkömagneettisten mittausten teoria  
5 op / 3 ov (762611S)**

Kurssi antaa syventävää tietoa geofysiikassa käytettävien sähkömagneettisten menetelmien teoriasta ja sovellutuksista. Kurssilla käsitellään mm. sähkömagneettinen induktio, vaimeneminen ja heijastuminen, aika- ja taajuusalueen mittaukset, sähköinen ja magneettinen dipolilähde tyhjiössä, johtavassa väliaineessa, kerrosmaan päällä, sekä kaksi- ja kolmiulotteisten kappaleiden lähistöllä. Lisäksi käsitellään erityisesti pinnanläheisiin tutkimuksiin käytettäviä sähkömagneettisia erilaisia mittausjärjestelmiä, niiden vasteita ja anomalioiden muodostumista, johtavan irtomaapeitteen ja ympäristön vaikutusta sekä tarkastellaan mittausten tulkintaa. Harjoituksissa perehdytään mallinnus- ja tulkintaohjelmien käyttöön.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* 4. tai 5. opintovuosi.  
*Työtavat:* 20 h lu, 20 h lask, dem ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytty harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Ward, S.H. & Hohmann, G.W., 1988: Electromagnetic theory for geophysical applications; Frischknecht, F.C., Labson, V.F., Spies, B.R. & Anderson, W.L., 1991: Profiling methods using small sources; Spies, B.R. & Frischknecht, F.C., 1991: Electromagnetic sounding, In: Nabighian, M.N. (ed.), 1988 & 1991: Electromagnetic methods in applied geophysics. Volumes 1 and 2.  
*Vastuuhenkilö:* Markku Pirttijärvi

**Tulkintateoria 6 op / 4 ov (762605S)**

Tavoitteena on systemaattinen johdatus geofysikaalisten maastomittausten inversioeli tulkintamenetelmiin. Sisältö: Tulkinnan peruskäsitteet, tulkintamallien ja menetelmien valinta. Nomogrammitulkinta. Lineaariparametritulkinta: Aidot lineaariparametrit, linearisointi, yleistetty inversio, tomografiaperiaate. Epälineaarinen tulkinta: yksi- ja moniulotteinen optimointi. Tulkinnan erikoismenetelmät: Analyttinen inversio, funktioteoreettiset menetelmät, tilastolliset menetelmät. Todennäköisyystiheyden ja entropian maksimin periaatteet. Virheanalyysi.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritussajankohta on 4. tai 5. opintovuosi ja se on pakollinen geofysiikan pääaineopiskelijoiden FM-tutkinrossa.

*Työtavat:* 30 h lu, 20 h lask ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomoniste ja luentomateriaali. Hjelt, S.E., 1992: Pragmatic inversion of geophysical data sekä soveltuvin osin Menke, W., 1989: Geophysical data analysis: discrete inverse theory; Sen, M. & Stoffa, P.L., 1995: Global optimization methods in geophysical inversion; Scales, J.A., Smith, M.L. & Treitel, S., 2001: Introductory geophysical inverse theory.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

#### **Työharjoittelu 6 op / 3 ov (762652S)**

*(aikaisemmin 4 op / 2 ov)*

Opiskelija toimii työntekijänä sopivaksi katsutuissa paikoissa vähintään 8 viikkoa. Harjoittelusta sovitaan etukäteen geofysiikan opintoneuvojan tai oppiaineesta vastaavan professorin kanssa. Harjoittelustaan opiskelija laatii selostuksen ja pitää 15-30 min mittaisen esitelmän.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* maisteriopintojen aikana, pakollinen FM-tutkinnossa, geofysiikan pääaineopiskelijat

*Työtavat:* työharjoittelu, raportti, esitelmä

*Kuulustelu:* hyväksytyt työharjoitteluraportti ja pidetty esitelmä

*Vastuuhenkilö:* Toivo Korja

#### **VLf-menelmä 5 op / 3 ov (762617S)**

Kurssilla perehdytään syvällisesti VLf-menetelmään, joka on nykyään eräs suosituimmista maankamaraan pintaosien tutkimiseen käytettävistä sähkömagneettisista menetelmistä. Kurssin sisältö on pääpiirteissään seuraavanlainen: Lähdekenttä: lähettinasemat ja -antennit, etäiset lähettimet, paikalliset lähettimet, eteneminen, polarisaatio, vaimeneminen. Kallistuskulmamittaus (VLf): kallistuskulma, elliptisyys, mittausperiaate. Vastusmittaus (VLf-R): näennäinen ominaisvastus, vaihe, mittausperiaate. Perusanomaliat: homogeeninen maankamara, kaksikerrosmä, levymäinen johde, prisma. Erikoisanomalioiden tulkinta: yleistä, kvalitatiivinen tulkinta, visuaalinen tulkinta, suodatintulkinta, kvantitatiivinen tulkinta, nomogrammitulkinta, numeerinen mallintaminen, inversio, eri malliparametrien vaikutuksia. Esimerkkejä VLf-mittauksista.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Kurssin sopiva suoritusaikajankohda on 4. tai 5. opintovuosi.

*Työtavat:* 35 h lu, 10 h dem ja harjoitustyö

*Kuulustelu:* tentti ja hyväksytyt harjoitustyö  
*Oppimateriaali:* Luentomateriaali. Valittuja artikkeleita alan lehdistä. Osia kirjasta: Nabighian, M. N. (ed.), 1991: Electromagnetic methods in applied geophysics, Volume 2, Part B, s. 521-640.

*Vastuuhenkilö:* Pertti Kaikkonen

## **Opintokokonaisuudet sivuaineopiskelijoille**

Fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus eli ns. cum laude approbatur (60 op) sisältää perus- ja aineopintoja yhdistäviä opintopaketteja sekä perusopintopaketteja ja aineopintopaketteja. Ne sivuaineopiskelijat, jotka suorittavat vain fysiikan perusopintokokonaisuuden (25 op) tai sen osia, osallistuvat erillisille fysiikan perusopintopakettien luennoille, joita järjestetään vuosittain.

Niille sivuaineopiskelijoille, jotka ovat suorittaneet fysiikan perusopintopaketit jo aikaisemmin ja haluavat täydentää opintojensa aineopinnoilla, kerrotaan vaatimuksista tarkemmin laitoksen ilmoitustaululla.



## Fysiikka

### Fysiikan perusopintokokonaisuus (761110P) 25 op (fysiikan approbatur-oppimäärä)

Tämä opintokokonaisuus soveltuu fysiikan sivuaineopinnoiksi toisessa koulutusohjelmassa opiskelevalle. Perusopintojaksoista ja opintojaksosta 761112P Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen voi myös koota vähintään 15 op:n sivuaine-kokonaisuuden, josta saa merkinnän tutkintotodistukseen.

Pohjatiedoiksi riittävät lukion laaja fysiikka ja matematiikka. Puutteellisia pohjatietoja voi täydentää esimerkiksi lukion oppikirjoista ja sopivilla matematiikan opinnoilla. Peruskurssin rinnalla suositellaan suoritettaviksi matematiikan opintojaksot 800147P Matematiikan perusmetodit I ja 800322A Analyysi II. Opintokokonaisuus koostuu seuraavista opintojaksoista, jotka suoritetaan erillisinä.

Perusopintokokonaisuus (25 op)	op	koodi	yksikkö
Perusmekaniikka	4	761101P	Fys.
Lämpöoppi	2	761102P	Fys.
Sähkö- ja magnetismioppi	4	761103P	Fys.
Yleinen aaltoliikeoppi	3	761104P	Fys.
Atomi- ja ydinfysiikka	3	761105P	Fys.
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	Fys.
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	Fysik. tieteet

**Huom. Koulutusohjelmassa useamman oppiaineen opintoihin hyväksyttävät opintojaksot voi käyttää vain kertaalleen, ts. yhteen oppiaineeseen.**

Opintojaksot 761101P - 761105P luennoidaan peräkkäin yhden lukuvuoden aikana ja numerojärjestys on myös suositeltava suoritusjärjestys. Mikäli tästä poiketaan, jakso 761101P Perusmekaniikka on kuitenkin parasta suorittaa ensimmäisenä, sillä siihen sisältyy eräiden matemaattisten menetelmien esittely. Opintojakso 761121P Fysikaaliset mittaukset I on hyvä suorittaa ennen opintojaksoa 766107P Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt.

Fysiikan peruskurssiin sisältyvät opintojaksot arvostellaan erillisinä ja kokonaisuuden arvosana on opintojaksojen arvosanojen painotettu keskiarvo, jossa painokerroksina käytetään opintojaksojen opintopistemääriä.

### Fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus 60 op

Tämä kokonaisuus on tarkoitettu niille **aineenopettajiksi opiskeleville**, joiden toinen opetettava aine on fysiikka. Kokonaisuus sisältää vastaavat fysiikan perusopinnot. Opintokokonaisuus koostuu seuraavista opintojaksoista, jotka suoritetaan erillisinä.

<b>Fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op)</b>			
<b>Fysiikan ydinopinnot (40 op)</b>	op	koodi	yksikkö
Fysiikan matematiikka <sup>1</sup>	6	763101P	Teor. fys
Mekaniikka	7	766323A	Fys.
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fys.
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fys.
Atomifysiikka	6	766326A	Fys.
Aaltoliike ja optiikka	6	766329A	Fys.
Fysikaaliset mittaukset I	3	761121P	Fys.
Aineen rakenne I	4	763333A	Teor. fys.
<b>Fysiikan lisäopinnot (20 op)</b>			
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	Fysik. tieteet
Fysiikan harjoitustyöt	2	761308A	Fys.
Fysiikan ja kemian demonstraatiot	2	766309A	Norm.koulu
Termofysiikka	6	766328A	Fys.
Aineen rakenne II	2	766334A	Fys.
Säteilyfysiikka	2	761117P	Fys.

<sup>1</sup> Ne, jotka ovat ehtineet matematiikassa jo pitemmälle, voivat ottaa tämän kurssin tilalle fysiikan valinnaisia opintoja ja/tai 763102P Johdatus suhteellisuusteoriaan 3 op ja/tai 766115P Fysikaalisten tieteiden esittely 1 op.

**Huom. Muut kuin aineenopettajiksi opiskelevat sivuaineopiskelijat voivat suorittaa fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuuden 60 op tekemällä Fysiikan harjoitustyöt 4 op. Heille ei kuulu Fysiikan ja kemian demonstraatiot -opintojakso.**

**Huom. Fysiikan ja kemian demonstraatiot voi sisältyä joko fysiikan tai kemian opintoihin, mutta ei molempiin.**

**Huom. Useamman oppiaineen opintoihin hyväksyttävät opintojaksot voi käyttää vain kertaalleen, ts. yhteen oppiaineeseen.**

Opintojaksot 763101P Fysiikan matematiikkaa ja 766323A Mekaniikka on syytä suorittaa ensimmäisenä. Opintojakso 761121P Fysikaaliset mittaukset I on hyvä suorittaa ennen opintojaksoa 766107P Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt. Kurssi 766326A Atomifysiikka tulee suorittaa ennen kursseja 763333A Aineen rakenne I ja 766334A Aineen rakenne II. Fysiikan opintojen rinnalle suositellaan otettavaksi matematiikan opintojaksot 800147P Matematiikan perusmetodit I, 802118P Lineaarialgebra I, 802119P Lineaarialgebra II sekä 800345A Differentiaaliyhtälöt I. Suositeltavaa on suorittaa myös opintojakso 763102P Johdatus suhteellisuusteoriaan.

Fysiikan perus- ja aineopintokokonaisuuteen sisältyvät opintojaksot arvostellaan erillisinä ja kokonaisuuden arvosana on opintojaksojen arvosanojen painotettu keskiarvo, jossa painokertoimina käytetään opintojaksojen opintopistemääriä.

### Teoreettinen fysiikka

Teoreettisen fysiikan perusopintokokonaisuus (25 op)

Opintokokonaisuuden tavoitteena on antaa yleiskuva teoreettisesta fysiikasta sekä perusvalmiudet matematiikan ja tietokoneiden käyttöön fysiikan ongelmien ratkaisemisessa.

**Teoreettisen fysiikan perusopin kokonaisuus (15 – 25 op)**

<i>Pakollisia:</i>	op	koodi	yksikkö
Johdatus suhteellisuusteoriaan	3	763102P	Teor. fys.
Fysiikan matematiikkaa	6	763101P	Teor. fys.
<i>Lisäksi valitaan 6-16 op esimerkiksi seuraavista kursseista:</i>			
ATK I Ohjelmoinnin perusteet	4	763114P	Teor. fys.
ATK II Numeerinen mallintaminen	4	763315A	Teor. fys.
Fysikaalisten tieteiden esittely	1	766115P	Fysik. tieteet
Fysikaalisen maailmankuvan kehittyminen	3	761112P	Fys.
Mekaniikka	7	766323A	Fys.
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fys.
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fys.
Atomifysiikka	6	766326A	Fys.
Aineen rakenne I	4	763333A	Teor. fys.
Aineen rakenne II	2	766334A	Fys.
Termofysiikka	6	766328A	Fys.

**Huom. Useamman oppiaineen opintoihin hyväksyttävät opintojaksot voi käyttää vain kertaalleen, ts. yhteen oppiaineeseen.**

**Teoreettisen perus- ja aineopin kokonaisuus (60 op)**

Opintokokonaisuuden tavoitteena on antaa perustiedot fysiikan eri osa-alueilta sekä perehdyttää fysiikan matemaattisiin menetelmiin.

**Teoreettisen fysiikan perus- ja aineopin kokonaisuus (60 op)**

Perusopin kokonaisuus	25		
Analyttinen mekaniikka	6	763310A	Teor. fys.
Kvanttimekaniikka I	10	763312A	Teor. fys.
Kvanttimekaniikka II	10	763313A	Teor. fys.
<i>Lisäksi valitaan 9 op esimerkiksi seuraavista kursseista:</i>			
Sähkömagnetismi I	4	766321A	Fys.
Sähkömagnetismi II	4	766322A	Fys.
Atomifysiikka	6	766326A	Fys.
Aineen rakenne I	4	763333A	Teor. fys.
Aineen rakenne II	2	766334A	Fys.
Termofysiikka	6	766328A	Fys.
Hydrodynamiikka	6	763654S	Fys.

Tähtitiede

Tähtitieteen perusopinnot sivuaineopiskeijoille

<b>Tähtitieteen perusopintokokonaisuus (25 op)</b>			
	op	koodi	yksikkö
Johdatus tähtitieteeseen I	4	765101P	Tähtitiede
Johdatus tähtitieteeseen II	8	765102P	"
Tähtitieteen historia	3	765106P	"
Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt	6	766107P	Fysik. tieteet
ATK tähtitieteessä (tai ATK I, 763114P)	4	765135P	Tähtitiede

Sivuaineopiskelijoiden 60 op kokonaisuus (cum laude approbatur) koostuu tähtitieteen perusopinnoista 25 op (approbatur) ja aineopinnoista 35 op.

<b>Tähtitieteen perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op)</b>			
Tähtitieteen perusopintokokonaisuus	25		
<i>Lisäksi seuraavista kursseista oman valinnan mukaan:</i>			
Cum laude -työt (2-4 työtä)	4-8	765334A	Tähtitiede
Theoretical astrophysics	7	765373A	"
Galaksit ja kosmologia	5	765330A	"
Tähtien rakenne ja evoluutio	8	765343A	"
Taivaanmekaniikka	5	765304A	"
Tähtitieteen havaintomenetelmät	5	765398A	"
Planetologia I	5	765303A	"
Planetologia II	5	765339A	"
<i>Voi sisältyä myös:</i>			
Vaihtuva-aiheisia aineopintoja / Erikoiskurssi	4-x	765385A	Tähtitiede
Plasmafysiikan perusteet	5	761353A	Fys.
Johdatus suhteellisuusteoriaan	3	763102P	Teor. fys.
Analyttinen mekaniikka	6	763310A	Teor. fys.

Biofysiikka

Biofysiikan perusopintokokonaisuus (25 op) (approbatur)

Kokonaisuuden tavoitteena on antaa perusteet biofysiikan kansainvälisesti tärkeimmistä aihepiireistä ja antaa kuva käytännön sovellustavoista.

<b>Biofysiikan perusopintokokonaisuus (25 op)</b>			
	op	koodi	yksikkö
Johdatus biofysiikkaan	5	764162P	Biofysiikka
Solujen biofysiikan perusteet	2	764115P	Biofysiikka

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

Solukalvojen biofysiikka	6	764323A	Biofysiikka
Säteilyfysiikka, -biologia ja -turvallisuus	3	764317A	Biofysiikka
Biofysiikan muita aineopintoja	9		Biofysiikka

Sivuainemerkinnän voi antaa myös muista vähintään 15 op:n biofysiikan opintokokonaisuuksista. Sivuaineen sisällöstä on tällöin neuvoteltava biofysiikan professorin kanssa.

**Biofysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op)**  
(cum laude approbatur)

Opintokokonaisuuden tavoitteena on antaa perustiedot biofysiikan eri osa-alueilta sekä perehdyttää biofysiikan keskeisiin menetelmiin, mittaamiseen ja mallintamiseen.

<b>Biofysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op)</b>			
Biofysiikan perusopintokokonaisuus	25		
Spektroskooppiset menetelmät	5	764359A	Biofys/Fys
Biofysiikan harjoitustyöt	5	764325A	Biofysiikka
Biosysteemien analyysi	4	764364A	Biofysiikka
Biofysiikan muita aineopintoja	21		

**Huom. Useamman oppiaineen opintoihin hyväksyttävät opintojaksot voi käyttää vain kertaalleen, ts. yhteen oppiaineeseen.**

Geofysiikka

**Geofysiikan perusopintokokonaisuus (25 op)**

Opintokokonaisuuden tavoitteena on antaa perustiedot kiinteän maan geofysiikan keskeisistä ilmiöstä, tutkimusmenetelmistä ja sovelluskohteista

Sivuainemerkinnän voi saada myös muista vähintään 15 op:n geofysiikan opintokokonaisuuksista. Kokonaisuuden sisällöstä on tällöin keskusteltava geofysiikan oppiaineestaavansa kanssa.

<b>Geofysiikan perusopintokokonaisuus (25 op)</b>			
	op	koodi	yksikkö
Johdatus kiinteän maan geofysiikkaan	5	762192P	Geofys
Hydrologian perusteet	4	762193P	
Maa- ja kallioperän geofysikaaliset tutkimusmenetelmät	8	762102P	
GIS geotieteissä	5	762196P	
Vapaasti valittavia geofysiikan opintoja	3		

## Geofysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op)

Opintokokonaisuuden tavoitteena on laajentaa geofysiikan perusopintokokonaisuudessa saatuja tietoja geofysiikan ilmiöistä, niiden tutkimiseen käytettävistä menetelmistä ja geofysikaalisten menetelmien sovellutuskohteista.

**Geofysiikan perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op)**

Geofysiikan perusopintokokonaisuus	25		Geofys
Mittausaineiston käsittely	6	762304A	
Petrofysiikka	5	762327A	
Vapaasti valittavia geofysiikan aineopintoja	24		

Tietotekniikka fysiikassa

Opintokokonaisuus kootaan lähinnä fysikaalisten tieteiden laitoksen ja tietojenkäsittelytieteiden laitoksen tuottamista kursseista. Merkinnän (vähintään 15 op) antaa teoreettisen fysiikan yliassistentti/professori Mikko Saarela (varalla teoreettisen fysiikan professori). Alla on kysymykseen tulevia kursseja:

**Tietotekniikka fysiikassa (15 – 25 op)****Pakollisia:**

ATK I Ohjelmoinnin perusteet (Teor. fys)	4	763114P
ATK II Numeerinen mallintaminen (Teor. fys)	4	763315A

**Vaihtoehtoisia:**

ATK III Tieteellinen ohjelmointi (Teor. fys)	6	763641S
ATK IV Numeerinen ohjelmointi (Teor. fys)	6	763616S
Matematiikan ATK (Matem.)	8	801344A
ATK tähtitieteessä (Tähti)	4	765135P
Johdatus ohjelmointiin (Tiet. käs.)	5	811122P
Unixin perusteet (Tiet. käs.)	3	810135P
Johdatus tietorakenteisiin (Tiet. käs.)	3	811376A

## Teknillisen tiedekunnan opiskelijoille tarkoitettut opintojaksot ja -kokonaisuudet

**Fysiikka K 10 op / 6 ov (761190P)**

(aikaisemmin 13 op / 8 ov)

Konetekniikan opiskelijoille.

Sisältö: 761121P Fysikaaliset mittaukset I 3 op (12 t luentoja, 20 t harjoitustöitä, pääteko), 761103P Sähkö- ja magnetismioppi 4 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, pääteko), 761104P Yleinen aaltoliikeoppi 3 op (32 t

luentoja, 12 t harjoituksia, pääteko)

Vastuuhenkilö: Jukka Jokisaari.

**Fysiikka P 11 op / 6 ov (761191P)**

(aikaisemmin 14 op / 8 ov)

Prosessitekniikan opiskelijoille.

**Sisältö:** 761121P Fysikaaliset mittaukset I 3 op (12 t luentoja, 20 t harjoitustöitä, päätekoee), 761101P Perusmekaniikka 4 op (32 t luentoja, 16 t harjoituksia, päätekoee), 761103P Sähkö- ja magnetismioppi 4 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, päätekoee)  
**Vastuuhenkilö:** Jukka Jokisaari.

**Fysiikka Y 11 op / 6 ov (761199P)**

Ympäristötekniikan opiskelijoille.

**Sisältö:** 761121P Fysikaaliset mittaukset I 3 op (12 t luentoja, 20 t harjoitustöitä, päätekoee), 761101P Perusmekaniikka 4 op (32 t luentoja, 16 t harjoituksia, päätekoee), 761103P Sähkö- ja magnetismioppi 4 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, päätekoee).  
**Vastuuhenkilö:** Jukka Jokisaari.

**Fysiikka T 14 op / 8 ov (761194P)**

(aikaisemmin 15,5 op / 9 ov)

Tuotantotalouden opiskelijoille.

**Sisältö:** 761121P Fysikaaliset mittaukset I 3 op (12 t luentoja, 20 t harjoitustöitä, päätekoee), 761101P Perusmekaniikka 4 op (32 t luentoja, 16 t harjoituksia, päätekoee), 761103P Sähkö- ja magnetismioppi 4 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, päätekoee), 761104P Yleinen aaltoliikeoppi 3 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, päätekoee).  
**Vastuuhenkilö:** Jukka Jokisaari.

**Fysiikka S 16 op / 9 ov (761193P)**

(aikaisemmin 14 op / 8 ov tai 17,5 op / 10 ov)

Sähkötekniikan ja tietotekniikan opiskelijoille.

**Sisältö:** 761121P Fysikaaliset mittaukset I 3 op (12 t luentoja, 20 t harjoitustöitä, päätekoee), 761101P Perusmekaniikka 4 op (32 t luentoja, 16 t harjoituksia, päätekoee), 761102P Lämpöoppi 2 op (16 t luentoja, 8 t harjoituksia, päätekoee), 761103P Sähkö- ja magnetismioppi 4 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, päätekoee), 761104P Yleinen aaltoliikeoppi 3 op (32 t luentoja, 12 t harjoituksia, päätekoee).  
**Vastuuhenkilö:** Jukka Jokisaari.

Sähkötekniikan opiskelijoille lisäksi:

**Soveltava sähkömagneetiikka 6 op / 4 ov (766320A)**

Kurssi koostuu sähkömagneettisesta kenttäteoriasta ja sen sovelluksista. Kurssi koostuu kolmesta osiosta: a) kenttäteorian luennot ja niihin liittyvät laskuharjoitukset, päätekoee b) arvosteltavat kotitehtävät ja c) projekti

sekä siitä laadittava raportti. Kukin näistä osioista tulee läpäistä hyväksytysti. Kurssin arvosana määräytyy painotettuna keskiarvona osioiden a), b) ja c) tuloksista painoilla 50 %, 25 % ja 25 %. Osio a) korvaa aiemmat kurssit 766325A Sähkömagnetismi (TTK) ja 761398A Sähköoppi.

a) Kenttäteorian luennot ja laskuharjoitukset  
 Kenttäteorian lähtökohtana ovat kokeellisesti perustellut Maxwellin yhtälöt, joista johdetaan sähköstatiikka, virtausstatiikka, magnetostatiikka, dynaamisten sähkömagneettisten kenttien teoria ja sähkömagneettisten aaltojen eteneminen avaruudessa. Tämä teoria muodostaa perustan kaikelle sähkötekniikalle, mutta sen hallinta on edellytyksenä erityisesti antennien ja aaltojohtojen (koaksiaalijohtojen, parijohtojen ja aaltoputkien) toiminnan ymmärtämiselle. Laskuharjoitustehtävät ovat lyhyehköjä ja niissä sovelletaan luennoilla esitettyä teoriaa yksinkertaisiin ongelmiin.

b) Arvosteltavat kotitehtävät

Arvosteltavat kotitehtävät ovat laajempia kuin laskuharjoitustehtävät ja edellyttävät omaehtoista pohdintaa. Tehtäviä tulee kunkin osallistujan ratkaistavaksi 6 kpl.

c) Projekti

Projektityössä konkretisoidaan sähkömagnetismin ilmiöitä. Työtä ei tehdä yksityiskohtaisten ohjeiden mukaan, vaan tehtävä kuvataan väljästi. Ryhmän tulee keksiä itse koejärjestely saatavissa olevien laitteiden avulla. Ryhmä laatii työstään raportin.

**Työtavat:** 36 h lu, 12 kpl laskuharj (laskupäivämenetelmällä), 12 h ryhmätyön ohjausta ja raporttien esittelyä, päätekoee.

**Oppimateriaali:** Kurssin runkona toimivat oppikirjat Ismo Lindell ja Ari Sihvola: Sähkömagneettinen kenttäteoria 1 ja 2 (jälkimmäisestä vain alkuosa). Luentomateriaali toimitetaan saataville verkkoon.

**Yhteys muihin opintojaksoihin:** Edeltävinä opintoina 761103P Sähkö- ja magnetismioppi sekä 031011P Matematiikan peruskurssi II. Toimii pohjana kurssille 521384A Radiotekniikan perusteet. On myös hyödyllinen useille muille aineopintokursseille ja syvennäville kursseille.

**Ajoitus:** 2. syyslukukausi

**Vastuuhenkilö:** Tuomo Nygrén

## Henkilökuntaa

---

**Postiosoite:** PL 3000, 90014 OULUN YLIOPISTO

**Sähköposti:** physics@oulu.fi

---

fysiikka: osastosihteeri Anja Miettunen (08) 553 1280 fax (08) 553 1287  
opintoasiainsihteeri Mervi Niemelä (08) 553 1379  
geofysiikka: toimistosihteeri Paula Pönttiö (08) 553 1405 fax (08) 553 1414

**Laitoksen johtaja:** professori, FT Jukka Jokisaari, fysiikka 553 1308  
**Laitoksen varajohtaja:** professori, LT Matti Weckström, biofysiikka 553 1125

**Oppiaineiden vastuuhenkilöt:**

**biofysiikka:** professori, LT Matti Weckström 553 1125  
**fysiikka:** professori, FT Jukka Jokisaari 553 1308  
**geofysiikka:** professori, FT Pertti Kaikkonen 553 1403  
**teoreettinen fysiikka:** professori, FT Kari Rummukainen 553 1883  
**tähtitiede:** professori, FT Juri Poutanen 553 1962

**Fysiikan erikoistumisalojen vastuuhenkilöt:**

Elektronispektroskopia Helena Aksela, prof. 553 1319  
Seppo Aksela, prof. 553 1327  
IR ja optiikka Seppo Alanko, dos., FT 553 1313  
NMR-spektroskopia Jukka Jokisaari, prof. 553 1308  
Avaruusfysiikka Tuomo Nygrén, prof. 553 1368  
Kalevi Mursula, prof. 553 1366

**Amanuessi:** Anja Pulkkinen, FM 553 1285

**Opintoneuvojat:**

biofysiikka: Jussi Koivumäki, yo. 553 1100  
fysiikka: Kati Kyllönen, FM 553 1336  
geofysiikka: Toivo Korja, dos., FT 553 1404  
teoreettinen fysiikka: Timo Virtanen, FM 553 1875  
tähtitiede: Pertti Rautiainen, FT 553 1933

---

Useimmilla henkilökuntaan kuuluvilla on sähköposti, jonka osoite on muotoa: etunimi.sukunimi@oulu.fi

Päivitetty henkilökuntaluettelo on laitoksen www-sivulla: <http://physics.oulu.fi>