

# Opasraportti

## LuTK - Matemaattisten tieteiden maisteriohjelma (2019 - 2020)

Matemaattisten tieteiden maisteriohjelman opiskelija voi opiskella matematiikkaa sekä matematiikan sovelluksiin liittyviä laskennallisia ja tilastollisia menetelmiä. Tutkintoon voi sisällyttää myös muita luonnontieteellisiä ja teknillisiä aineita. Tutkinnon rakenne antaa tilaa opiskelijan omille valinnoille.

Filosofian maisterin tutkinnon (120 opintopistettä) voi suorittaa seuraavista suuntautumisvaihtoehdoista:

- matematiikka (pääaine matematiikka)
- laskennallinen matematiikka ja datatiede (pääaine sovellettu matematiikka)
- aineenopettaja (pääaine matematiikka)

**Tutkinto-ohjelman opinto-opas(pdf), jossa tutkintovaatimukset suuntautumisvaihtoehdottain sekä opintojen ajoitusaikataulu (tutkintorakenne) löytyy [Opinto-oppaat -verkkosivulta](#) (valitse Matemaattiset tieteet). Matematiikan opinnoista lisätietoa myös [Moodlen työtilassa](#) (Luonnontieteellinen tiedekunta) Matematiikan Ohjuri.**

### Yhteystiedot:

Tutkinto-ohjelman vastuhenkilö Pekka Salmi

Suuntautumisvaihtoehtojen omaopettajat:

- Datatiede: Esa Läärä
- Laskennallinen matematiikka (soveltava matematiikka): Erkki Laitinen
- Matematiikka: Esa Järvenpää
- Aineenopettaja: Marko Leinonen

Tutkinto-ohjelman koulutussuunnittelija Elina Koskinen

Opintoneuvonnasta vastaavat omaopettajat sekä koulutussuunnittelija, jotka opastavat maisterivaiheen opiskelijoita mm. opiskelun suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä.

## Tutkintorakenteet

Filosofian maisterin tutkintoon sisältyvät pääaineen syventävät opinnot ja niitä tukevat opinnot, jotka voivat olla sivuaineopintoja, kieli- ja viestintäopintoja, harjoittelua tai muita opintoja.

Tutkinnon ohjeellinen opiskeluaikataulu löytyy [Opinto-oppaat -verkkosivulla](#) (Valitse Matemaattiset tieteet). Osa kursseista toteutetaan vaihtelevasti, joten tarkista WebOodista sen lukuvuoden kurssitarjonta ja suunnittele opintosi siltä pohjalta.

## FM-tutkinto (Matemaattiset tieteet)

Tutkintorakenteen tila: julkaistu

Lukuvuosi: 2019-20

Lukuvuoden alkamispäivämäärä: 01.08.2019

### Suuntautumisvaihtoehdon syventävät opinnot (vähintään 120 op)

Tutkinnon laajuus on väh. 120 op ja sisältää pääaineen syventävät opinnot sekä muita pakollisia ja/tai valinnaisia opintoja.

Perehdy [opinto-oppaassa](#) (Matemaattiset tieteet, pdf) esitettyihin tutkintovaatimuksiin ennen opintosuunnitelman laatimista.

#### Matematiikan suuntautumisvaihtoehto

800600S: Kypsyysnäyte, 0 op

H325053: Matematiikan syventävä moduli, 0 - 100 op

*Valitse väh. 50 op syventäviä matematiikan opintoja seuraavista: (tai jokin muu opintojakso linjan vastuuhenkilön suostumuksella.*

802656S: Algebralliset luvut, 5 op

802664S: Differentiaaligeometria, 10 op

802649S: Dynaamiset systeemit, 10 op

802666S: Lineaarinen optimointi, 5 op

802667S: Epälineaarinen optimointi, 5 op

802647S: Fourier series and the discrete Fourier transform, 10 op

802650S: Fraktaaligeometria, 10 op

802652S: Hilbertin avaruudet, 5 op

802635S: Introduction to partial differential equations, 10 op

802668S: Johdatus funktionaalianalyysiin, 5 op

802655S: Ketjumurtoluvut, 5 op

801698S: Kryptografia, 5 op

802645S: Lukuteoria A, 5 op

802607S: Matemaattiset ohjelmistot, 5 op

800693S: Matriisiteoria, 5 op

802651S: Mitta ja integraali, 5 op

802665S: Numeerinen analyysi, 5 op

802660S: Operator theory and integral equations, 10 op

802669S: Topologia, 5 op

805628S: Todennäköisyysjakaumat, 5 op

805622S: Simulaatiomenetelmät, 5 op

800694S: Johdatus fraktaaligeometriaan, 5 op

801631S: Modern real analysis, 5 op

802642S: Symmetriaryhmät, 5 op

802672S: Graduseminaari, 5 op

800683S: Matematiikan erikoistyö, 10 op

802675S: Johdatus additiiviseen kombinatoriikkaan, 5 op

802673S: Additiivinen kombinatoriikka, 5 op

802676S: Johdatus inversio-ongelmiin, 5 op

802661S: Laskennalliset inversio-ongelmat, 5 op

802677S: Fourier analysis of measures, 5 op

802628S: Syventävien opintojen erikoiskurssi, 2 - 18 op

800698S: Pro gradu -tutkielma, 30 op

#### Laskennallisen matematiikan ja datatieteen suuntautumisvaihtoehto (laskennallisen matematiikan profiili)

H325853: Laskennallisen matematiikan profiilin syventävät opinnot, 40 - 80 op

*Pakolliset kurssit*

805622S: Simulaatiomenetelmät, 5 op

805687S: Graduseminaari, 5 op

800699S: Pro gradu-tutkielma, 30 op

800600S: Kypsyysnäyte, 0 op

*Valitse seuraavista väh. 40 op (lisäksi muita syventäviä opintoja vastuuhenkilön suostumuksella)*

802665S: Numeerinen analyysi, 5 op

031051S: Numeerinen matriisilaskenta, 5 op

802666S: Lineaarinen optimointi, 5 op

802667S: Epälineaarinen optimointi, 5 op

805628S: Todennäköisyysjakaumat, 5 op

805627S: Tilastollisen päättelyn teoria, 5 op

801645S: Sovelletun matematiikan erikoistyö, 10 op

802647S: Fourier series and the discrete Fourier transform, 10 op

802635S: Introduction to partial differential equations, 10 op

802652S: Hilbertin avaruudet, 5 op

802676S: Johdatus inversio-ongelmiin, 5 op

806624S: Työharjoittelu, 5 - 7 op

### Laskennallisen matematiikan ja datatieteen suuntautumisvaihtoehto (datatieteen profiili)

H325852: Datatieteen profiilin syventävät opinnot, 40 - 80 op

*Pakolliset syventävät opinnot*

805628S: Todennäköisyysjakaumat, 5 op

805627S: Tilastollisen päättelyn teoria, 5 op

806624S: Työharjoittelu, 5 - 7 op

805622S: Simulaatiomenetelmät, 5 op

805687S: Graduseminaari, 5 op

800699S: Pro gradu-tutkielma, 30 op

800600S: Kypsyysnäyte, 0 op

*Lisäksi yksi valinnainen syventävä kurssi (5 op) esim. seuraavista:*

805630S: Yleistetyt lineaariset mallit, 5 op

805665S: Bayesiläinen analyysi, 5 op

805679S: Aikasarja-analyysi, 5 op

805629S: Otantamenetelmät, 5 op

805663S: Koesuunnittelu, 5 op

805661S: Kvantitatiivinen genetiikka, 5 op

805662S: Elinaika-analyysi, 5 op

806635S: Sekamallit, 5 op

805609S: Epidemiologian tilastolliset menetelmät, 9 op

805666S: Kausaalimallit, 5 op

*Pakollisina syventävinä opintoina väh. 20 op tietotekniikan syventäviä. Suositellaan seuraavia:*

521289S: Koneoppiminen, 5 op

521283S: Massadatan käsittely ja soveltaminen, 5 op

521156S: Matkalla tiedonlouhintaan, 5 op

521158S: Luonnollisen kielen käsittely ja tekstinlouhinta, 5 op

521290S: Hajautetut järjestelmät, 5 op

### Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehto

800661S: Aineenopettajan erikoistyö, 5 op

802641S: Aineenopettajan erikoistyö: harjoittelu, 2 - 5 op

H325052: Aineenopettajan syventävä moduli, 0 - 100 op

*Valitse väh. 30 op syventäviä (myös muut syventävät matematiikan kurssit käyvät) tai niitä korvaavia P- ja A-tason erikseen sovituttuja kursseja. Lisäksi vaihtuvat erikoiskurssit käyvät tähän. Algebralliset rakenteet 802355A on pakollinen, ellei suoritettu LuK-tutkintoon.*

802355A: Algebralliset rakenteet, 5 op

802662S: Vaativien tehtävien ohjauskurssi, 5 op

802655S: Ketjumurtoluvut, 5 op

802652S: Hilbertin avaruudet, 5 op

802666S: Lineaarinen optimointi, 5 op

802667S: Epälineaarinen optimointi, 5 op

801698S: Kryptografia, 5 op

800694S: Johdatus fraktaaligeometriaan, 5 op

802642S: Symmetriaryhmät, 5 op  
 802675S: Johdatus additiiviseen kombinatoriikkaan, 5 op  
 802656S: Algebralliset luvut, 5 op  
 800332A: Matematiikan historia, 5 op  
 801399A: Geometria, 5 op  
 802336A: Salausmenetelmät, 5 op  
 802365A: Matemaattiset ohjelmistot, 5 op  
 802328A: Lukuteorian perusteet, 5 op  
 800323A: Kuntalaajennukset, 5 op  
 800320A: Differentiaaliyhtälöt, 5 op  
 802334A: Differentiaaliyhtälöiden jatkokurssi, 5 op  
 031022P: Numeeriset menetelmät, 5 op  
 031025A: Optimoinnin perusteet, 5 op  
 031080A: Signaalianalyysi, 5 op  
 031077P: Kompleksianalyysi, 5 op  
 802338A: Kompleksianalyysin jatkokurssi, 5 op  
 801396A: Todennäköisyyslaskennan jatkokurssi, 5 op  
 800600S: Kypsyysnäyte, 0 op  
 800697S: Pro gradu -tutkielma, 20 op

### **Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehto: Opettajan pedagogiset opinnot (30 - 60 op)**

Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehdon opiskelijoille pedagogisia opintoja siten, että LuK - ja FM-tutkinnot sisältävät yhteensä opettajan pedagogiset opinnot 60 op.

Katso kokonaisuuden sisältövaatimukset KTK:n opinto-oppaasta.

### **Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehto: toisen (ja kolmannen) opetettavan aineen opintoja**

Toisen (ja kolmannen) opetettavan aineen (esim. fysiikka, kemia, tietojenkäsittelytiede) opinnot LuK-tutkintoa täydentäen 60 op:n kokonaisuudeksi.

Tarkista kokonaisuusien sisältövaatimukset opinto-oppaasta.

#### **Fysiikka opetettavana aineena**

#### **Kemia opetettavana aineena**

#### **Tietotekniikka opetettavana aineena (tietojenkäsittelytieteiden opintoja)**

### **Profiilikohtaiset aineopinnot laskennallisen matematiikan ja datatieteen suuntautumisvaihtoehdolle**

Profiilikohtaiset aineopinnot

- laskennallisessa matematiikassa ja
- datatieteessä

ovat pakollisia joko LuK- tai FM-tutkintoon ja mikäli ne eivät sisälly aiempaan tutkintoon, ne voidaan sisällyttää FM-tutkintoon.

#### **Laskennallisen matematiikan aineopinnot**

#### **Datatieteen profiilin aineopinnot**

### **Muut pakolliset ja valinnaiset sivuaineopinnot**

## Laskennallinen matematiikka ja datatiede:

Seuraavat opinnot ovat pakollisia, ellei niitä (tai vastaavia) ole suoritettu aikaisempiin tutkintoihin:

- Ohjelmoinnin alkeet (Python) (521141P) (suositellaan) TAI Ohjelmointi 1 (C) (811104P)
- Tietorakenteet ja algoritmit (811312A)
- Tietokannat (811325A)

**Kaikki suuntautumisvaihtoehdot:** Muut kuin yllä mainitut sivuaineopinnot voi sisällyttää tähän.

## Datatieteen profiilin sivuaine: Tietojenkäsittelytieteen sivuaine datatieteilijöille

Datatieteen profiilin opiskelijoille suositellaan tietojenkäsittelytieteen sivuainetta 25 op tai 60 op. Katso kurssit opintooppaista (Moodle - Luonnontieteellinen tiedekunta - Matematiikan Ohjuri)

Huomaa, että osa ao. opinnoista voi olla jo alemmassa tutkinnossa, jolloin sitä ei voi toistamiseen sisällyttää FM-tutkintoon.

## Muut opinnot

Muut opinnot, jotka eivät ole pääaineen syventäviä tai aineopintoja eivätkä sivuaineita, niin että tutkinnon minimilaaajuus 120 op täyttyy.

Huom! Tutkintoon ei voi sisällyttää sellaisia samansisältöisiä opintoja, jotka on sisällytetty LuK-tutkintoon eri nimellä tai koodilla. Tällaisia voi olla esim. jotkut TST:n matematiikan jaoksen opintojaksot sekä kauppatieteilijöille tarkoitetut matematiikan ja tilastotieteen kurssit.

# Opintojaksojen kuvaukset

## Tutkintorakenteisiin kuuluvien opintokohteiden kuvaukset

### 800600S: Kypsyysnäyte, 0 op

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

### H325053: Matematiikan syventävä moduli, 0 - 100 op

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

*Valitse väh. 50 op syventäviä matematiikan opintoja seuraavista: (tai jokin muu opintojakso linjan vastuuhenkilön suostumuksella.*

### **802656S: Algebralliset luvut, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2012 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi ja englanti

**Ajoitus:**

3/4 vuosi, 4. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Aluksi kerrataan renkaiden ja kuntien perusteita, joista edetään kuntalaajennuksiin. Erityiseen tarkasteluun otetaan jaollisuus kokonaisalueessa, jonka sovelluksiin törmätään polynomialgebrassa ja kokonaisten algebrallisten lukujen teoriassa. Algebrallisten lukujen teoria nojaa vahvasti polynomialgebraan, josta käsitellään polynomien nollakohtia ja jaollisuutta. Algebrallisen luvun määritelmä yleistetään kuntalaajennuksien algebrallisiin alkioihin, joista edetään algebrallisiin kuntiin. Tärkeimpinä algebrallisina kuntina saadaan lukukunnat, jotka ovat äärellisesti generoituja kompleksisten algebrallisten lukujen kunnan  $A$  alikuntia. Erityisesti tutkitaan neliökuntia. Edelleen tarkastellaan kokonaisten algebrallisten lukujen jaollisuutta ja tekijöihinjakoa, joita sovelletaan Diofantoksen yhtälöiden ratkaisemiseen.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h laskuharjoituksia, 91 h omatoimista työskentelyä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Algebran perusteet, Algebralliset rakenteet, Matriisilaskenta, Lineaarialgebra, Lukuteorian perusteet

**Oppimateriaali:**

I.N. Stewart and D.O. Tall: Algebraic number theory, Mollin, Richard A., Advanced number theory with applications,

Course material: <http://cc.oulu.fi/~tma/OPETUS.html>

**Arviointiasteikko:**

1-5, i

**Vastuuhenkilö:**

Tapani Matala-aho

**Työelämäyhteistyö:**

-

**802664S: Differentiaaligeometria, 10 op****Voimassaolo:** 01.06.2014 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** englanti**Laajuus:**

10 op

**Opetuskieli:**

Englanti tai suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija tuntee differentiaaligeometrian peruskäsitteet ja hallitsee differentiaalilaskennan monistoilla.

**Sisältö:**

Monistot, vektorikentät, tensorikentät ja differentiaalimuodot.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 56 h ja harjoitukset 28 h

**Kohderyhmä:**

Pääaineopiskelijat matematiikassa ja fysiikassa

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luennot. Suosituskirjallisuus esitellään ensimmäisellä luennolla.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe tai harjoitustyö ja esitelmä.

**Arviointiasteikko:**

1-5 tai hyväksyty/hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Esa Järvenpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**802649S: Dynaamiset systeemit, 10 op****Voimassaolo:** 01.01.2010 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Esa Järvenpää

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

10 op

**Sisältö:**

Dynaamiset systeemit on matematiikan osa-alue, jossa pyritään ymmärtämään systeemien aikakehitystä. Dynaamisten systeemien teoria on siten kaiken matemaattisen ja fysikaalisen mallintamisen perusta. Kurssilla lähdetään liikkeelle aivan alkeista ja keskitytään diskreetin ajan dynaamisiin systeemeihin eli kuvausten iterointeihin.

**Vastuuhenkilö:**

Esa Järvenpää

### **802666S: Lineaarinen optimointi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Erkki Laitinen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800688S Optimointiteoria 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa tunnistaa oikeat menetelmät lineaarisen optimointiongelman ratkaisemiseksi ja implementoida lineaarisen optimoinnin tyypillisimmät ratkaisualgoritmit.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään menetelmiä joilla ratkaistaan keskeisiä tekniikan ja talouden lineaarisia optimointiongelmia. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia aiheita: Konveksit joukot, Lineaarisen optimointitehtävän graafinen ratkaiseminen, duaalimuoto, simpex-algoritmi, dual-simplex algoritmi. Menetelmiä tarkastellaan teoreettisesti sekä esitetään numeerisia algoritmeja tehtävien ratkaisemiseksi.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 + harjoitukset 14

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.



**Oppimateriaali:**

Luentomoniste David G. Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**802667S: Epälineaarinen optimointi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa valita oikeat menetelmät konveksin epälineaarisen optimointiongelman ratkaisemiseksi ja implementoida tyypillisimmät epälineaarisen optimoinnin ratkaisualgoritmit.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään menetelmiä joilla ratkaistaan keskeisiä tekniikan ja talouden epälineaarisia konvekseja optimointiongelmia. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia aiheita: Konvekksi optimointitehtävä, rajoittamattoman konvekksi optimointi, rajoitettu konvekksi optimointi, konveksin optimointitehtävän duaali, Karush-Kuhn-Tucer ehdot ja sakkofunktio menetelmä. Menetelmiä tarkastellaan teoreettisesti sekä esitetään numeerisia algoritmeja tehtävien ratkaisemiseksi.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

luennot 28h ja harjoitukset 14h

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste

A. L. Peressini, F.E. Sullivan, J.J. Uhl: The mathematics of Nonlinear Programming David g. Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**802647S: Fourier series and the discrete Fourier transform, 10 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Valeriy Serov

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

10 op

**802650S: Fraktaaligeometria, 10 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Esa Järvenpää

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa käyttää fraktaaligeometrian keskeisiä tutkimusmetodeja
- osaa määritellä eri dimensiot
- tuntee dimensioiden perusominaisuudet

**Sisältö:**

Fraktaalit ovat epäsäännöllisiä joukkoja, joiden rakenteessa on yksityiskohtia kaikissa mittakaavoissa. Fraktaaligeometria on matematiikan ala, jossa tutkitaan fraktaalien geometrisia ominaisuuksia. Fraktaaleja käytetään nykyään paljon monilla matematiikan aloilla sekä erilaisissa sovelluksissa. Kurssilla käsitellään fraktaaligeometrian perustyökaluja mm. erilaisia dimensioita.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

56 h luentoja, 28 h harjoituksia, 182 h itsenäistä työskentelyä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Mitta ja integraali

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

Lue lisää [opintasuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Esa Järvenpää

**802652S: Hilbertin avaruudet, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800624S    Analyysi III    10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää [opintasuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**802635S: Introduction to partial differential equations, 10 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Valeriy Serov

**Opintokohteen oppimateriaali:**

**Colton, David**, Partial Differential Equations: An Introduction, 1988

**Kress, Rainer**, Linear Integral Equations, 1999

**Folland, Gerald B.**, Introduction to partial differential equations, 1995

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

10 op

**Ajoitus:**

First and second period.

**Osaamistavoitteet:**

On successful completion of this course, the student will be able to

- solve linear and quasi-linear partial differential equations of first order using the method of characteristics
- apply the method of separation of variables to solve initial-boundary value problems for heat, wave and Laplace equations
- verify that a given function is a fundamental solution of a partial differential operator
- use single and double layer potentials to solve boundary value problems for Laplacian

**Sisältö:**

Linear and nonlinear equations of the first order, trigonometric Fourier series, Laplace equation in  $\mathbb{R}^n$  and in bounded domains, potential theory, Green's function, Heat equation in  $\mathbb{R}^n$  and in bounded domains, Wave equation in  $\mathbb{R}^n$  and in bounded domains, d'Alembert formula for any dimensions, Fourier method.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Esitiedot: Analyysi I, II, Kompleksianalyysi I ja II, Differentiaaliyhtälöt I sekä Lineaarialgebra I ja II.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste: <http://math.oulu.fi/materiaalit.html>

D. Colton: Partial Differential Equations (an Introduction), Dover Publications, 1988;

G. Folland: Introduction to Partial Differential Equations, 2nd edition, Princeton University Press, 1995;

R. Kress: Linear Integral Equations, 2nd edition, Springer, 1999.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää [opintasuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Vastuhenkilö:**

Valeriy Serov.

**802668S: Johdatus funktionaalianalyysiin, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

English /questions can be done in Finnish, exam in English/Finnish

**Ajoitus:**

4th year

**Osaamistavoitteet:**

This is an introduction course, it includes normed spaces, subspaces, quotients, bounded linear operators and functionals, Banach duals, uniform boundedness principle, open mapping theorem and Hahn-Banach theorem. If time permits, reflexive spaces will also be studied.

**Sisältö:**

Definition of normed spaces. Examples. Quotient spaces. Bounded linear operators. Banach duals. Uniform bounded principle. Open mapping theorem. Hahn-Banach theorem. Reflexive spaces.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching

**Toteutustavat:**

28 h lectures, 14 h exercises.

**Kohderyhmä:**

Students with some background on topology.

**Oppimateriaali:**

Lecture notes by Filali

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Final Exam

**Arviointiasteikko:**

Fail, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Mahmoud Filali

**Työelämäyhteistyö:**

No

**Lisätiedot:**

Lecture in English /questions can be done in Finnish, exam in English/Finnish

**802655S: Ketjumurtoluvut, 5 op****Voimassaolo:** 01.01.2011 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi/Englanti

**Ajoitus:**

1. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseitalähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuan kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Luennoilla tarkastelemme aluksi reaalityyppien b-kantaesityksiä ja yksinkertaisia ketjumurtoesityksiä sekä esityksien ominaisuuksia-päättävä, päättymätön, irrationaalisuus, jaksollisuus, approksimaatio-ominaisuudet. Seuraavaksi tutkitaan yleisiin ketjumurtolukuihin liittyviä rekursiota ja transformaatioita sekä suppenemis- ja irrationaalisuusehtoja. Edelleen tarkastellaan hypergeometristen sarjojen ketjumurtokehityksiä, joista saadaan tutkittujen lukujen kuten piin ja Neperin luvun e ketjumurtokehityksiä. Tutkimus suunnataan myös yleisempiin irrationaalisuuskyseksiin ja Diofantoksen yhtälöihin.

**Järjestämistapa:**

Luennot, harjoitukset.

**Esitietovaatimukset:**

Johdatus matemaattiseen päättelyyn

Alkeisfunktiot

Jatkuvuus ja raja-arvo

Derivaatta

Lukuteorian perusteet (Lukuteoria I)

**Oppimateriaali:**

G.H. Hardy &amp; E.M. Wright: An Introduction to the Theory of Numbers.

Kenneth H. Rosen: Elementary number theory and its applications.

Lisa Lorentzen and Haakon Waadeland: Continued Fractions with Applications (1992).

Oskar Perron: Die Lehre von den Kettenbrüchen (1913).

[Kurssimateriaali](#)**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

1-5, hyl

**Vastuuhenkilö:**

Tapani Matala-aho

**801698S: Kryptografia, 5 op****Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen oppimateriaali:****Trappe, Wade; Washington, Lawrence C.**, Introduction to Cryptography: with Coding Theory, 2005**Menezes, Alfred J.; van Oorschot, Paul C.; Vanstone, Scott A.** , Handbook of Applied Cryptography, 1997**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi/Englanti

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Luennoilla tutkitaan salaus-, avaimenvaihto- ja allekirjoitusjärjestelmiin liittyviä matemaattisia perusteita. Tällaisia ovat alkulukutesteihin ja tekijöihinjakomenetelmiin liittyvät ryhmä- ja lukuteoreettiset perusteet, laskentaan ja erityisesti äärellisten kuntien laskutoimituksiin liittyvät kompleksisuusarviointit, nopea potenssi ja diskreetti logaritmi äärellisessä syklisessä ryhmässä sovellettuna äärellisen kunnan kertolaskuryhmässä ja elliptisen käyrän yhteenlaskuryhmällä. Johdetaan yhteenlaskukaavat projektiivisellä ja affiinilla Weierstrassin elliptisellä käyrällä. Tarkasteltavia järjestelmiä ovat Diffie-Hellman -avaimenvaihto sekä ElGamal salaus- ja allekirjoitus äärellisessä syklisessä ryhmässä sekä edelliset sovellettuna äärellisissä kunnissa tai niiden yli määritellyillä elliptisillä käyrillä kuten DSA, ECDSA ja Massey-Omura. Edellisiin liittyviä testejä ja algoritmeja: AKS, Fermat, Lenstra, Lucas, Miller-Rabin, neliöseula, Pohlig-Hellman, Pollardin  $p-1$  ja rho, Pseudoalkuluvut, Solovay-Strassen.

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 14 h.

**Kohderyhmä:**

Maisterivaiheen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Algebran perusteet

Salausmenetelmät

Algebralliset rakenteet

Kuntalaajennukset

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Esitiedot: Algebra I, Algebra II ja salausmenetelmät.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste; Wade Trappe, Lawrence C. Washington: Introduction to cryptography : with coding theory; Alfred J. Menezes: Handbook of Applied Cryptography, CRC Press 1996. Tämä kirja on myös ladattavissa internetistä: <http://www.cacr.math.uwaterloo.ca/hac/>.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Marko Leinonen

**802645S: Lukuteoria A, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2009 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Tapani Matala-aho

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**802607S: Matemaattiset ohjelmistot, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

Ei opintojaksokuvauksia.

**800693S: Matriisiteoria, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Lähtötasovaatimus:**

Matriisilaskenta, Lineaarialgebra

**Laajuus:**

5 op

**Osaamistavoitteet:**

Matriisiteorialla on sovelluksia monilla eri aloilla kuten teknisissä tieteissä, taloustieteessä, tilastotieteessä, fysiikassa ja erityisesti tietojenkäsittelyssä. Usein tutkittavan ongelman voi esittää lineaarisena yhtälöryhmänä. Yhtälöryhmän nopea ja laskennallisesti tehokas ratkaiseminen on eräs matriisiteorian keskeisimpiä sovelluksia. Myös kuvia ja muuta dataa voi esittää matriisien avulla. Datatutkiminen ja

käsitleminen ja yhtälöryhmien ratkaiseminen on helpompaa ja nopeampaa, kun matriiseja saa esitettyä yksinkertaisempien, helpommin käsiteltävien matriisien avulla.

**Sisältö:**

Tällä kurssilla käsitellään näistä nk. matriisihajotelmista ja normaalimuodoista keskeisimpiä: astehajotelma, LU-hajotelma, singulaariarvohajotelma (SVD), diagonaalimuoto ja Jordan-muoto. Singulaariarvohajotelman sovelluksena käsitellään Moore-Penrose -inverssiä, joka yleistää tavallisen käänteismatriisin käsitteen. MP-inverssin avulla lineaariselle yhtälöryhmälle löydetään nk. pienimpien neliöiden ratkaisu sekä pienimmän normin ratkaisu. Singulaariarvohajotelmalla on sovelluksia myös datan pakkaamisessa ja käsittelyssä.

**Vastuuhenkilö:**

Marko Leinonen

**802651S: Mitta ja integraali, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Ville Suomala

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

1. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssi onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija tunnistaa ja osaa soveltaa mittateorian peruskäsitteitä sekä hallitsee mittateorian peruslauseet.

**Sisältö:**

Mittateorian peruskäsitteet: ulkomitta, sigma-algebra, mitta, mitallinen joukko, integraali, tulomitta. Mittateorian peruslauseet: erilaiset konvergenssilauseet ja Fubinin lause.

**Järjestämistapa:**

Luennot, harjoitukset.

**Esitietovaatimukset:**

Perustiedot analyysistä, sekä joukko-opista ja topologiasta (Esim. metriset avaruudet).

**Oppimateriaali:**

Bruckner, Bruckner, Thomson: Real Analysis; Cohn: Measure Theory; Purmonen: Mitta- ja integraaliteoria; ...

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää opintosuoritusten arvostelusta yliopiston verkkosivulta.

**Vastuuhenkilö:**

Ville Suomala

**802665S: Numeerinen analyysi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso



**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. opiskeluvuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa valita oikeat numeeriset menetelmät matemaattisten perustehtävien ratkaisemiseksi ja arvioida numeerisiin tuloksiin sisältyviä virhemahdollisuuksia.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään numeerisia laskentamenetelmiä matematiikassa esiintyvien, perustehtävien ratkaisemiseksi. Menetelmistä analysoidaan niiden konvergenssia, stabiilisuutta sekä soveltuvuutta tietokonearitmetiikkaan. Kurssilla käsitellään numeerisia ratkaisumenetelmiä seuraaville perustehtäville: epälineaarisen yhtälön (yhtälöryhmän) ratkaiseminen, lineaarisen yhtälöryhmän ratkaiseminen, interpolointi, derivointi, integrointi ja differentiaaliyhtälön ratkaiseminen.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 h ja harjoitukset 14 h

**Kohderyhmä:**

Pää- ja aineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Kandidaatin tutkinto matematiikassa tai vastaavat opinnot

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste Ward Cheney, David Kincaid: Numerical Mathematics and Computing

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

## **802660S: Operator theory and integral equations, 10 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2012 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Valeriy Serov

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

10 op

**Opetuskieli:**

Englanti

**Ajoitus:**

The course is held in the whole autumn semester 2014/2015, during periods I and II. It is recommended to complete the course at the end of autumn semester.

**Osaamistavoitteet:**

Upon completion the student should be able to:

- Operate with self-adjoint operators in the Hilbert spaces.
- Operate with compact operators in the Hilbert spaces.
- Operator with one-dimensional integral equations of the first and second order.

**Sisältö:**

1. Inner product spaces and Hilbert spaces.
2. Symmetric operators in the Hilbert space. J. von Neumann's theorems about symmetric operators. Basic criterion of self-adjointness.
3. Orthogonal projection operators. J. von Neumann's spectral theorem.
4. Spectrum of self-adjoint operator.
5. Riesz theory of compact operators.
6. Quadratic forms. Friedrichs extension of symmetric operators.
7. Elliptic differential operators in bounded domains.
8. Spectral function of self - adjoint operators. Green's function.
9. Integral operators with weak singularities. Integral equations of the first and second kind.
10. Volterra integral equations.
11. Singular integral equations.
12. Nyström's method for equation of second kind.
13. The Galerkin method for integral equations.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching

**Toteutustavat:**

Lectures 56 h / Group work 24 h / Self-study 24 h. The exercises are completed as group work. (N.B. This must show all the course hours, which means that total 104 hours = 10 ECTS credits).

**Kohderyhmä:**

Major students in mathematics, physics and engineering.

**Esitietovaatimukset:**

The required (or recommended) prerequisite is the completion of the following courses prior to enrolling for the course: Linear Algebra, Ordinary differential equations (I), Complex analysis (I), Analysis (I) and (II).

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

The course is an independent entity and does not require additional studies carried out at the same time.

**Oppimateriaali:**

The following books are recommended (the course based on these books):

- 1) R. Kress, Linear integral equations, Springer-Verlag New York, 1999.
- 2) F. Riesz and B. Sz-Nagy, Functional analysis, Ungar, 1978.
- 3) A.N. Kolmogorov and S.V. Fomin, Elements of the theory of functions and functional analysis, Dover Publications, 1999.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

The assessment criteria are based on the learning outcomes of the course. The final exam is required only.

**Arviointiasteikko:**

The course utilizes a numerical grading scale 1-5. In the numerical scale zero stands for a fail.

**Vastuuhenkilö:**

Valery Serov

**Työelämäyhteistyö:**

-

**802669S: Topologia, 5 op****Voimassaolo:** 01.06.2016 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi**805628S: Todennäköisyysjakaumat, 5 op****Voimassaolo:** 01.06.2015 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Leikkaavuudet:**

806631S Satunnaismuuttujat ja jakaumat 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

3. tai 4. opintovuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin menestyksellisen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa määritellä yksi- ja moniulotteisten diskreettien ja jatkuvien todennäköisyysjakaumien peruskäsitteet ja -lauseet ja osaa soveltaa näitä oppeja muissa tilastotieteen tai sovelletun matematiikan opinnoissaan.

**Sisältö:**

Yksi- ja moniulotteisten jakaumien pistetodennäköisyys-, tiheys-, kertymä- ja kvantiilifunktio; yhteisjakauma, reunajakauma, ehdollinen jakauma; odotusarvo, varianssi, kovarianssi, korrelaatiokerroin; momentti- ja kumulanttigeneroiva funktio; satunnaismuuttujien ja vektorien muunnosten jakauma, delta-menetelmä; satunnaismuuttujajonojen suppeneminen ja raja-arvolauseet; keskeiset yksiulotteiset jakaumamallit, multinormaalijakauma, tärkeimmät otantajakaumat.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot (28 h) ja laskuharjoitukset (14 h)

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen, sovelletun matematiikan ja matematiikan maisterivaiheen opiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Todennäköisyyslaskennan peruskurssi ja jatkokurssi, vektorianalyysi (tai vastaava)

**Yhteydet muihin opintoihin:**

Esitietona kurssille Tilastollisen päättelyn teoria

**Oppimateriaali:**

Severini, T. Elements of Distribution Theory, Cambridge University Press, 2012

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**805622S: Simulaatiomenetelmät, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Mikko Sillanpää

**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

Periodi 3

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa itsenäisesti tehdä yksinkertaisen MCMC samplerin tietokoneella ja ymmärtää sen toimintaperiaatteen.

**Sisältö:**

Kurssi käsittelee perusalgoritmit kuinka generoidaan otoksia tavallisimmista tunnetuista jakaumista. Myös MCMC menetelmien periaatteet (Metropolis-Hastings, Gibbs sampling) ovat keskeisiä kurssilla.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot, ohjatut harjoitukset (yht. 42 h) ja omatoiminen opiskelu.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Liittyy läheisesti kurssiin Bayesiläinen analyysi

**Oppimateriaali:**

Christian P. Robert, George Casella (2010) Introducing Monte Carlo methods in R. Springer.

**Arviointiasteikko:**

Numeroarvostelu 1-5 (tai hylätty)

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**800694S: Johdatus fraktaaligeometriaan, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Esa Järvenpää

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija tunnistaa fraktaalaisia ilmiöitä arkipäivän elämässä ja osaa laskea yksinkertaisia fraktaaleihin liittyviä tunnuslukuja.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h harjoituksia, 91 itsenäistä opiskelua

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat. Soveltuu hyvin aineenopettajalinjalaisille ja myös sivuaineopiskelijoille.

**Esitietovaatimukset:**

Matematiikan perusopinnot.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Maarit Järvenpää

**801631S: Modern real analysis, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Meng Wu

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 op

**Vastuuhenkilö:**

Meng Wu

**802642S: Symmetriaryhmät, 5 op****Voimassaolo:** 01.01.2018 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Pekka Salmi**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi/englanti

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa kuvailla tunnettuja symmetriaryhmiä
- osaa määrätä geometrinen kappaleiden symmetriaryhmiä
- osaa käsitellä ryhmiä symmetrioita välittävänä objekteina
- osaa käyttää permutaatioita symmetrioiden esittämiseen
- osaa selittää ryhmän operointiin liittyvät peruskäsitteet
- osaa soveltaa permutaatioihin liittyviä algoritmeja.

**Sisältö:**

Klassisesti ryhmän käsite juontaa juurensa joukkojen, geometrinen kappaleiden ja muiden objektien symmetrioista, ja tällä kurssilla käsitellään ryhmiä tästä näkökulmasta. Permutaatiot, eli joukkojen symmetriat, antavat pohjan tälle tarkastelulle. Sen jälkeen edetään monimutkaisempien objektien, kuten geometrinen kappaleiden, symmetrioihin. Symmetrioihin liittyy keskeisesti ryhmän operointi erilaisiin objekteihin ja operointiin liittyvät peruskäsitteet käydään läpi (rata, stabilaattori, jne). Oman tärkeän luokkansa symmetriaryhmiä muodostavat matriisiryhmät, ja kurssilla tutustutaan myös näihin. Lisäksi käsitellään näiden eri ryhmien välisiä yhteyksiä.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus, itsenäisesti tietokoneella tehtävät harjoitukset

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h harjoituksia, 91 h itsenäistä työskentelyä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat mukaan lukien aineenopettajaopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

802354A Algebran perusteet,  
802320A Lineaarialgebra,  
802357 Euklidiset avaruudet

**Oppimateriaali:**

Luentokalvot, STACK-tehtävät

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe, harjoitustehtävät

**Arviointiasteikko:**

1-5, hylätty

**Vastuhenkilö:**

Pekka Salmi

**802672S: Graduseminaari, 5 op****Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Maarit Järvenpää

**Opintokohteen kielet:** suomi, englanti

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

4.-5. opintovuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin käytyään opiskelija osaa hankkia tietoa itsenäisesti, kirjoittaa tieteellistä tekstiä ja osallistua tieteelliseen keskusteluun.

**Sisältö:**

Seminaarin aikana tehdään pro gradu -tutkielmaa. Tavoitteena on saada työ valmiiksi ohjaajan kanssa sovittavan aikataulun mukaisesti. Kurssilla harjoitellaan itsenäistä tiedonhankintaa, tieteellisen tekstin kirjoittamista, argumentointia sekä palautteen antamista ja vastaanottamista.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Seminaarit, ryhmätyöt, itsenäinen työskentely

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Aktiivinen osallistuminen seminaarityöskentelyyn

**Arviointiasteikko:**

Hyväksytty/hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Maarit Järvenpää

### **800683S: Matematiikan erikoistyö, 10 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Esa Järvenpää

**Opintokohteen kielet:** suomi, englanti

**Laajuus:**

10 op / 266 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi tai englanti

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa tehdä pienimuotoisen matemaattisen tutkielman.

**Sisältö:**

Kurssin aluksi matematiikan tutkimusryhmät esittelevät tutkimustaan. Opiskelijat jaetaan tutkimusryhmiin, joiden ohjauksessa he tekevät pienimuotoisen tutkielman, josta pidetään esitelmä muille opiskelijoille.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus ja itsenäinen työskentely.

**Toteutustavat:**

Esitelmiä ja omaa työtä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan linjan pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikassa

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Itsenäinen opintojakso

**Oppimateriaali:**

-

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Tutkielma ja esitelmä

**Arviointiasteikko:**

Hyväksytty/Hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Esa Järvenpää

**Työelämäyhteistyö:**

-

**802675S: Johdatus additiiviseen kombinatoriikkaan, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Ville Suomala

**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

I periodi syksyllä

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija:

- osaa käsitellä summajoukkoja ja johtaa niihin liittyviä alkeellisia epäyhtälöitä.
- tuntee aritmeettisiin jonoihin liittyviä perustuloksia (mm. Cauchy-Davenportin lause, Van der Waerdenin lause)
- ymmärtää miten joukon additiivinen rakenne liittyy sen kokoon determinististen ja satunnaisten joukkojen tilanteessa
- tunnistaa additiiviseen kombinatoriikkaan liittyviä ongelmia



**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään additiivisen kombinatoriikan perustuloksia, kuten Rothin lausetta, Freimanin lausetta, Balogh-Szemerédi-Gowers lausetta, sekä näiden sovelluksia.

**Järjestämistapa:**

Luennot ja harjoitukset

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 8 h, itsenäistä työskentelyä 91 h

**Kohderyhmä:**

Kurssi sopii hyvin kaikille matematiikka pää- ja sivuaineopiskelijoille

**Esitietovaatimukset:**

Kurssi on itsenäinen kokonaisuus, eikä se vaadi esitietoja matematiikan perusopinnojen lisäksi.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Tämä kurssi antaa erinomaiset esitiedot kurssille 802673S Additiivinen kombinatoriikka.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Tentti

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Ville Suomala

**802673S: Additiivinen kombinatoriikka, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Ville Suomala

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi (tarvittaessa englanti)

**Ajoitus:**

II periodi syksyllä

**Osaamistavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija

- tuntee additiivisen kombinatoriikan perusmenetelmät (mm. summajoukkoestimaatit, diskreetti Fourier muunnos)

- tuntee additiivisen kombinatoriikan perustulokset (mm. Rothin ja Freimanin lauseet) sekä niiden todistusten pääpiirteet

- osaa tunnistaa additiivisen kombinatoriikan sovelluskohteita

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään additiivisen kombinatoriikan perustuloksia, kuten Rothin lausetta, Freimanin lausetta, Balogh-Szemerédi-Gowers lausetta, sekä näiden sovelluksia.

**Järjestämistapa:**

Luennot ja harjoitukset

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 8 h, itsenäistä työskentelyä 91 h

**Esitietovaatimukset:**

Johdatus aritmeettiseen kombinatoriikkaan tai vastaavat tiedot

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Tentti. Vaihtoehtoisena tapana kirjoitelma ja siihen liittyvä esitelmä kurssin aihepiiriin liittyvästä ongelmasta tai tuloksesta.

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Ville Suomala

**802676S: Johdatus inversio-ongelmiin, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Andreas Hauptmann

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Englanti

**Ajoitus:**

3<sup>rd</sup>/last year during B.Sc. studies, 1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> year of Master, 3<sup>rd</sup> period.

**Osaamistavoitteet:**

After successful completion of the course the student can identify linear ill-posed inverse problems and their severity. Furthermore, the students will be able to analyze and solve such problems with direct and indirect solution methods, identify necessary regularization, is able to implement such methods and work with basic simulated and experimental data.

**Sisältö:**

Theory of ill-posed inverse problems, singular value decomposition, Generalized-Inverse and Normal equations, Landweber iterations and Tikhonov regularization, Morozov discrepancy principle. Examples include convolutions, Fourier and Radon transform, corresponding to applications in image processing, X-ray and Magnetic Resonance Tomography. Use of Matlab/Python for implementation.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching

**Toteutustavat:**

Lectures (28 h), practical and computer classes (14 h) and independent work.

**Kohderyhmä:**

Students having mathematics, applied mathematics, or statistics as the major or a minor subject.

**Esitietovaatimukset:**

Core courses in the B.Sc curriculum of mathematical sciences, especially linear algebra; Numerical Analysis, Fourier analysis (beneficial, but not necessary), Functional analysis (beneficial, but not necessary).

**Oppimateriaali:**

Mueller, J and Siltanen, S (2012). Linear and nonlinear inverse problems, SIAM.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Active participation in practicals and final exam.

Read more about assessment criteria at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

Fail, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Andreas Hauptmann

**Työelämäyhteistyö:**

No

**802661S: Laskennalliset inversio-ongelmat, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2012 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Andreas Hauptmann**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Englanti

**Ajoitus:**4th period, 3<sup>rd</sup>/last year during B.Sc. studies, 1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> year of Master**Osaamistavoitteet:**

After successful completion of the course the student will be able to efficiently solve inverse problems computationally. Students will be able to identify suitable solution methods and incorporate prior knowledge, understand basics and difficulties of real-life inverse problems. Solutions will be implemented in Matlab/Python using simulated and experimental data.

**Sisältö:**

Efficiently deal with large-scale tomographic problems, Formulate and compute solutions with variational methods, First and second order optimization methods, Basics of convex optimization and primal-dual methods, Basics of Bayesian methods and uncertainty quantification, Machine and Deep Learning for Inverse Problems.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching

**Toteutustavat:**

Lectures (24 h), practical and computer classes (18 h) and independent work.

**Kohderyhmä:**

Students having mathematics, applied mathematics, or statistics as the major or a minor subject.

**Esitietovaatimukset:**

Introduction to Inverse Problems, Core courses in the B.Sc curriculum of mathematical sciences, Numerical Analysis, Fourier analysis (recommended), Functional analysis (beneficial, but not necessary).

**Oppimateriaali:**

Kaipio, J and Somersalo, E (2006), Statistical and computational inverse problems, Springer Science & Business Media.

Vogel, C (2002), Computational methods for inverse problems, SIAM.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Active participation in practicals and final exam.

Read more about assessment criteria at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

1-5, hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Andreas Hauptmann

**Työelämäyhteistyö:**

No

**802677S: Fourier analysis of measures, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2019 -**Opiskelumuoto:** Sivuaineet**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Meng Wu**Opintokohteen kielet:** englanti**802628S: Syventävien opintojen erikoiskurssi, 2 - 18 op****Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Voidaan suorittaa useasti:** Kyllä**Laajuus:**

2 - 18 op

**800698S: Pro gradu -tutkielma, 30 op****Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Lopputyö**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

30 op

**Opetuskieli:**

Suomi (myös Englanti)

**Ajoitus:**

5. opiskeluvuosi

**Osaamistavoitteet:**

Pro gradu -tutkielman kirjoittamisen jälkeen opiskelija on laatinut johdonmukaisen ja analyyttisen tutkielman matematiikan, sovelletun matematiikan tai tilastotieteen ongelmaan ja teoriaan. Tutkielman jälkeen opiskelija pystyy kirjoittamaan oman alansa tieteellistä tekstiä.

**Sisältö:**

Tutkielman laajuus on aineenopettajilla 20 op ja muissa koulutusohjelmissa 30 op. Tutkielman laatiminen vaatii syvällistä perehtymistä johonkin matematiikan, sovelletun matematiikan tai tilastotieteen erikoisalaan tai menetelmään. Matematiikan ja sovelletun matematiikan pro gradu -tutkielmat voivat teoreettisempia kirjallisuustöitä tai soveltavampiin ongelmiin liittyviä tutkielmia.

Tilastotieteen pro gradu -tutkielmissa on tavallista, että tutkielma tehdään jonkin sovellusalan tutkimusongelmaa koskevan empiirisen aineiston pohjalta, missä tilastollisella analyysillä on keskeinen osuus. Tutkielman aiheesta ja ohjauksesta sovitaan laitoksen jonkin professorin tai muun opettaja kanssa.

**Järjestämistapa:**

Opinnäytetyö

**Toteutustavat:**

Oma työskentely, ohjaajan kanssa tapaamiset

**Kohderyhmä:**

Pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto (tai vastaava), 20-50 op syventäviä opintoja

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

-

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Opinnäytetyö

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.**Arviointiasteikko:**

1-5

**Vastuuhenkilö:**

Laitoksen professorit ja muu opetushenkilökunta.

**Työelämäyhteistyö:**

-

**H325853: Laskennallisen matematiikan profiilin syventävät opinnot, 40 - 80 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Kokonaisuus**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi*Pakolliset kurssit***805622S: Simulaatiomenetelmät, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Mikko Sillanpää**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

Periodi 3

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa itsenäisesti tehdä yksinkertaisen MCMC samplerin tietokoneella ja ymmärtää sen toimintaperiaatteen.

**Sisältö:**

Kurssi käsittelee perusalgoritmit kuinka generoidaan otoksia tavallisimmista tunnetuista jakaumista. Myös MCMC menetelmien periaatteet (Metropolis-Hastings, Gibbs sampling) ovat keskeisiä kurssilla.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot, ohjatut harjoitukset (yht. 42 h) ja omatoiminen opiskelu.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Liittyy läheisesti kurssiin Bayesiläinen analyysi

**Oppimateriaali:**

Christian P. Robert, George Casella (2010) Introducing Monte Carlo methods in R. Springer.

**Arviointiasteikko:**

Numeroarvostelu 1-5 (tai hylätty)

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**805687S: Graduseminaari, 5 op****Voimassaolo:** 01.06.2016 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Vastuuhenkilö:**

Esa Läärä

**800699S: Pro gradu-tutkielma, 30 op****Voimassaolo:** 01.01.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Lopputyö**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

Ei opintojaksokuvauksia.

**800600S: Kypsyysnäyte, 0 op****Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi

*Valitse seuraavista väh. 40 op (lisäksi muita syventäviä opintoja vastuuhenkilön suostumuksella)*

**802665S: Numeerinen analyysi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. opiskeluvuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa valita oikeat numeeriset menetelmät matemaattisten perustehtävien ratkaisemiseksi ja arvioida numeerisiin tuloksiin sisältyviä virhemahdollisuuksia.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään numeerisia laskentamenetelmiä matematiikassa esiintyvien, perustehtävien ratkaisemiseksi. Menetelmistä analysoidaan niiden konvergenssia, stabiilisuutta sekä soveltuvuutta tietokonearitmetiikkaan. Kurssilla käsitellään numeerisia ratkaisumenetelmiä seuraaville perustehtäville: epälineaarisen yhtälön (yhtälöryhmän) ratkaiseminen, lineaarisen yhtälöryhmän ratkaiseminen, interpolointi, derivointi, integrointi ja differentiaaliyhtälön ratkaiseminen.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 h ja harjoitukset 14 h

**Kohderyhmä:**

Pää- ja aineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Kandidaatin tutkinto matematiikassa tai vastaavat opinnot

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste Ward Cheney, David Kincaid: Numerical Mathematics and Computing

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**031051S: Numeerinen matriisilaskenta, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2012 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Sovellettu ja laskennallinen matematiikka

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Marko Huhtanen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op / 135 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi tai englanti.

Opintojakson voi suorittaa englanniksi välikokeilla tai loppukokeella.

**Ajoitus:**

Syyslukukausi, periodi 1

**Osaamistavoitteet:**

Opiskelija tietää tehokkaimmat numeerisesti luotettavat menetelmät, joilla lineaarialgebran perustehtävät ratkaistaan.

Opiskelija osaa matriisien perusfaktoroinnit sekä niiden approksimoinnin. Opiskelija tietää kuinka erittäin suuria ja harvoja tehtäviä voidaan ratkaista iteratiivisilla menetelmillä. Opiskelija ymmärtää pohjustamisen merkityksen, sekä ymmärtää laskennallista kompleksisuusteoriaa.

**Sisältö:**

Hajotelmien teoria, SVD, osittaistuettu LU, QR hajotelma, Schurin hajotelma, FFT, ominaisarvo- ja yleistetty ominaisarvo-ongelma, matriisifunktiot, GMRES, MINRES sekä pohjustaminen.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus.

**Toteutustavat:**

Luento-opetus 28 h / Pienryhmäopetus 14 h / Itsenäinen opiskelu 93h.

**Kohderyhmä:**

-

**Esitietovaatimukset:**

Matematiikan peruskurssit I ja II, Differentiaaliyhtälöt, Matriisialgebra, Numeeriset menetelmät

**Yhteydet muihin opintoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Materiaali, joka on löydettävissä ja ladattavissa kurssin kotisivulta.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Välikokeet tai loppukoe

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

Opintojaksolla ka#yteta#a#n numeerista arviointiasteikkoa 0-5. Numeerisessa asteikossa nolla merkitsee hyla#ttya# suoritusta.

**Vastuuhenkilö:**

Marko Huhtanen

**Työelämäyhteistyö:**

-

**Lisätiedot:**

-



**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Erkki Laitinen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800688S Optimointiteoria 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa tunnistaa oikeat menetelmät lineaarisen optimointiongelman ratkaisemiseksi ja implementoida lineaarisen optimoinnin tyypillisimmät ratkaisualgoritmit.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään menetelmiä joilla ratkaistaan keskeisiä tekniikan ja talouden lineaarisia optimointiongelmia. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia aiheita: Konveksit joukot, Lineaarisen optimointitehtävän graafinen ratkaiseminen, duaalimuoto, simpex-algoritmi, dual-simplex algoritmi. Menetelmiä tarkastellaan teoreettisesti sekä esitetään numeerisia algoritmeja tehtävien ratkaisemiseksi.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 + harjoitukset 14

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste David G. Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**802667S: Epälineaarinen optimointi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa valita oikeat menetelmät konveksin epälineaarisen optimointiongelman ratkaisemiseksi ja implementoida tyypillisimmät epälineaarisen optimoinnin ratkaisualgoritmit.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään menetelmiä joilla ratkaistaan keskeisiä tekniikan ja talouden epälineaarisia konvekseja optimointiongelmia. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia aiheita: Konvekksi optimointitehtävä, rajoittamattoman konvekksi optimointi, rajoitettu konvekksi optimointi, konveksin optimointitehtävän duaali, Karush-Kuhn-Tucer ehdot ja sakkofunktio menetelmä. Menetelmiä tarkastellaan teoreettisesti sekä esitetään numeerisia algoritmeja tehtävien ratkaisemiseksi.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

luennot 28h ja harjoitukset 14h

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste

A. L. Peressini, F.E. Sullivan, J.J. Uhl: The mathematics of Nonlinear Programming David g. Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**805628S: Todennäköisyysjakaumat, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

806631S Satunnaismuuttujat ja jakaumat 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

3. tai 4. opintovuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin menestyksellisen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa määritellä yksi- ja moniulotteisten diskreettien ja jatkuvien todennäköisyysjakaumien peruskäsitteet ja -lauseet ja osaa soveltaa näitä oppeja muissa tilastotieteen tai sovelletun matematiikan opinnoissaan.

**Sisältö:**

Yksi- ja moniulotteisten jakaumien pistetodennäköisyys-, tiheys-, kertymä- ja kvantiilifunktio; yhteisjakauma, reunajakauma, ehdollinen jakauma; odotusarvo, varianssi, kovarianssi, korrelaatiokerroin; momentti- ja kumulanttigeneroiva funktio; satunnaismuuttujien ja vektorien muunnosten jakauma, delta-menetelmä; satunnaismuuttujajonojen suppeneminen ja raja-arvot; keskeiset yksiulotteiset jakaumamallit, multinormaalijakauma, tärkeimmät otantajakaumat.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot (28 h) ja laskuharjoitukset (14 h)

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen, sovelletun matematiikan ja matematiikan maisterivaiheen opiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Todennäköisyyslaskennan peruskurssi ja jatkokurssi, vektorianalyysi (tai vastaava)

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Esitietona kurssille Tilastollisen päättelyn teoria

**Oppimateriaali:**

Severini, T. Elements of Distribution Theory, Cambridge University Press, 2012

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**805627S: Tilastollisen päättelyn teoria, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

805611S Matemaattinen tilastotiede II 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

3. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa itsenäisesti tehdä data-analysissä tarvittavaa uskottavuus- ja Bayes päättelyä käyttäen keskeisiä tilastollisia ohjelmistoja.

**Sisältö:**

Uskottavuus, Bayes, monitestausero, False Discovery Rate (FDR), permutaatiotesti, bootstrap menetelmä, Sandwich estimaattori / robustisuus

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot, ohjatut harjoitukset (yht. 42 h) ja omatoiminen opiskelu.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

-

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Bradley Efron, Trevor Hastie (2016) Computer age statistical inference. Cambridge University Press.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

### **801645S: Sovelletun matematiikan erikoistyö, 10 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

10 op

**Ajoitus:**

Erikoistöitä jaetaan opiskelijoille jatkuvasti ja se on tarkoitettu teollisuuden probleemoista ja työpaikoista kiinnostuneille opiskelijoille.

**Sisältö:**

Sovelletun matematiikan erikoistyö on oiva tapa hankkia kokemusta teollisuuden kannalta relevanttien matemaattisten probleemien ratkaisemisesta. Yleensä työ tehdään teollisuuden kanssa yhteistyössä, mutta se voidaan tehdä myös itsenäisesti edellyttäen, että matemaattinen ongelma on teollisuuden kannalta relevantti. Työn tavoitteena on opiskelijan johdattaminen teollisuusorientoituneiden matemaattisten ongelmien ratkaisemiseen. Työn sisältö muotoutuu kulloisenkin yhteistyökumppanin intressien perusteella. Tyypillisesti työhön liittyy ohjelmistojen testausta ja ohjelma-algoritmien kehittämistä. Työn pääpaino ei yleensä ole testattavien menetelmien teoreettisilla tarkasteluilla, vaan käytännön tuloksissa.

**Toteutustavat:**

Omatoiminen työskentely. Työn laajuudesta riippuen se voidaan tehdä myös useamman henkilön ryhmässä. Erikoistyö voidaan tehdä myös yrityksessä tehtävän kesätyön tai muun harjoittelun yhteydessä, mikäli työn aihe on sopiva.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Työ voi liittyä mitä moninaisimpien tutkimusalojen, kuten simuloinnin, optimoinnin, koodauksen, signaalin käsittelyn jne. matemaattisiin ja algoritmisiin ongelmiin. Työn sisältö määräytyy myös opiskelijan omien intressien ja kokemuksen nojalla. Työ voi tukea myös opiskelijaa saman aihepiirin pro gradu -työtä silmällä pitäen.

**Oppimateriaali:**

Hankitaan tapauskohtaisesti.

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**802647S: Fourier series and the discrete Fourier transform, 10 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Valeriy Serov

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

10 op

**802635S: Introduction to partial differential equations, 10 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Valeriy Serov

**Opintokohteen oppimateriaali:**

**Colton, David**, Partial Differential Equations: An Introduction, 1988

**Kress, Rainer**, Linear Integral Equations, 1999

**Folland, Gerald B.**, Introduction to partial differential equations, 1995

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

10 op

**Ajoitus:**

First and second period.

**Osaamistavoitteet:**

On successful completion of this course, the student will be able to

- solve linear and quasi-linear partial differential equations of first order using the method of characteristics
- apply the method of separation of variables to solve initial-boundary value problems for heat, wave and Laplace equations
- verify that a given function is a fundamental solution of a partial differential operator
- use single and double layer potentials to solve boundary value problems for Laplacian

**Sisältö:**

Linear and nonlinear equations of the first order, trigonometric Fourier series, Laplace equation in  $\mathbb{R}^n$  and in bounded domains, potential theory, Green's function, Heat equation in  $\mathbb{R}^n$  and in bounded domains, Wave equation in  $\mathbb{R}^n$  and in bounded domains, d'Alembert formula for any dimensions, Fourier method.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Esitiedot: Analyysi I, II, Kompleksianalyysi I ja II, Differentiaaliyhtälöt I sekä Lineaarialgebra I ja II.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste: <http://math.oulu.fi/materiaalit.html>

D. Colton: Partial Differential Equations (an Introduction), Dover Publications, 1988;

G. Folland: Introduction to Partial Differential Equations, 2nd edition, Princeton University Press, 1995;

R. Kress: Linear Integral Equations, 2nd edition, Springer, 1999.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Vastuuhenkilö:**

Valeriy Serov.

**802652S: Hilbertin avaruudet, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800624S Analyysi III 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**802676S: Johdatus inversio-ongelmiin, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Andreas Hauptmann

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Englanti

**Ajoitus:**

3<sup>rd</sup>/last year during B.Sc. studies, 1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> year of Master, 3rd period.

**Osaamistavoitteet:**

After successful completion of the course the student can identify linear ill-posed inverse problems and their severity. Furthermore, the students will be able to analyze and solve such problems with direct and indirect solution methods, identify necessary regularization, is able to implement such methods and work with basic simulated and experimental data.

**Sisältö:**

Theory of ill-posed inverse problems, singular value decomposition, Generalized-Inverse and Normal equations, Landweber iterations and Tikhonov regularization, Morozov discrepancy principle. Examples include convolutions, Fourier and Radon transform, corresponding to applications in image processing, X-ray and Magnetic Resonance Tomography. Use of Matlab/Python for implementation.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching

**Toteutustavat:**

Lectures (28 h), practical and computer classes (14 h) and independent work.

**Kohderyhmä:**

Students having mathematics, applied mathematics, or statistics as the major or a minor subject.

**Esitietovaatimukset:**

Core courses in the B.Sc curriculum of mathematical sciences, especially linear algebra; Numerical Analysis, Fourier analysis (beneficial, but not necessary), Functional analysis (beneficial, but not necessary).

**Oppimateriaali:**

Mueller, J and Siltanen, S (2012). Linear and nonlinear inverse problems, SIAM.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Active participation in practicals and final exam.

Read more about assessment criteria at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

Fail, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Andreas Hauptmann

**Työelämäyhteistyö:**

No

**806624S: Työharjoittelu, 5 - 7 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Jari Päckilä

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Voidaan suorittaa useasti:** Kyllä

**Lisätiedot:**

Opintoihin sisällytettävästä työharjoittelusta on sovittava etukäteen ennen harjoittelun alkamista harjoittelun vastuuhenkilön kanssa.

**H325852: Datatieteen profiilin syventävät opinnot, 40 - 80 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

*Pakolliset syventävät opinnot*

### **805628S: Todennäköisyysjakaumat, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

806631S Satunnaismuuttujat ja jakaumat 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

3. tai 4. opintovuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin menestyksellisen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa määritellä yksi- ja moniulotteisten diskreettien ja jatkuvien todennäköisyysjakaumien peruskäsitteet ja -lauseet ja osaa soveltaa näitä oppeja muissa tilastotieteen tai sovelletun matematiikan opinnoissaan.

**Sisältö:**

Yksi- ja moniulotteisten jakaumien pistetodennäköisyys-, tiheys-, kertymä- ja kvantiilifunktio; yhteisjakauma, reunajakauma, ehdollinen jakauma; odotusarvo, varianssi, kovarianssi, korrelaatiokerroin; momentti- ja kumulanttigeneroiva funktio; satunnaismuuttujien ja vektorien muunnosten jakauma, delta-menetelmä; satunnaismuuttujajonojen suppeneminen ja raja-arvolauseet; keskeiset yksiulotteiset jakaumamallit, multinormaalijakauma, tärkeimmät otantajakaumat.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot (28 h) ja laskuharjoitukset (14 h)

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen, sovelletun matematiikan ja matematiikan maisterivaiheen opiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Todennäköisyyslaskennan peruskurssi ja jatkokurssi, vektorianalyysi (tai vastaava)

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Esitietona kurssille Tilastollisen päättelyn teoria

**Oppimateriaali:**

Severini, T. Elements of Distribution Theory, Cambridge University Press, 2012

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**



Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**805627S: Tilastollisen päättelyn teoria, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

805611S Matemaattinen tilastotiede II 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

3. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa itsenäisesti tehdä data-analysissä tarvittavaa uskottavuus- ja Bayes päättelyä käyttäen keskeisiä tilastollisia ohjelmistoja.

**Sisältö:**

Uskottavuus, Bayes, monitestausongelma, False Discovery Rate (FDR), permutaatiotesti, bootstrap menetelmä, Sandwich estimaattori / robustisuus

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot, ohjatut harjoitukset (yht. 42 h) ja omatoiminen opiskelu.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

-

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Bradley Efron, Trevor Hastie (2016) Computer age statistical inference. Cambridge University Press.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**806624S: Työharjoittelu, 5 - 7 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Jari Päckilä

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Voidaan suorittaa useasti:** Kyllä

**Lisätiedot:**

Opintoihin sisällytettävästä työharjoittelusta on sovittava etukäteen ennen harjoittelun alkamista harjoittelun vastuuhenkilön kanssa.

**805622S: Simulaatiomenetelmät, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Mikko Sillanpää

**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

Periodi 3

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa itsenäisesti tehdä yksinkertaisen MCMC samplerin tietokoneella ja ymmärtää sen toimintaperiaatteen.

**Sisältö:**

Kurssi käsittelee perusalgoritmit kuinka generoidaan otoksia tavallisimmista tunnetuista jakaumista. Myös MCMC menetelmien periaatteet (Metropolis-Hastings, Gibbs sampling) ovat keskeisiä kurssilla.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot, ohjatut harjoitukset (yht. 42 h) ja omatoiminen opiskelu.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Liittyy läheisesti kurssiin Bayesiläinen analyysi

**Oppimateriaali:**

Christian P. Robert, George Casella (2010) Introducing Monte Carlo methods in R. Springer.

**Arviointiasteikko:**

Numeroarvostelu 1-5 (tai hylätty)

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**805687S: Graduseminaari, 5 op****Voimassaolo:** 01.06.2016 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Vastuuhenkilö:**

Esa Läärä

**800699S: Pro gradu-tutkielma, 30 op****Voimassaolo:** 01.01.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Lopputyö**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

Ei opintojaksokuvauksia.

**800600S: Kypsyysnäyte, 0 op****Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi*Lisäksi yksi valinnainen syventävä kurssi (5 op) esim. seuraavista:***805630S: Yleistetyt lineaariset mallit, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Mikko Sillanpää**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi**Leikkaavuudet:**

805352A Yleistetyt lineaariset mallit 5.0 op

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

Periodi 4

**Osaamistavoitteet:**

Kurssi suorittamisen jälkeen opiskelija osaa määritellä yleistetyn lineaarisen mallin tavallisimmille diskreeteille vasteille kuten kaksiluokkainen vaste (logit, probit) / binomi malli, lukumäärä vaste (poisson malli), moniluokkainen järjestetty ja järjestämätön vaste, frekvenssiaineistojen analyysi käyttäen log-lineaarisia malleja.

**Sisältö:**

Kaksiluokkaisen vasteen mallien (logit, probit) tulkinta ja käyttö ennustamisessa, poisson mallin tulkinta, ylihajonta, moniluokkainen järjestetty ja järjestämätön vasteen mallien tulkinnat, chi-toiseen testin ja log-lineaaristen mallien parametrien yhteys.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot (28 h) ja pakolliset harjoitukset (14 h)

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen, sovelletun matematiikan ja matematiikan maisterivaiheen opiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

-

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Agresti, A., Foundations of linear and generalized linear models. John Wiley & Sons, 2015.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**805665S: Bayesiläinen analyysi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Mikko Sillanpää

**Opintokohteen kielet:** suomi, englanti

**Leikkaavuudet:**

806365A	Johdatus bayesiläiseen tilastotieteeseen	5.0 op
806633S	Johdatus bayesiläiseen tilastotieteeseen	5.0 op

**805679S: Aikasarja-analyysi, 5 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen oppimateriaali:**

Harvey, Andrew C. , Time series models , 1993

Lütkepohl, Helmut , Introduction to multiple time series analysis , 1991

Hamilton, James D. , Time series analysis , 1994

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin jälkeen opiskelija osaa

- mallintaa aikasarjoja lineaaristen, epälineaaristen ja parametrittömien mallien avulla

- valita vaihtoehtoisten mallien väliltä ja käyttää tilastollista ohjelmistoa laskennan suorittamiseen.

**Sisältö:**

1. Aikasarja-analyysin peruskäsitteitä: stationaarisuus, autokorrelaatio, spektraalijakaumat ja periodogramma.
2. Lineaarinen aikasarja-analyysi: ARMA-mallien avulla tapahtuva selittäminen, ennustaminen, parametrien estimointi sekä mallidiagnostiikka.
3. Epälineaariset aikasarjamallit: kynnyksmallit (threshold models) ja heteroskedastiset aikasarjamallit (ARCH ja GARCH).
4. Epälineaarinen parametriton estimointi: aika-avaruus silottaminen ja tila-avaruus silottaminen sekä parametriton spektraalitiheyden estimointi. Parametriton funktion estimointi: ydinestimointi, lokaali polynomiregressio ja additiiviset mallit.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot ja vapaaehtoiset laskuharjoitukset, joissa opiskelijat esittävät ratkaisujaan etukäteen annettuihin lasku- ja tietokone tehtäviin.

Luentoja on 14 kertaa 2 tuntia ja laskuharjoituksia on 7 kertaa 2 tuntia.

**Kohderyhmä:**

Matemaattisten tieteiden opiskelijat, taloustieteiden opiskelijat.

**Esitietovaatimukset:**

Todennäköisyyslaskennan perusteet.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Fan, J. ja Yao, Q. (2005). Nonlinear Time Series, Springer.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Tentti

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

1 - 5

**Vastuhenkilö:**

Jussi Klemelä

**Työelämäyhteistyö:**

-

**Lisätiedot:**

Kurssin kotisivu on <http://cc.oulu.fi/~jklemela/timeseries/>

Oheiskirjallisuutta:

P. J. Brockwell and R. A. Davis: Time Series: Theory and Methods, Springer, 1991.

H. Lutkepohl: Introduction to Multiple Time Series Analysis, Springer.

J. Hamilton: Time Series, Princeton University Press The MIT Press, 1994.

## 805629S: Otantamenetelmät, 5 op

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Läärä Esa

**Opintokohteen kielet:** suomi

### Laajuus:

5 op

### Osaamistavoitteet:

Opintojakson suoritettuaan opiskelija

- tuntee otantatutkimuksen peruskäsitteet ja yleiset periaatteet sekä tärkeimmät otantamenetelmät,
- hallitsee otanta-asetelmien ominaisuuksien kuvaamisessa tarvittavan todennäköisyyslaskennan välineet sekä asetelmaperusteisen tilastollisen päättelyn teorian periaatteet
- osaa laskea keskeisten perusjoukkoparametrien estimaatit ja virhemarginaalit eri otantamenetelmillä hankittujen otosten aineistoista.

### Sisältö:

otantatutkimuksen pääperiaatteet, peruskäsitteet ja sovelluskohteet, - otanta-asetelmat ja niiden jakaumateoria sekä keskeisten perusjoukkoparametrien (kokonaismäärä, keskiarvo, suhde) pisteestimoinnin ja siihen liittyvän satunnaisvirheen arvioinnin periaatteet eri menetelmin hankituissa otoksissa. - otantamenetelmät ja niiden yhdistelmät: täysin satunnainen ja systemaattinen otanta, otanta samoin ja vaihtelevin todennäköisyyksin, alkiotasoinen ja ryväotanta, osittamaton ja ositettu otanta, yksi- ja monivaiheinen, yksi- ja moniasteinen otanta. - lisäinformaation hyväksikäyttö estimoinnin tehostamisessa ja kadon aiheuttaman harhan korjaamisessa asetelma- ja apumuuttujien avulla.

### Järjestämistapa:

Lähiopetus

### Toteutustavat:

Luennot 28 h, harjoitukset 14 h, ja omatoiminen opiskelu. Harjoitukset koostuvat kotitehtävistä ja luokkaharjoituksista. Viimemainituissa käytetään mm. SAS-tilasto-ohjelmistoa ja erityisesti sen survey-proseduureja.

### Esitietovaatimukset:

801195P Todennäköisyyslaskenta sekä 806113P Tilastotieteen perusteet tai vastaavat tilastotieteen perusopinnot. Keskeisiä tarvittavia perustaitoja ovat mm. diskreettien todennäköisyys-jakaumien, kuten binomi- ja hypergeometrinen jakauma, pistetodennäköisyyksien, odotusarvon ja varianssin laskentaperiaatteiden hallinta.

### Yhteydet muihin opintojaksoihin:

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus. Se ei edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja, eikä sitä oleteta esitietoina myöhemmissä opinnoissa.

### Oppimateriaali:

Luentomoniste sekä luennoilla ja harjoituksissa jaettava materiaali

### Suoritustavat ja arviointikriteerit:

Harjoitustehtävät ja loppukoe. Hyväksyttävä suoritus edellyttää riittäväksi katsottavaa aktiivisuutta harjoitustunneille osallistumisessa ja kotitehtävien tekemisessä. Kurssin syventävänä opintona suorittaville sekä kotitehtävät että loppukoe ovat jossain määrin vaativammat kuin aineopintotasoiseen suoritukseen tarvittavat.

### Arviointiasteikko:

Opintojaksolla ka#yteta#a#n numeerista arviointiasteikkoa 1-5.

**Vastuuhenkilö:**

Esa Läärä

**805663S: Koesuunnittelu, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Läärä Esa

**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

**Leikkaavuudet:**

806634S	Koesuunnittelu	6.0 op
806353A	Koesuunnittelu	6.0 op

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

Opintojakso järjestetään 2-3 vuoden välein 1. tai 2. periodilla; seuraavan kerran sl 2017.

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa selostaa vertailevien kokeiden suunnittelun tilastolliset pääperiaatteet, tunnistaa tärkeimmät koeasetelmat ja niiden tyypilliset käyttötilanteet sekä osaa asianmukaisesti analysoida ja tulkita näitä asetelmia soveltaen saatuja tuloksia.

**Sisältö:**

Koesuunnittelun periaatteet; satunnaistus, toistaminen, lohkominen; täydellisesti satunnaistettu koe ja satunnaisten lohkojen asetelma; tekijäkokeet, split-unit- ja vaihtovuorokokeet; jatkuvan vasteen lineaarinen malli, varianssi- ja kovarianssianalyysi; R-ympäristön käyttö aineiston analyysissä.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 h, harjoitukset 14 h, omatoiminen opiskelu. Harjoitukset koostuvat kotitehtävistä ja mikroluokkaharjoituksista.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen, matematiikan ja sovelletun matematiikan pääaineopiskelijat ja muut asiasta kiinnostuneet. Opintojaksoa voi suositella erityisesti niille LuTK:n, TTK:n sekä TSTK:n opiskelijoille ja tohtorikoulutettaville, jotka tarvitsevat koesuunnittelun ja analyysin menetelmiä muissa opinnoissaan tai tutkimustyössään.

**Esitietovaatimukset:**

806112P Data-analyysin perusmenetelmät tai 805305A Johdatus regressio- ja varianssianalyysiin sekä edeltävät tilastotieteen opinnot -- tai muulla tavoin hankitut vastaavat valmiudet.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste sekä luennoilla ja harjoituksissa jaettava materiaali. Suositeltavaa kirjallisuutta: Lawson, J. (2014). Design and Analysis of Experiments with R. Chapman and Hall/CRC.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Harjoitustehtävät ja loppukuulustelu. Kurssin suorittaminen edellyttää riittäväksi katsottavaa aktiivisuutta harjoituksiin osallistumisessa ja kotitehtävien tekemisessä.

**Arviointiasteikko:**

Opintojaksolla ka#yteta#a#n numeerista arviointiasteikkoa 1-5.

**Vastuuhenkilö:**

Esa Läärä

**Työelämäyhteistyö:**

Ei ole

**805661S: Kvantitatiivinen genetiikka, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Mikko Sillanpää

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

Periodi 1

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija tuntee joitakin kvantitatiivisen genetiikan peruskäsitteitä, perusmalleja sekä sukulaisuuden käsitteen.

**Sisältö:**

Kvantitatiivisen genetiikan käsitteet, sukulaisuuskertoimet ja niiden laskenta, valinnan mittaaminen, periytyvyysaste, geneettinen edistyminen, polygeeninen ja yhden lokuksen malli, dominanssi, epistasia, jalostusarvo, piilo-Markov malli.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot (28 h), harjoitukset (14 h), harjoitustyö ja esitelmä.

**Kohderyhmä:**

Tilastotieteen ja perinnöllisyystieteen pää- ja sivuaineopiskelijat.

**Esitietovaatimukset:**

Johdanto tilastotieteeseen

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Introduction to Quantitative Genetics: Falconer & Mackay. Forth Edition. 1996. Prentice Hall. Kopioita Oulun yliopiston kirjastossa.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe, pakolliset harjoitukset, harjoitustyö sekä esitys.

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää



**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**805662S: Elinaika-analyysi, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Läärä Esa**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi**806635S: Sekamallit, 5 op****Voimassaolo:** 01.01.2013 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa kuvata sekamallien peruskäsitteet ja oletukset sekä varianssikomponenttien ja kiinteiden/satunnaistekijöiden estimointimenetelmien pääperiaatteet, ja osaa myös soveltaa näitä menetelmiä epäkokeellisen havaintoaineiston analyysissä.

**Sisältö:**

Jatkuvan vastemuuttujan sekamallit, REML, BLUP; mallin muotoilu ja parametrien tulkinta; mallien sovittaminen, parametrien estimointi ja ennustaminen REML ja BLUP menetelmillä; R-ohjelman käyttö mallin sovittamisessa.

**Toteutustavat:**

Luennot (28 h), lasku- ja mikroluokkaharjoitukset (14 h), omatoiminen opiskelu.

**Vastuuhenkilö:**

Mikko Sillanpää

**805609S: Epidemiologian tilastolliset menetelmät, 9 op****Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Läärä Esa**Opintokohteen oppimateriaali:**

**Santos Silva, Isabel dos** , Cancer epidemiology principles and methods , 1999

**Clayton, David** , Statistical models in epidemiology , 1993

**Rothman, Kenneth J.** , Modern epidemiology , 1998

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Lähtötaaso vaatimus:**

Todennäköisyyslaskennan peruskurssi, Data-analyysin perusmenetelmät sekä Tilastollinen päättely I.

**Laajuus:**

9 op

**Osaamistavoitteet:**

Opintojaksolla hankitaan valmiudet analysoida tyypillisten epidemiologisten tutkimusasetelmien tuottamia aineistoja ja tulkita niiden tuloksia. Käsiteltäviä aiheita ovat mm. terveys- ja sairausilmiöiden esiintyvyys ja sen mittaaminen väestöryhmissä, ilmaantuvuus- ja vallitsevuussuureet, vakiointi, epidemiologinen kausaalitutkimus ja vertailevan tutkimuksen asetelmat, tutkimuksen validiteetti ja tarkkuus, harhat ja satunnaisvirheet ja niiden hallinta, tutkimusaineiston tilastollinen analyysi, julkaistujen tutkimusten kriittinen arviointi ja tulkinta. Kurssin voi suorittaa myös syventävänä opintojaksone 805609S (vaativampi suoritus).

**Esitietovaatimukset:**

Esitiedot: Todennäköisyyslaskennan peruskurssi, Data-analyysin perusmenetelmät sekä Tilastollinen päättely I.

**Oppimateriaali:**

dos Santos Silva, I: Cancer Epidemiology. Principles and Methods. International Agency for Research on Cancer, Lyon 1999; D.Clayton & M.Hills: Statistical Models in Epidemiology, Oxford UP 1993; K. J. Rothman, S. Greenland: Modern Epidemiology, 2nd Edition, Lippincott-Raven, 1998.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Välikokeet tai loppukoe.

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Vastuuhenkilö:**

Esa Läärä.

**805666S: Kausaalimallit, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuofo:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Läärä Esa

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

Opintojakso järjestetään 2-3 vuoden välein 2. periodilla. Suositellaan suoritettavaksi 3.-5. opintovuonna.

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija osaa kuvata rakenteellisten kausaalimallien peruskäsitteet sekä kausaalisten vaikutusten identifioinnin ja kausaalilaskennan keskeiset säännöt. Hän osaa myös soveltaa näitä menetelmiä kausaalivaikutusten estimointiin havaintoaineiston pohjalta sekä käyttää näihin tehtäviin tarjolla olevia laskennallisia työkaluja.

**Sisältö:**

Kausaaligraafit ja niihin liittyvät Markov-mallit, d-separaatio, sekoittajat ja törmäyttimet, interventiot ja do-laskenta, taka- ja etuoven vakioinnit, kontrafaktuaalit, välinemuuttajat, lineaariset rakenneyhtälömallit, R-ympäristön työkalujen käyttö kausaalimallituksessa.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

luennot 28 h, harjoitukset 14 h, ja omatoiminen opiskelu. Osa luennoista toteutetaan professori Juha Karvasen (Jyväskylän yliopisto) videoitujen luentojen avulla. Harjoitukset koostuvat kotitehtävistä ja mikrolokkaharjoituksista.

**Kohderyhmä:**

Matemaattisten tieteiden pääaineopiskelijat ja muut asiasta kiinnostuneet. Opintojaksoa voi suositella erityisesti niille tietotekniikan ja tietojenkäsittelytieteiden opiskelijoille, jotka ovat kiinnostuneita tekoälymenetelmien kehittämisestä vahvan tekoälyn suuntaan.

**Esitietovaatimukset:**

Todennäköisyyslaskenta ja Johdatus regressio- ja varianssianalyysiin, tai Tilastomatematiikka sekä perustiedot R-kielestä -- tai muulla tavoin hankitut vastaavat valmiudet.

**Yhteydet muihin opintoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus, eikä edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste, luennoilla ja harjoituksissa jaettava materiaali sekä videoidut luennot.

Suosittelavaa kirjallisuutta:

Pearl, J., Mackenzie, D. (2018). *Miksi? Syyn ja seurauksen uusi tiede*. Terra Cognita, Helsinki.

Pearl, J., Glymour, M., Jewell, N.P. (2016). *Causal Inference in Statistics: A Primer*. Wiley, New York.

Pearl, J. (2009). *Causality, 2<sup>nd</sup> Edition*. Cambridge University Press. Cambridge.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Harjoitustehtävät ja loppukuulustelu. Kurssin suorittaminen edellyttää riittäväksi katsottavaa aktiivisuutta harjoituksiin osallistumisessa ja kotitehtävien tekemisessä.

**Arviointiasteikko:**

Opintojaksolla kaaytetään numeerista arviointiasteikkoa 1-5.

**Vastuhenkilö:**

Esa Läärä

**Työelämäyhteistyö:**

Ei ole

*Pakollisina syventävinä opintoina väh. 20 op tietotekniikan syventäviä. Suositellaan seuraavia:*

**521289S: Koneoppiminen, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Tietotekniikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Tapio Seppänen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

521497S-01 Hahmontunnistus ja neuroverkot, tentti 0.0 op

521497S-02 Hahmontunnistus ja neuroverkot, harjoitustyö 0.0 op

521497S Hahmontunnistus ja neuroverkot 5.0 op

**Laajuus:**

5 ECTS cr

**Opetuskieli:**

English. Examination can be taken in English or Finnish.

**Ajoitus:**

The course unit is held in the spring semester, during period III. It is recommended to complete the course at the end of studies.

**Osaamistavoitteet:**

After completing the course, student

1. can design simple optimal classifiers from the basic theory and assess their performance.
2. can explain the Bayesian decision theory and apply it to derive minimum error classifiers and minimum cost classifiers.
3. can apply the basics of gradient search method to design a linear discriminant function.
4. can apply regression techniques to practical machine learning problems.

**Sisältö:**

Introduction. Bayesian decision theory. Discriminant functions. Parametric and non-parametric classification. Feature extraction. Classifier design. Example classifiers. Statistical regression methods.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching, guided laboratory work and independent assignment.

**Toteutustavat:**

Lectures 16 h, Laboratory work 16 h, Exercise 16 h and Self-study the rest (Independent task assignment, written examination).

**Kohderyhmä:**

Students who are interested in data analysis technology. Students of the University of Oulu.

**Esitietovaatimukset:**

The mathematic studies of the candidate degree program of computer science and engineering, or equivalent. Programming skills, especially basics of the Matlab.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

The course is an independent entity and does not require additional studies carried out at the same time.

**Oppimateriaali:**

Duda RO, Hart PE, Stork DG, Pattern classification, John Wiley & Sons Inc., 2nd edition, 2001. Handouts.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Laboratory work is supervised by assistants who also check that the task assignments are completed properly. The independent task assignment is graded. The course ends with a written exam.

Read more about [assessment criteria](#) at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

The course unit utilizes a numerical grading scale 1-5. In the numerical scale zero stands for a fail. The final grade is established by weighing the written exam by 2/3 and the task assignment by 1/3.

**Vastuhenkilö:**

Tapio Seppänen

**Työelämäyhteistyö:**

No

**521283S: Massadatan käsittely ja soveltaminen, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Tietotekniikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Ekaterina Gilman

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 ECTS credits

**Opetuskieli:**

English

**Ajoitus:**

Period IV. It is recommended that the course is taken on the fourth year Spring.

**Osaamistavoitteet:**

Upon completion of the course, the student :

1. is able to explain the big data phenomenon, its challenges and opportunities.
2. is able to explain the requirements and common principles for data intensive systems design and implementation, and evaluate the benefits, risks and restrictions of available solutions.
3. can explain the principles of big data management and processing technologies and utilize them on a basic level.

**Sisältö:**

General introduction into big data, namely: big data fundamentals, data storage, batch and stream data processing, data analysis, privacy and security, big data use cases.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face teaching, independent and group work

**Toteutustavat:**

Lectures, exercises, seminars, independent and group work

**Kohderyhmä:**

M.Sc. students (computer science and engineering) and other Students of the University of Oulu

**Esitietovaatimukset:**

The Bachelor level studies of Computer science and engineering study programmes or respective knowledge.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Finishing 521290S Distributed Systems, 521497S Pattern recognition and neural networks, and 521286A Computer Systems is beneficial.

**Oppimateriaali:**

Lecture slides and exercise material will be provided. Each lecture will include the reference list for recommended reading. Instructions to necessary installations will be given.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

This course assesses students continuously by the completion of small project work, seminar presentations and short reports on a selected topic (group work). Answering two quizzes during the course is optional and provides additional points for final grade. To pass the course, it is enough to get 50 % of available points. No exam.

Read more about [assessment criteria](#) at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

The course utilizes a numerical grading scale 1-5. In the numerical scale zero stands for a fail.

**Vastuhenkilö:**

Ekaterina Gilman

**Työelämäyhteistyö:**

The course includes also invited lectures from industry.

**521156S: Matkalla tiedonlouhintaan, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Tietotekniikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Satu Tamminen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Opetuskieli on suomi tai englanti

**Ajoitus:**

Syyslukukausi, periodi I.

**Osaamistavoitteet:**

Opiskelija osaa tunnistaa, millaista dataa hän aikoo tutkia ja millaisia esikäsittelyitä se vaatii. Kurssin konkreettiset osaamistavoitteet ovat:

1. Opiskelija osaa suunnitella ja toteuttaa datan keräyksen.
2. Opiskelija osaa yhdistää dataa eri lähteistä
3. Opiskelija osaa normalisoida ja transformoida dataa sekä käsitellä puuttuvaa tai virheellistä dataa
4. Opiskelija osaa varmistaa tulosten yleistettävyyden.

**Sisältö:**

Kurssi antaa hyvät valmiudet niin diplomityön aloittamiseen kuin jatko-opintoihin. Kurssilla käsitellään tiedonlouhintaprosessi yleisellä tasolla, datan keräys ja eri datatyypit, datan laatu ja luotettavuus, datan valmistelu sisältäen puuttuvien arvojen, outliereiden ja yksityisyyden käsittelyn, useasta lähteestä saatujen signaalien yhdistämisen, tietokantojen hyödyntämisen tiedonlouhintaprosessissa sekä datan normalisointi, transformointi ja havaintojen keskinäinen riippuvuus ja jakautuminen. Lisäksi käydään läpi tulosten yleistettävyyden varmistamiseen ja datan jakoon liittyvät mallinnusmenetelmistä riippumattomat periaatteet mm. train-test-validate, cross-validation ja leave-one-out menetelmät.

**Järjestämistapa:**

Luennot, itsenäinen opiskelu, ryhmätyöt

**Toteutustavat:**

16 h luentoja, 16 h harjoituksia, itsenäistä opiskelua.

**Kohderyhmä:**

Kurssi soveltuu DI-vaiheen opiskelijoille Tieto- ja sähkötekniikan opinto-ohjelmissa, sivuaineopintoihin sekä jatko-opiskelijoille.

**Esitietovaatimukset:**

031021P Tilastomatematiikka tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Kurssi on itsenäinen, eikä vaadi muita opintoja suoritettavaksi yhtä aikaa.

**Oppimateriaali:**

Luento- ja harjoitusmateriaali annetaan kurssilla. Kurssikirja ilmoitetaan kurssin alussa. Materiaali on pääosin englanniksi.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Viikoittain palautettavat esitehtävät sekä harjoitustehtävät loppukoe. Puolet arvosanasta määräytyy palautustehtävien ja puolet loppukokeen perusteella.

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

Numeerinen arviointiasteikko 1-5; nolla merkitsee hylättyä suoritusta.

**Vastuhenkilö:**

Tamminen Satu

**Työelämäyhteistyö:**

-

**Lisätiedot:**

-

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Tietotekniikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Mourad Oussalah

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 ECTS credits / 120 hours of works

**Opetuskieli:**

English

**Ajoitus:**

Period 2. It is recommended to complete the course at the end of period 2

**Osaamistavoitteet:**

Upon completing the course, the student is expected to i) comprehend, design and implement basic (online) text retrieval and query systems; ii) account for linguistic aspects and perform word sense disambiguation; iii) perform basic (statistical) inferences using corpus; iv) manipulate (statistical) language modelling toolkits, online lexical databases and various natural language processing tools.

**Sisältö:**

Foundation of text retrieval systems, Lexical ontologies, word sense disambiguation, Text categorization, Corpus-based inferences and Natural Language Processing tools

**Järjestämistapa:**

Face- to-face teaching and laboratory sessions

**Toteutustavat:**

Lectures (24 h), tutorial/laboratory sessions (16h), seminar (6h) and practical work. The course is passed with an approved practical work and class test. The implementation is fully in English.

**Kohderyhmä:**

students with (moderate to advanced) programming skills in Python

**Esitietovaatimukset:**

Programming skills (preferably) in Python

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

The course is an independent entity and does not require additional studies carried out at the same time

**Oppimateriaali:**

Introduction to Information Retrieval, by C. Manning, P. Raghavan, and H. Schütze. Cambridge University Press, 2008. (Free from <http://nlp.stanford.edu/IR-book/>) Foundations of statistical natural language processing, by Manning, Christopher D., Schütze, Hinrich. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2000

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

One class test (30%) in the middle of the term + Project work (70%)  
Read more about [assessment criteria](#) at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

1-5

**Vastuuhenkilö:**

Mourad Oussalah

**Työelämäyhteistyö:**

-

**521290S: Hajautetut järjestelmät, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Tietotekniikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Xiang Su

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

521266S-01 Hajautetut järjestelmät, tentti 0.0 op

521266S-02 Hajautetut järjestelmät, harjoitustyö 0.0 op

521266S Hajautetut järjestelmät 6.0 op

**Laajuus:**

5 ECTS cr

**Opetuskieli:**

In English.

**Ajoitus:**

Spring, period 3.

**Osaamistavoitteet:**

After completing the course, the student

1. is able to explain the key principles of distributed systems
2. apply the principles in evaluating major design paradigms used in implementing distributed systems
3. solve distributed systems related problems
4. design and implement a small distributed system

**Sisältö:**

Introduction, architectures, processes, communication, naming, synchronization, consistency and replication, fault tolerance, security, case studies.

**Järjestämistapa:**

Face-to-face.

**Toteutustavat:**

Lectures 22 h, exercises 16 h, project work 50 h, self-study 47 h.

**Kohderyhmä:**

M.Sc. students (computer science and engineering) and other Students of the University of Oulu

**Esitietovaatimukset:**

None.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

The course is an independent entity and does not require additional studies carried out at the same time.

**Oppimateriaali:**

Required literature: Maarten van Steen and Andrew S. Tanenbaum, Distributed Systems – Principles and Paradigms, Third Edition, 2017.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

The course uses continuous assessment so that there are 2 intermediate exams. Alternatively, the course can also be passed with a final exam. The course includes a mandatory project work.

Read more about [assessment criteria](#) at the University of Oulu webpage.

**Arviointiasteikko:**

Numerical scale 1-5; zero stands for a fail.

**Vastuhenkilö:**

Xiang Su

**Työelämäyhteistyö:**

None.



**800661S: Aineenopettajan erikoistyö, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Leikkaavuudet:**

802639S Aineenopettajan erikoistyö: sisällönsuunnittelu 5.0 op

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

4. vuosi, 3.-4. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa yhdistää matemaattista ajattelua matematiikan opetukseen
- osaa suunnitella matematiikan opetussisältöjä, jotka tukevat matemaattista ymmärtämistä
- osaa hyödyntää matematiikan didaktiikan tutkimuksia opetuksessaan
- osaa etsiä ja tulkita matematiikan didaktiikan artikkeleja.

**Sisältö:**

Kurssilla opiskelijat suunnittelevat ja toteuttavat opetustuokioita. Toista raportoidaan. Lisäksi tutustutaan matematiikan didaktiikan artikkeleihin.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h seminaaria, 105 h ryhmätyöskentelyä ja itsenäistä työtä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan aineenopettajaksi opiskelevat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikassa tai vastaavat opinnot

**Oppimateriaali:**

Jaetaan kurssin aikana

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Aktiivinen osallistuminen seminaareihin, kirjalliset työt

**Arviointiasteikko:**

Hyväksytty/Hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Marko Leinonen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

Korvaa kurssin 802639S Aineenopettajan erikoistyö: sisällönsuunnittelu.

**802641S: Aineenopettajan erikoistyö: harjoittelu, 2 - 5 op****Voimassaolo:** 01.06.2015 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opintokohteen kielet:** suomi**Leikkaavuudet:**

802632S-03 Matematiikan erikoistyö, muut osat 3.0 op

802632S-01 Aineenopettajan erikoistyö, seminaari/sisällönsuunnittelu 4.0 op

802632S-02 Matematiikan erikoistyö, yo-tehtävien tarkistus 3.0 op

802632S Aineenopettajan erikoistyö 10.0 op

**Laajuus:**

2-5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi, mikä tahansa periodi

**Osaamistavoitteet:**

Opiskelija osaa soveltaa taitojaan käytännön opetustyössä tai opetukseen liittyvissä tehtävissä.

**Sisältö:**

Opiskelijat opettavat matematiikkaa, kohderyhmä riippuu harjoittelupaikasta ja -tavasta. Harjoitteluun voi sisältyä koulutusta, oppimateriaalin tuottamista ja raportointia. Osan harjoittelusta (2 op) voi suorittaa ylioppilastehtävien pisteyttämiseen liittyvällä koulutuksella.

**Järjestämistapa:**

Vaihtelee harjoittelusta riippuen

**Toteutustavat:**

53h-133h työtä harjoittelusta riippuen, lähiopetustapaamiset (12 h) käsittelevät ylioppilastehtävien pisteytystä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan aineenopettajaksi opiskelevat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

-

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Harjoittelu, raportointi

**Arviointiasteikko:**

hyväksytty / hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Pekka Salmi

**Työelämäyhteistyö:**

Kyllä

**Lisätiedot:**

-

## H325052: Aineenopettajan syventävä moduli, 0 - 100 op

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

*Valitse väh. 30 op syventäviä (myös muut syventävät matematiikan kurssit käyvät) tai niitä korvaavia P- ja A-tason erikseen sovittuja kursseja. Lisäksi vaihtuvat erikoiskurssit käyvät tähän. Algebralliset rakenteet 802355A on pakollinen, ellei suoritettu LuK-tutkintoon.*

### 802355A: Algebralliset rakenteet, 5 op

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Kari Myllylä

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800333A Algebra I 8.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

2. vuosi, 1. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa johtaa ja todistaa kurssin keskeiset tulokset
- hallitsee kursseilla käytetyt erilaiset todistusmenetelmät
- hallitsee erilaiset algebrallisten rakenteiden käsitteet
- osaa käsitellä erityyppisiä algebrallisia rakenteita ja ymmärtää niiden väliset yhteydet ja eroavaisuudet
- osaa soveltaa algebrallisia menetelmiä tieteellisiin ja käytännön ongelmiin

**Sisältö:**

Tutkitaan algebrallisten rakenteiden perusteita. Tällaisia ovat mm. renkaat, alirenkaat, ideaalit, kokonaisalueet, kunnat ja äärelliset kunnat. Tavoitteena on kyky ymmärtää matematiikan ja fysiikan käyttämää slangia eli abstraktia järjestelmää, jossa toimitaan suuressa määrin symbolien ja niiden välisten pelisääntöjen avaruudessa.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h harjoituksia

**Kohderyhmä:**

Pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

802354A Algebran perusteet

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

1-5

**Vastuuhenkilö:**

Kari Myllylä

**Työelämäyhteistyö:**

-

**802662S: Vaativien tehtävien ohjauskurssi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2012 -

**Opiskelumoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4-5 vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa yhdistää matemaattista ajattelua matematiikan opetukseen

- osaa suunnitella matematiikan tehtäviä, jotka vaativat enemmän syvällistä matemaattista ymmärtämistä kuin mekaanista laskemista.

**Sisältö:**

Matematiikan kurssin suunnittelu ja toteutus.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h seminaarimuotoista opetusta, 7 h omaa opetusta

**Kohderyhmä:**

Matematiikan aineenopettajaopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Luonnontieteiden kandidaatin -tutkinto ja pedagogiset opinnot

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Aktiivinen osallistuminen

**Arviointiasteikko:**

Hyväksytty / hylätty

**Vastuhenkilö:**

Marko Leinonen

**Työelämäyhteistyö:**

On, abiturienttien opettamista ja kurssin suunnittelua.

### **802655S: Ketjumurtoluvut, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2011 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi/Englanti

**Ajoitus:**

1. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin;

Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviäsekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Luennoilla tarkastelemme aluksi reaalitylukujen b-kantaesityksiä ja yksinkertaisia ketjumurtoesityksiä sekä esityksien ominaisuuksia-päättävä, päättymätön, irrationaalisuus, jaksollisuus, approksimaatio-ominaisuudet. Seuraavaksi tutkitaan yleisiin ketjumurtolukuihinliittyviä rekursiota ja transformaatioita sekäsuppenemis- ja irrationaalisuusehtoja. Edelleen tarkastellaan hypergeometristen sarjojenketjumurtokehittelmiä, joista saadaan tuttujen lukujen kuten piin ja Neperin luvun e ketjumurtokehittelmiä. Tutkimus suunnataan myös yleisempiin irrationaalisuuskysymyksiin ja Diofantoksen yhtälöihin.

**Järjestämistapa:**

Luennot, harjoitukset.

**Esitietovaatimukset:**

Johdatus matemaattiseen päättelyyn

Alkeisfunktiot

Jatkuvuus ja raja-arvo

Derivaatta

Lukuteorian perusteet (Lukuteoria I)

**Oppimateriaali:**

G.H. Hardy & E.M. Wright: An Introduction to the Theory of Numbers.

Kenneth H. Rosen: Elementary number theory and its applications.

Lisa Lorentzen and Haakon Waadeland: Continued Fractions with Applications (1992).

Oskar Perron: Die Lehre von den Kettenbrüchen (1913).

[Kurssimateriaali](#)

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

1-5, hyl

**Vastuuhenkilö:**

Tapani Matala-aho

**802652S: Hilbertin avaruudet, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800624S Analyysi III 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**802666S: Lineaarinen optimointi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Erkki Laitinen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800688S Optimointiteoria 10.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa tunnistaa oikeat menetelmät lineaarisen optimointiongelman ratkaisemiseksi ja implementoida lineaarisen optimoinnin tyypillisimmät ratkaisualgoritmit.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään menetelmiä joilla ratkaistaan keskeisiä tekniikan ja talouden lineaarisia optimointiongelmia. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia aiheita: Konveksit joukot, Lineaarisen optimointitehtävän graafinen ratkaiseminen, duaalimuoto, simpex-algoritmi, dual-simplex algoritmi. Menetelmiä tarkastellaan teoreettisesti sekä esitetään numeerisia algoritmeja tehtävien ratkaisemiseksi.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 + harjoitukset 14

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste David G. Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**802667S: Epälineaarinen optimointi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

4. tai 5. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija osaa valita oikeat menetelmät konveksin epälineaarisen optimointiongelman ratkaisemiseksi ja implementoida tyypillisimmät epälineaarisen optimoinnin ratkaisualgoritmit.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään menetelmiä joilla ratkaistaan keskeisiä tekniikan ja talouden epälineaarisia konvekseja optimointiongelmia. Kurssilla käsitellään mm. seuraavia aiheita: Konvekssi optimointitehtävä, rajoittamattoman konvekssi optimointi, rajoitettu konvekssi optimointi, konveksin optimointitehtävän duaali, Karush-Kuhn-Tucer ehdot ja sakkofunktio menetelmä. Menetelmiä tarkastellaan teoreettisesti sekä esitetään numeerisia algoritmeja tehtävien ratkaisemiseksi.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

luennot 28h ja harjoitukset 14h

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto matematiikasta tai vastaava

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste

A. L. Peressini, F.E. Sullivan, J.J. Uhl: The mathematics of Nonlinear Programming David g. Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

## 801698S: Kryptografia, 5 op

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen oppimateriaali:**

**Trappe, Wade; Washington, Lawrence C.**, Introduction to Cryptography: with Coding Theory, 2005  
**Menezes, Alfred J.; van Oorschot, Paul C.; Vanstone, Scott A.** , Handbook of Applied Cryptography, 1997

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi/Englanti

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Luennoilla tutkitaan salaus-, avaimenvaihto- ja allekirjoitusjärjestelmiin liittyviä matemaattisia perusteita. Tällaisia ovat alkulukutesteihin ja tekijöihinjakomenetelmiin liittyvät ryhmä- ja lukuteoreettiset perusteet, laskentaan ja erityisesti äärellisten kuntien laskutoimituksiin liittyvät kompleksisuusarviointit, nopea potenssi ja diskreetti logaritmi äärellisessä syklisessä ryhmässä sovellettuna äärellisen kunnan kertolaskuryhmässä ja elliptisen käyrän yhteenlaskuryhmällä. Johdetaan yhteenlaskukaavat projektiivisella ja affiinilla Weierstrassin elliptisellä käyrällä. Tarkasteltavia järjestelmiä ovat Diffie-Hellman -avaimenvaihto sekä ElGamal salaus- ja allekirjoitus äärellisessä syklisessä ryhmässä sekä edelliset sovellettuna äärellisissä kunnissa tai niiden yli määritellyillä elliptisillä käyrillä kuten DSA, ECDSA ja Massey-Omura. Edellisiin liittyviä testejä ja algoritmeja: AKS, Fermat, Lenstra, Lucas, Miller-Rabin, neliöseula, Pohlig-Hellman, Pollardin  $p-1$  ja  $\rho$ , Pseudoalkuluvut, Solovay-Strassen.

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 14 h.

**Kohderyhmä:**

Maisterivaiheen pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Algebran perusteet  
 Salausmenetelmät  
 Algebralliset rakenteet  
 Kuntalaajennukset

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Esitiedot: Algebra I, Algebra II ja salausmenetelmät.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste; Wade Trappe, Lawrence C. Washington: Introduction to cryptography : with coding theory; Alfred J. Menezes: Handbook of Applied Cryptography, CRC Press 1996. Tämä kirja on myös ladattavissa internetistä: <http://www.cacr.math.uwaterloo.ca/hac/>.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Marko Leinonen



**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Esa Järvenpää

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija tunnistaa fraktaalaisia ilmiöitä arkipäivän elämässä ja osaa laskea yksinkertaisia fraktaaleihin liittyviä tunnuslukuja.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h harjoituksia, 91 itsenäistä opiskelua

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat. Soveltuu hyvin aineenopettajalinjalaisille ja myös sivuaineopiskelijoille.

**Esitietovaatimukset:**

Matematiikan perusopinnot.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Maarit Järvenpää

### **802642S: Symmetriaryhmät, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Pekka Salmi

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi/englanti

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa kuvailla tunnettuja symmetriaryhmiä
- osaa määrätä geometrinen kappaleiden symmetriaryhmiä
- osaa käsitellä ryhmiä symmetrioita välittävänä objekteina

- osaa käyttää permutaatioita symmetrioiden esittämiseen
- osaa selittää ryhmän operointiin liittyvät peruskäsitteet
- osaa soveltaa permutaatioihin liittyviä algoritmeja.

**Sisältö:**

Klassisesti ryhmän käsite juontaa juurensa joukkojen, geometrinen kappaleiden ja muiden objektien symmetrioista, ja tällä kurssilla käsitellään ryhmiä tästä näkökulmasta. Permutaatiot, eli joukkojen symmetriat, antavat pohjan tälle tarkastelulle. Sen jälkeen edetään monimutkaisempien objektien, kuten geometrinen kappaleiden, symmetrioihin. Symmetrioihin liittyy keskeisesti ryhmän operointi erilaisiin objekteihin ja operointiin liittyvät peruskäsitteet käydään läpi (rata, stabilaattori, jne). Oman tärkeän luokkansa symmetriaryhmiä muodostavat matriisiryhmät, ja kurssilla tutustutaan myös näihin. Lisäksi käsitellään näiden eri ryhmien välisiä yhteyksiä.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus, itsenäisesti tietokoneella tehtävät harjoitukset

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h harjoituksia, 91 h itsenäistä työskentelyä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat mukaan lukien aineenopettajaopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

802354A Algebran perusteet,  
802320A Lineaarialgebra,  
802357 Euklidiset avaruudet

**Oppimateriaali:**

Luentokalvot, STACK-tehtävät

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe, harjoitustehtävät

**Arviointiasteikko:**

1-5, hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Pekka Salmi

**802675S: Johdatus additiiviseen kombinatoriikkaan, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Ville Suomala

**Opintokohteen kielet:** englanti, suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

I periodi syksyllä

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija:

- osaa käsitellä summajoukkoja ja johtaa niihin liittyviä alkeellisia epäyhtälöitä.
- tuntee aritmeettisiin jonoihin liittyviä perustuloksia (mm. Cauchy-Davenportin lause, Van der Waerdenin lause)
- ymmärtää miten joukon additiivinen rakenne liittyy sen kokoon determinististen ja satunnaisten joukkojen tilanteessa

- tunnistaa additiiviseen kombinatoriikkaan liittyviä ongelmia

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään additiivisen kombinatoriikan perustuloksia, kuten Rothin lausetta, Freimanin lausetta, Balogh-Szemerédi-Gowers lausetta, sekä näiden sovelluksia.

**Järjestämistapa:**

Luennot ja harjoitukset

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 8 h, itsenäistä työskentelyä 91 h

**Kohderyhmä:**

Kurssi sopii hyvin kaikille matematiika pää- ja sivuaineopiskelijoille

**Esitietovaatimukset:**

Kurssi on itsenäinen kokonaisuus, eikä se vaadi esitietoja matematiikan perusopinnojen lisäksi.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Tämä kurssi antaa erinomaiset esitiedot kurssille 802673S Additiivinen kombinatoriikka.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Tentti

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Ville Suomala

**802656S: Algebralliset luvut, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2012 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi ja englanti

**Ajoitus:**

3/4 vuosi, 4. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Aluksi kerrataan renkaiden ja kuntien perusteita, joista edetään kuntalaajennuksiin. Erityiseen tarkasteluun otetaan jaollisuus kokonaisalueessa, jonka sovelluksiin törmätään polynomialgebrassa ja kokonaisten algebrallisten lukujen teoriassa. Algebrallisten lukujen teoria nojaa vahvasti polynomialgebraan, josta käsitellään polynomien nollakohtia ja jaollisuutta. Algebrallisen luvun määritelmä yleistetään kuntalaajennuksien algebrallisiin alkioihin, joista edetään algebrallisiin kuntiin. Tärkeimpinä algebrallisina

kuntina saadaan lukukunnat, jotka ovat äärellisesti generoituja kompleksisten algebrallisten lukujen kunnan  $A$  alikuntia. Erityisesti tutkitaan neliökuntia. Edelleen tarkastellaan kokonaisten algebrallisten lukujen jaollisuutta ja tekijöihinjakoa, joita sovelletaan Diofantoksen yhtälöiden ratkaisemiseen.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h laskuharjoituksia, 91 h omatoimista työskentelyä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Algebran perusteet, Algebralliset rakenteet, Matriisilaskenta, Lineaarialgebra, Lukuteorian perusteet

**Oppimateriaali:**

I.N. Stewart and D.O. Tall: Algebraic number theory, Mollin, Richard A., Advanced number theory with applications,

Course material: <http://cc.oulu.fi/~tma/OPETUS.html>

**Arviointiasteikko:**

1-5, i

**Vastuuhenkilö:**

Tapani Matala-aho

**Työelämäyhteistyö:**

-

**800332A: Matematiikan historia, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Matti Lehtinen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

801390A Matematiikan historia 6.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

4. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suorittamisen jälkeen opiskelija osaa selittää matematiikan historian keskeisimmät vaiheet.

**Sisältö:**

Kurssi alkaa muinaisen Egyptin ja Mesopotamian matematiikasta. Huomattava osa ajasta käytetään kreikkalaisen matematiikan, erityisesti geometrian ja analyysin varhaisvaiheiden, käsittelyyn. Keskiajan matematiikasta tarkastellaan ainakin islamin valtakirjässä tapahtunutta kehitystä sekä tulevan kehityksen ennakkointia Euroopassa. Uuden ajan alussa italialaiset algebrat ratkaisevat kolmannen ja neljännen asteen yhtälöitä. Tämän jälkeen alkaakin yleinen matematiikan nousu, numeeriset laskentamenetelmät kehittyvät, nykyaikainen algebrallinen symboliikka alkaa kehittyä, Fermat ja Descartes luovat analyyttisen geometrian ja nykyaikainen lukuteoria saa alkunsa. Samanaikaisesti differentiaali- ja integraalilaskentaa ennakoivan geometrisilla ja fysikaalisilla tarkasteluilla. Vihdoin Newton ja Leibniz keksivät, että edellisen vuosisadan geometriset tarkastelut voidaan korvata täysin formaaleilla laskutoimituksilla. Differentiaali- ja

integraalilaskennan täsmällinen looginen perusta tosin luodaan vasta seuraavan kahdensadan vuoden aikana. Tähän kehitykseen luodaan yleiskatsaus.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot 28 h

**Kohderyhmä:**

Kurssia suunniteltaessa on ajateltu erityisesti opettajiksi valmistuvia

**Esitietovaatimukset:**

Lukion matematiikka

**Oppimateriaali:**

Luentokirja: Lehtinen: Matematiikan vuosituhannet (Eukleides-kirjat 2017)

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

1-5, hyv, hyl

**Vastuuhenkilö:**

Matti Lehtinen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**801399A: Geometria, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2019 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Pekka Salmi

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

801389A Geometrian perusteet 6.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

2.-5. opiskeluvuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suorittanut opiskelija osaa käyttää geometrian aksiomeja yksinkertaisten geometrinen tulosten perusteluissa sekä soveltaa geometrian aksiomeja ja näistä johdettuja tuloksia geometrisissa tehtävissä ja päättelyissä.

**Sisältö:**

Tutustutaan aksiomaattiseen geometriaan modernista näkökulmasta.

Geometrian aksiomien avulla johdetaan vektorin käsite ja vektoreita hyödynnetään geometrian tutkimisessa. Euklidiseen geometriaan siirrytään affiinin geometrian kautta. Kurssilla johdetaan myös klassisia geometrian tuloksia kuten Cevan lause. Lopuksi käsitellään pinta-alaa ja tilavuutta.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h laskuharjoituksia, 91 h itsenäistä työtä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Lineaarialgebra

**Oppimateriaali:**

Luentokalvot. Kirjallisuutta: John Roe, Elementary Geometry, Oxford University Press, Oxford, 1993.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

1-5, hylätty

**Vastuhenkilö:**

Pekka Salmi

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**802336A: Salausmenetelmät, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2016 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

ay802336A Salausmenetelmät (AVOIN YO) 5.0 op

801346A Salakirjoitukset 4.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

2. vsk eteenpäin, jokaisessa periodissa

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- tuntee perinteisten salausmenetelmien periaatteet
- tuntee julkisen avaimen menetelmien (RSA, diskreetti logaritmi, selkäreppu) toiminnan
- tietää lukuteorian hyödyllisyyden ja sovellettavuuden salauksessa

**Sisältö:**

Salakirjoitusta on käytetty vuosisatoja. Aikaisemmin sen käyttö rajoittui lähinnä sotilaallisiin tai diplomaattisiin tarkoituksiin. Tietokoneisiin perustuvan tiedonvälityksen yleistymisen viimeisten vuosikymmenien aikana merkitsee sitä, että salausmenetelmiä tarvitaan päivittäin lähes kaikilla yhteiskunnan alueilla. Myös menetelmät ovat muuttuneet; aikaisempien menetelmien tilalle ovat tulleet ns. julkisen avaimen salaukset, joiden perusteet esitettiin noin 40 vuotta sitten. Samalla kävi ehkä yllättäen ilmi, että modernien salaus- ja allekirjoitusmenetelmien eräänä keskeisenä perustan toimivat 300-400 vuotta vanhat lukuteorian tulokset. Tästä johtuen kurssi aloitetaan alkeislukuteorian tarkastelulla. Tämän jälkeen tutustutaan perinteisiin salausmenetelmiin ja sitten tarkastellaan kolmea julkisen avaimen menetelmää, jotka ovat RSA, diskreetti logaritmi ja selkäreppu.

**Järjestämistapa:**

Itsenäinen opiskelu

**Toteutustavat:**

verkkokurssi; moodle-materiaali+stack-tehtävät

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

802354A Algebran perusteet, 802120P Matriisilaskenta

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Luentokalvot, tehtävät, tehtävien ratkaisut, stack-tehtävät

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe tai Loppukoe+stack-tehtävät

**Arviointiasteikko:**

1-5, hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Marko Leinonen

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**802365A: Matemaattiset ohjelmistot, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi (myös englanniksi tarvittaessa)

**Ajoitus:**

2.-3. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suorittamisen jälkeen opiskelija hallitsee yleisempien matemaattisten ohjelmistojen käytön alkeet, kykenee käyttämään matemaattisia ohjelmistoja matemaattisten ongelmien ja tehtävien ratkaisemisessa sekä osaa itsenäisesti syventää ohjelmistojen käyttötaitojaan tarpeen mukaan.

**Sisältö:**

Kurssilla tutustutaan yleisesti käytössä oleviin matemaattisiin ohjelmistoihin ja opitaan niiden käytön alkeet. Käsiteltävät ohjelmistot ovat Matlab sekä Python (Numpy/Scipy).

**Järjestämistapa:**

Kurssi järjestetään tietokoneluokassa luentoina ja harjoituksina. Luennoilla opiskelijoilla on mahdollisuus käyttää ja kokeilla kulloinkin opiskeltavaa ohjelmistoa luennoinnin yhteydessä. Harjoituksissa ratkaistaan johdetusti annettuja tehtäviä kulloinkin opiskeltavalla ohjelmistolla.

**Toteutustavat:**

Luentoja 22 h / Harjoituksia 22 h / Itsenäistä opiskelua 60 h. Itsenäinen opiskelu koostuu sekä ohjelmistojen omatoimisesta opettelusta että harjoitustyön tekemisestä.

**Kohderyhmä:**

Kaikki matemaattisten ohjelmistojen käytöstä kiinnostuneet.

**Esitietovaatimukset:**

Esitietoina vaaditaan seuraavat opintojaksot:

- 802120P Matriisilaskenta
- 802320A Lineaarialgebra

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Kurssilla käytetään pääasiassa internetistä löytyvää ilmaista aineistoa (oppaat/tutoriaalit), joka ilmoitetaan kurssin alussa.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Kurssi suoritetaan harjoitustöillä. Kurssin aineopintona suorittavat tekevät kaksi harjoitustyötä annetuista aiheista käyttäen (vähintään) kahta eri ohjelmistoa. Kurssin syventävänä opintojaksona suorittavat sopivat suoritustavasta erikseen luennoitsijan kanssa. Tällöin kyseeseen voi tulla esim. yksi tai useampi huomattavan laaja harjoitustyö, jonkin kurssin sisältöön kuulumattoman ohjelmiston opettelu ja sillä tehtävä harjoitustyö tai harjoitustyö(t), joihin vaaditaan erityistä perehtyneisyyttä.

**Arviointiasteikko:**

Kurssilla käytetään arviointiasteikkoa hyväksyty / hylätty.

**Vastuuhenkilö:**

Erkki Laitinen

**Työelämäyhteistyö:**

-

**Lisätiedot:**

-

**802328A: Lukuteorian perusteet, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2011 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Tapani Matala-aho

**Opintokohteen oppimateriaali:**

**Hardy, G. H.**, An Introduction to the Theory of Numbers, 1979

**Rosen, Kenneth H.**, Elementary Number Theory and Its Applications, 1993

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi/englanti

**Ajoitus:**

2.-3. opiskeluvuosi. Ajoitus vaihtelee.

**Osaamistavoitteet:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin



arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Sisältö:**

Luennoilla tarkastelemme matematiikan ja erityisesti lukuteorian tutkimuksessa usein esiintyvien lukujen aritmeettisia ominaisuuksia sekä aiheeseen liittyviä menetelmiä. Tutkittavia lukuja ovat esimerkiksi binomikertoimet, ketjumurtoluvut, potenssisummat sekä eräät matemaatikkojen Bernoulli, Euler, Fermat, Fibonacci, Heron, Lucas, Mersenne, Neper, Pythagoras, Stirling, Wilson ja Wolstenholme mukaan nimetyt luvut. Sovellettavista työkaluista mainittakoon differenssioperaattorit, generoivat sarjat, irrationaalisuustarkastelut, matriisiesitykset, rationaalilukujen ja polynomien kongruenssit, rekursiot ja teleskoopit.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luennot ja harjoitukset

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

802354A Lukuteoria ja ryhmät,  
802355A Renkaat, kunnat ja polynomit  
802118P Lineaarialgebra I  
802119P Lineaarialgebra II  
802352A Euklidinen topologia  
802353A Sarja ja integraalit

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste,  
G.H. Hardy ja E.M. Wright: An Introduction to the Theory of Numbers;  
Kenneth H. Rosen: Elementary number theory and its applications.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Välikokeet tai loppukoe.  
Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

1-5

**Vastuuhenkilö:**

Tapani Matala-aho

**Työelämäyhteistyö:**

-

**800323A: Kuntalaajennukset, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Tapani Matala-aho

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

802333A Permutaatiot, kunnat ja Galois'n teoria 10.0 op

800343A Algebra II 8.0 op

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi ja Englanti

**Ajoitus:**

2/3 vuosi, 2. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Tavoitteena on syventää opiskelijoiden algebrallista ajattelutapaa ja antaa valmiuksia esimerkiksi algebrallisten lukujen, lukuteorian, kryptografian ja ryhmäteorian syventäviä kursseja varten.

**Sisältö:**

Tarkastelun kohteena ovat renkaiden tekijärakenteet, osamääräkunnat ja kuntalaajennukset. Esimerkkeinä tutkitaan äärellisiä kuntia, rationaalifunktioiden kuntia ja formaalien sarjojen osamääräkuntia sekä lukukuntien alkeita. Tavoitteena on syventää opiskelijoiden algebrallista ajattelutapaa ja antaa valmiuksia esimerkiksi algebrallisten lukujen, lukuteorian, kryptografian ja ryhmäteorian syventäviä kursseja varten.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

28 h luentoja, 14 h laskuharjoituksia, 91 h omatoimista työskentelyä

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

802354A Algebran perusteet, 802355A Algebralliset rakenteet, 802120P Matriisilaskenta, 802320A Lineaarialgebra

**Oppimateriaali:**

<http://cc.oulu.fi/~tma/OPETUS.html>

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Kuten matematiikan opinnoissani yleensä pystyn ratkaisemaan aiheeseen liittyviä tehtäviä ja todistamaan keskeisiä lauseita lähtien esitetyistä määritelmistä käyttäen kurssilla sovellettuja työkaluja. Tarkemmin; Esimerkiksi, läpäistyäni kurssin arvosanalla 1/5, tunnistan useimmat määritelmät ja pystyn ratkaisemaan niihin liittyviä perustehtäviä sekä toistamaan ymmärrettävästi lyhyehköjä todistuksia. Suoritettuani kurssin arvosanalla 5/5 ymmärrän hyvin esitetyt määritelmät ja niistä johdettujen lauseiden todistukset. Kykenen ratkaisemaan vaativia tehtäviä, joissa vaaditaan omintakeisia useampivaiheisia päättelyjä ja sopivien työkalujen soveltamista.

**Arviointiasteikko:**

1-5, i

**Vastuuhenkilö:**

Tapani Matala-aho

**Lisätiedot:**

Korvaa osan kurssista 802333A Permutaatiot, kunnat ja Galois'n teoria

**800320A: Differentiaaliyhtälöt, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Erkki Laitinen

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

031076P Differentiaaliyhtälöt 5.0 op

031017P	Differentiaaliyhtälöt	4.0 op
800345A	Differentiaaliyhtälöt I	4.0 op

**Laajuus:**

5 op / 133 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

2. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- tunnistaa differentiaaliyhtälötyypit ja osaa soveltaa sopivaa ratkaisumenetelmää yhtälön ratkaisemiseen
- tietää ehdot, jotka takaavat ratkaisun yksikäsitteisyyden
- ymmärtää, mitä tarkoitetaan implisiittisesti määritellyllä ratkaisulla

**Sisältö:**

Kurssilla tarkastellaan tavallisia differentiaaliyhtälöitä. Keskeisen osan muodostavat ensimmäisen kertaluvun differentiaaliyhtälöt (separoituvat, homogeeniset, lineaariset, eksaktit yhtälöt ja eräitä sellaisia yhtälöitä, jotka palautuvat sijoituksilla edellisiin), joita ratkaistaan algebrallisilla, iteratiivisilla ja myös numeerisilla menetelmillä. Toisen sovellusten kannalta tärkeän osan muodostavat lineaariset vakiokertoimiset täydelliset differentiaaliyhtälöt ja lineaariset toisen kertaluvun differentiaaliyhtälöt, joiden kerroinfunctiot ovat jatkuvia. Lisäksi ratkaistaan differentiaaliyhtälöryhmiä. Eräitä toisen kertaluvun lineaarisia differentiaaliyhtälöitä (esim. Legendren yhtälö) ratkaistaan potenssisarjojen avulla.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 14 h, omatoiminen työskentely

**Kohderyhmä:**

Pää- ja sivuaineopiskelijat, sekä soveltajat

**Esitietovaatimukset:**

Jatkuvuus ja derivaatta 800317A sekä Integraali 800318A

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

1-5

**Vastuuhenkilö:**

Valter Pohjola

**Työelämäyhteistyö:**

ei

**Lisätiedot:**

Kotisivut Noppa-portaalissa.

**802334A: Differentiaaliyhtälöiden jatkokurssi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2015 -

**Opiskelumoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

800346A Differentiaaliyhtälöt II 4.0 op

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

2. vsk eteenpäin, 3. periodi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija

- osaa soveltaa Frobeniuksen menetelmää
- osaa johtaa ja todistaa eräiden erikoisfunktioiden ja ortogonaalipolynomien perusominaisuuksia
- osaa ratkaista integraalimuunnoksien avulla eräitä integraaliyhtälöitä ja tavallisia vakiokertoimisia lineaarisia differentiaaliyhtälöitä
- tunnistaa lämpö- ja aaltoyhtälöt ja osaa soveltaa sopivaa ratkaisumenetelmää yhtälön ratkaisemiseen.

**Sisältö:**

Kurssilla käsitellään sovellusten kannalta tärkeitä tavallisia toisen kertaluvun lineaarisia differentiaaliyhtälöitä ja klassisia osittaisdifferentiaaliyhtälöitä, kuten lämpöyhtälö ja aaltoyhtälö. Alkuosassa tarkastellaan Frobeniuksen menetelmää ja eräitä erikoisfunktioita (gammafunktio ja Besselin funktio) sekä ortogonaalipolynomeja (Legendren ja Hermiten polynomit), jotka ovat edellä mainittujen differentiaaliyhtälöiden ratkaisuja. Fourier-sarjoista ja -muunnoksista annetaan perustiedot. Laplace-muunnosta käsitellään syvällisemmin kuin aiemmillä kursseilla. Muuttujienerottamismenetelmää sovelletaan lämpö- ja aaltoyhtälöiden ratkaisemiseen.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luento 28 h, harjoitus 14 h

**Kohderyhmä:**

Matematiikan ja sovelletun matematiikan pääaineopiskelijat, fysiikan opiskelijat, tekniikan opiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Differentiaaliyhtälöt, Kompleksianalyysi

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste. Oheislukemista: Colton D, Partial differential equations, Dover, 1988 Lebedev N N, Special Functions and their applications, Dover, 1972 Nagle R K, Fundamentals of differential equations and boundary value problems, Addison-Wesley, 1996 Zill D G ja Cullen M R, Differential equations with boundary-value problems, Brooks/Cole, 2001

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe

**Arviointiasteikko:**

Hylätty, 1-5

**Vastuuhenkilö:**

Valery Serov

**Työelämäyhteistyö:**

Ei

**Lisätiedot:**

-

**031022P: Numeeriset menetelmät, 5 op****Opiskelumuoto:** Perusopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Sovellettu ja laskennallinen matematiikka**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Marko Huhtanen**Opintokohteen kielet:** suomi**Laajuus:**

5 op / 135 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi. Opintojakson voi suorittaa englanniksi välikokeilla tai loppukokeella.

**Ajoitus:**

Kevätlukukausi, periodi 3

**Osaamistavoitteet:**

Osoo numeeriset algoritmit laskennan perustehtävien ratkaisemiseksi. Osoo numeerisen lineaarialgebran perusteet ja joitain sen sovellutuksia. Tietää kuinka epälineaarisia tehtäviä ratkaistaan ja kuinka niitä esiintyy optimoinnissa. Tietää kuinka differentiaaliyhtälöitä ratkaistaan numeerisesti.

**Sisältö:**

Numeerinen lineaarialgebra, epälineaaristen yhtälöryhmien ratkaisumenetelmät, rajoittamaton optimointi, funktioiden interpolointi ja approksimointi ja numeerinen integrointi, differentiaaliyhtälöiden numeeriset ratkaisumenetelmät.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luento-opetus 28 h / Pienryhmäopetus 22 h / Itsenäinen opiskelu 85 h.

**Kohderyhmä:**

-

**Esitietovaatimukset:**

Matematiikan peruskurssit I ja II, Differentiaaliyhtälöt, Matriisialgebra

**Yhteydet muihin opintoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

Materiaali, joka on löydettävissä ja ladattavissa kurssin kotisivulta.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Välikokeet tai loppukoe.

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.**Arviointiasteikko:**

Opintojaksolla ka#yteta#a#n numeerista arviointiasteikkoa 0-5. Numeerisessa asteikossa nolla merkitsee hyla#ttya# suoritusta.

**Vastuuhenkilö:**

Marko Huhtanen

**Työelämäyhteistyö:**

-

**031025A: Optimoinnin perusteet, 5 op****Opiskelumuoto:** Aineopinnot**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Sovellettu ja laskennallinen matematiikka

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Ruotsalainen Keijo

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

Englanti

**Ajoitus:**

Opintojakso järjestetään syyslukukaudella periodilla 2.

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija on kykenevä ratkomaan konvekseja optimointiongelmia käyttäen tunnetuimpia optimointimenetelmiä. Lisäksi hän tunnistaa, milloin saavutettu ratkaisu on optimaalinen käyttäen hyväksi tunnettuja optimaalisuuskriteerejä.

**Sisältö:**

Konveksit ja epälineaariset optimointiongelmat, KKT-ehdot, Lagrangen kertojat, dualisuus, gradienttimenetelmä, Newtonin menetelmä, konjugaattigradienttimenetelmä, estefunktiomenetelmät

**Järjestämistapa:**

Kontaktiopetus ja digitaalinen oppimisympäristö (Stack/Moodle)

**Toteutustavat:**

Luennot 28 h/ harjoitukset 20 h/ omaehtoinen opiskelu 87 h

**Kohderyhmä:**

Tietoliikennetekniikan ja tietotekniikan opiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

Matematiikan peruskurssit I ja II sekä Numeerinen Matriisilaskenta

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

P. Ciarlet; Introduction to numerical linear algebra and optimization

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe ja Stack-tehtävät.

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

arvosteluasteikko 0-5. Hylätty suoritus vastaa arvosanaa 0.

**Vastuuhenkilö:**

Keijo Ruotsalainen ja Pauliina Uusitalo

**Työelämäyhteistyö:**

-

**Lisätiedot:**

-

### 031080A: Signaalianalyysi, 5 op

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Sovellettu ja laskennallinen matematiikka

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opettajat:** Kotila, Vesa lisäksi

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Leikkaavuudet:**

031050A Signaalianalyysi 4.0 op

**Laajuus:**

5 op / 135 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi.

Opintojakson voi suorittaa englanniksi välikokeilla tai loppukokeella. Materiaali on saatavilla englanninkielisenä.

**Ajoitus:**

Opintojakso järjestetään syyslukukaudella, periodilla II. Suositeltava suoritusajankohta opintojaksolle on 2. vuoden syyslukukausi.

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija:

- osaa laskea energian, tehon, konvoluution ja spektrin diskreeteille ja analogisille, jaksollisille ja ei-jaksollisille deterministisille signaaleille
- osaa laskea näytteistetyin signaalin spektrin
- osaa laskea signaalin Hilbert-muunnoksen ja kompleksisen verhoikäyrän
- osaa tutkia satunnaissignaalien stationaarisuutta, keskinäistä riippuvuutta ja taajuussisältöä auto- ja ristikorrelaation sekä tehotiheys- ja ristitehotiheysspektrin avulla
- osaa tutkia LTI-systeemin vaikutusta signaaliin

**Sisältö:**

Signaalit: luokittelu, korrelaatio, konvoluutio, taajuus. Fourier-analyysiä: aikajatkua ja aikadiskreetti Fourier-muunnos, diskreetti Fourier-muunnos, näytteistys. LTI-systeemi, Hilbert-muunnos. AM- FM- ja PM-modulaatio. Satunnaismuuttuja. Kovarianssimatriisi. Satunnaissignaali. Stationaarisuus, autokorrelaatio. Tehotiheysspektri. Satunnaissignaali LTI-systeemissä. Signaalin estimointi.

**Järjestämistapa:**

Monimuoto-opetus.

**Toteutustavat:**

Luento-opetus 28 h / harjoitukset 14 h / itsenäistä opiskelua yksin tai ryhmässä 93 h. Opintojakson itsenäiseen työskentelyyn kuuluu yksilökohtaisia STACK-tehtäviä verkkotyöskentelynä.

**Kohderyhmä:**

-

**Esitietovaatimukset:**

Esitietoina suositellaan, että kurssit 031078P Matriisialgebra, 031021P Tilastomatematiikka sekä 031077P Kompleksianalyysi on suoritettu.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentorunko. Oheislukemista: Proakis, J.G., Manolakis, D.K.: Introduction to Digital Signal Processing. Shanmugan, K.S., Breipohl, A.M.: Random Signals, Detection, Estimation and Data Analysis.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Kurssi suoritetaan kahdella välikokeella tai loppukokeella. Kurssin aikana suoritettavat STACK-tehtävät kuuluvat arviointiin välikokeilla. Opintojakson arviointi perustuu opintojakson osaamistavoitteisiin. Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

Opintojaksolla käytetään numeerista arviointiasteikkoa 1-5. Numeerisessa asteikossa nolla merkitsee hylättyä suoritusta.

**Vastuhenkilö:**

Vesa Kotila

**Työelämäyhteistyö:**

-

**031077P: Kompleksianalyysi, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2015 -**Opiskelumuoto:** Perusopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** Sovellettu ja laskennallinen matematiikka**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl**Opettajat:** Jukka Kemppainen**Opintokohteen kielet:** suomi**Leikkaavuudet:**

ay031077P Kompleksianalyysi (AVOIN YO) 5.0 op

031018P Kompleksianalyysi 4.0 op

**Laajuus:**

5 op / 135 tuntia opiskelijan työtä

**Opetuskieli:**

Suomi

**Ajoitus:**

Syyslukukausi, periodi 1.

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin suoritettuaan opiskelija

1. osaa derivoida ja integroida kompleksimuuttujan funktioita
2. ymmärtää analyytisyyden käsitteen,
3. osaa laskea kompleksisia käyräintegraaleja ja käyttää apuna residylaskentaa,
4. osaa soveltaa esitettyjä menetelmiä yksinkertaisten signaalinkäsittelyn ongelmien ratkaisemiseen.

**Sisältö:**

Kompleksiluvut, kompleksimuuttujan funktiot, derivaatta ja analyytisyys, kompleksiset sarjat, kompleksinen käyräintegraali, Cauchyn lause, Taylorin ja Laurentin kehitelmät, residylaskenta, sovelluksia signaalinkäsittelyyn.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus, Stack(verkko)-tehtävät.

**Toteutustavat:**

Luento-opetus 28 h/laskuharjoitukset 14 h/itsenäistä työtä 93 h.

**Kohderyhmä:**

Kurssi on suunnattu ensisijaisesti insinööritieteiden perustutkinto-opiskelijoille. Myös muut ovat tervetulleita.

**Esitietovaatimukset:**

Suositteluaan, että seuraavat kurssit on suoritettu ennen opintojaksolle ilmoittautumista: Matematiikan peruskurssi I ja II, Differentiaaliyhtälöt.

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

Opintojakso on itsenäinen kokonaisuus eikä se edellytä muita samanaikaisesti suoritettavia opintoja.

**Oppimateriaali:**

Luentomoniste ja luentokalvot.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Välikokeet tai loppukoe.

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.**Arviointiasteikko:**

Käytetään numeerista arviointiasteikkoa 0-5. Numeerisessa asteikossa nolla merkitsee hylättyä suoritusta

**Vastuhenkilö:**

Jukka Kemppainen

**Työelämäyhteistyö:**



**802338A: Kompleksianalyysin jatkokurssi, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.06.2016 -

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** englanti

**Laajuus:**

5 op

**Sisältö:**

like - terminating, non-terminating, irrationality, periodicity, approximation properties will be studied.

**801396A: Todennäköisyyslaskennan jatkokurssi, 5 op**

**Opiskelumuoto:** Aineopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen oppimateriaali:**

**Tuominen, P.**, Todennäköisyyslaskenta, osa 1, 1993

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

5 op

**Opetuskieli:**

suomi

**Ajoitus:**

2. tai 3. vuosi

**Osaamistavoitteet:**

Kurssin onnistuneen suorittamisen jälkeen opiskelija:

- osaa käsitellä satunnaismuuttujia teoriassa ja käytännössä
- osaa selittää todennäköisyyslaskennan perustulokset kuten Suurten lukujen lain ja Keskeisen raja-arvolauseen
- osaa määrätä satunnaismuuttujien generoivia funktioita ja soveltaa niitä esimerkiksi momenttien laskemiseen
- osaa soveltaa erilaisia stokastisia malleja
- osaa johtaa esitelyihin uusiin käsitteisiin liittyvät teoreettiset perustulokset
- osaa käyttää kaksiulotteisia jakaumia tehtävissä ja laskea näihin liittyviä tunnuslukuja
- osaa käsitellä ehdollisia jakaumia.

**Sisältö:**

Keskeisiä asioita ovat jakauman momentit, todennäköisyysgeneroiva funktio, suurten lukujen laki, keskeinen raja-arvolause, kaksiulotteiset jakaumat sekä ehdolliset jakaumat.

**Järjestämistapa:**

Lähiopetus

**Toteutustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 14 h, itsenäinen työskentely 91 h

**Kohderyhmä:**

Matematiikan pää- ja sivuaineopiskelijat. Suositellaan erityisesti laskennalliseen matematiikkaan ja datatieteeseen suuntautuille.

**Esitietovaatimukset:**

801195P Todennäköisyyslaskennan peruskurssi, 800328A Differentiaali- ja integraalilaskenta (tai Vektorianalyysin perusteet).

**Oppimateriaali:**

P. Tuominen: Todennäköisyyslaskenta I, Limes 2002 sekä monet kirjastossa olevat todennäköisyyslaskennan oppikirjat.

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Loppukoe.

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

1-5, hylätty

**Vastuuhenkilö:**

Antti Kemppainen

**Työelämäyhteistyö:**

-

**800600S: Kypsyysnäyte, 0 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**800697S: Pro gradu -tutkielma, 20 op**

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Lopputyö

**Vastuuyksikkö:** Matematiikan ala

**Arvostelu:** 1 - 5, hyv, hyl

**Opintokohteen kielet:** suomi

**Laajuus:**

20 op

**Opetuskieli:**

Suomi (myös Englanti)

**Ajoitus:**

5. opiskeluvuosi

**Osaamistavoitteet:**

Pro gradu -tutkielman kirjoittamisen jälkeen opiskelija on laatinut johdonmukaisen ja analyyttisen tutkielman matematiikan, sovelletun matematiikan tai tilastotieteen ongelmaan ja teoriaan. Tutkielman jälkeen opiskelija pystyy kirjoittamaan oman alansa tieteellistä tekstiä

**Sisältö:**

Tutkielman laajuus on aineenopettajilla 20 op ja muissa koulutusohjelmissa 30 op. Tutkielman laatiminen vaatii syvällistä perehtymistä johonkin matematiikan, sovelletun matematiikan tai tilastotieteen erikoisalaan tai menetelmään. Matematiikan ja sovelletun matematiikan pro gradu -tutkielmat voivat teoreettisempia kirjallisuustöitä tai soveltavampiin ongelmiin liittyviä tutkielmia.

Tilastotieteen pro gradu -tutkielmissa on tavallista, että tutkielma tehdään jonkin sovellusalan tutkimusongelmaa koskevan empiirisen aineiston pohjalta, missä tilastollisella analyysillä on keskeinen osuus. Tutkielman aiheesta ja ohjauksesta sovitaan laitoksen jonkin professorin tai muun opettaja kanssa.

**Järjestämistapa:**

Opinnäytetyö

**Toteutustavat:**

Oma työskentely, ohjaajan kanssa tapaamiset

**Kohderyhmä:**

Pääaineopiskelijat

**Esitietovaatimukset:**

LuK-tutkinto (tai vastaava), 20-50 op syventäviä opintoja

**Yhteydet muihin opintojaksoihin:**

-

**Oppimateriaali:**

-

**Suoritustavat ja arviointikriteerit:**

Opinnäytetyö

Lue lisää [opintosuoritusten arvostelusta](#) yliopiston verkkosivulta.

**Arviointiasteikko:**

1-5

**Vastuuhenkilö:**

Laitoksen professorit sekä muu opetushenkilökunta (linjan vastuuhenkilön suostumuksella)

**Työelämäyhteistyö:**

-