

## Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

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

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

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

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

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

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

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

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

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

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg.

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

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

Kurssi alkaa tarkastelemalla tensorilaskentaa ja differentiaaligeometriaa niiltä osin kun se on tarpeen aiheen kannalta. Sitten siirrytään tarkastelemaan yleisen suhteellisuusteorian aika-avaruutta ja geodeettista liikettä, ja verrataan tuloksia Newtonin teoriaan. Kun kenttäyhtälöt on saatu lyhyesti käsiteltyä, tarkastellaan fysiikkaa massiivisen kohteen lähistössä mukaanlukien johdannon mustiin aukkoihin. Erityistä huomiota kiinnitetään teorian kokeellisesti havaittaviin ennustuksiin. Johdanto kosmologiaan päättää kurssin.

*Työtavat:* 26 h lu, 24 h harj ja 1 tentti.

*Oppimateriaali:* Kurssi seuraa tarkasti kirjaa J. Foster and J.D. Nightingale: "A short course in general relativity". Osallistujia kehoitetaan hankkimaan kirja sillä luentomonistetta ei tehdä.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Esitietoina Johdatus suhteellisuusteoriaan (763102P). Opiskeltavaa asiaa tukevat myös kurssit Analyttinen mekaniikka (763310A) ja Klassinen kenttäteoria (763629S).

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Vapaasti valittava, luennoidaan tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan.

*Vastuuhenkilö:* Erkki Thuneberg

## Tähtitieteen suuntautumisvaihtoehto

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

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

## **Tutkinnon rakenne**

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

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

### **Pääaineena tähtitiede**

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

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

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

### **Tähtitieteen perusopintokokonaisuus (25 op)**

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

### **Tähtitieteen aineopintokokonaisuus (35 op)**

*Seuraavista kursseista oman valinnan mukaan:*

|                                 |     |   |         |
|---------------------------------|-----|---|---------|
| Cum laude -työt (2-4 työtä)     | 4-8 |   | 765334A |
| Theoretical astrophysics        | 7   |   | 765373A |
| Galaksit ja kosmologia          | 5   |   | 765330A |
| Tähtien rakenne ja evoluutio    | 8   |   | 765343A |
| Taivaanmekaniikka               | 5   |   | 765304A |
| Tähtitieteen havaintomenetelmät | 5   |   | 765398A |
| Planetologia I                  | 5   | s | 765303A |
| Planetologia II                 | 5   | k | 765339A |

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

|   |     |     |                     |              |
|---|-----|-----|---------------------|--------------|
| Vaihtuva-aiheisia aineopintoja /<br>Erikoiskurssi<br><i>Voi sisältyä myös</i>                   | 4-x |     | 765385A/<br>765394A |              |
| Plasmafysiikan perusteet  | 5   |     | 761353A             | Fys.         |
| Analyttinen mekaniikka  | 6   |     | 763310A             | Teor. fys.   |
| <b>Tähtitiede lisäksi (10 op)</b>   |     |     |                     |              |
| <b>LuK tutkielma (aine ja seminaari)</b>  | 10  |     | 765356A             |              |
| Kypsyysnäyte  | 0   |     | 765357A             |              |
| <b>Muita opintoja:</b>  |     |     |                     |              |
| Fysiikan ydinopinnot  | 40  |     |                     |              |
| Fysiikan matematiikkaa  | 6   | s   | 763101P             | Teor. fys    |
| Mekaniikka  | 7   | s-k | 766323A             | Fys.         |
| Sähkömagnetismi I   | 4   | k   | 766321A             | Fys.         |
| Sähkömagnetismi II  | 4   | s   | 766322A             | Fys.         |
| Atomifysiikka   | 6   | s   | 766326A             | Fys.         |
| Aaltoliike ja optiikka  | 6   | k   | 766329A             | Fys.         |
| Fysikaaliset mittaukset I   | 3   | s/k | 761121P             | Fys.         |
| Aineen rakenne I  | 4   | k   | 763333A             | Teor. fys.   |
| Fysiikan lisäopinnoista   | 6   |     |                     |              |
| Termofysiikka   | 6   |     | 766328A             | Fys.         |
| Teoreettinen fysiikka   | 7   |     |                     |              |
| Johdatus suhteellisuusteoriaan  | 3   |     | 763102P             | Teor. fys.   |
| ATK II Numeerinen mallintaminen   | 4   |     | 763315A             | Teor. fys.   |
| Matematiikka (LuTK/TTK)   | 40  |     |                     |              |
| <i>(samat vaihtoehdot kuin fysiikassa)</i>  |     |     |                     |              |
| Muita pää- ja sivuaineopintoja  | 9   |     |                     |              |
| <i>pakollisia:</i>  |     |     |                     |              |
| Fysikaalisten tieteiden esittely  | 1   |     | 766115P             | Fysik. tiet. |
| <i>suositellaan:</i>  |     |     |                     |              |
| Aineen rakenne II   | 2   |     | 766334A             | Fys.         |
| Plasmafysiikan perusteet  | 5   |     | 761353A             | Fys.         |
| Avaruusfysiikan perusteet   | 5   |     | 766355A             | Fys.         |
| Analyttinen mekaniikka  | 6   |     | 763310A             | Teor. fys.   |
| Kvanttimekaniikka I   | 10  |     | 763312A             | Teor. fys.   |
| <i>tarvittaessa suositellaan ottamaan:</i>  |     |     |                     |              |
| Unixin perusteet  | 3   |     | 810135P             | Tiet.käs.    |
| <i>Planetologiasta kiinnostuneille suositellaan:</i><br>geologian, geofysiikan, kemian kursseja |     |     |                     |              |

**Opintojen aikataulu**

| 1. syyslukukausi  |          | 1. kevätlukukausi  |    |
|---|----------|--|----|
| Orientoivat opinnot                                     | 2        | Mekaniikka ( <i>jatkuu syyslukukaudelta</i> )                      |    |
| Fysikaalisten tieteiden esittely                        | 1        | Sähkömagnetismi I  | 4  |
| Englannin kieli 1 <sup>1</sup>                          | 2        | Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ( <i>alku</i> ) <sup>5</sup> | 6  |
| Fysiikan matematiikkaa                                  | 6        | ATK II Numeerinen mallintaminen <sup>4</sup>                       | 4  |
| Mekaniikka ( <i>jatkuu kevätlukukaudelle</i> )          | 7        | Johdatus suhteellisuusteoriaan                                     | 3  |
| Fysikaaliset mittaukset I <sup>2</sup>                  | 3        | Johdatus tähtitieteeseen II  | 8  |
| Johdatus tähtitieteeseen I                              | 4        | Pääaineen opintoja   |    |
| Pääaineen opintoja                                      |          | Differentiaaliyhtälöt I <sup>3</sup>                               | 4  |
| Matematiikan perusmetodit I <sup>3</sup>                | 10/<br>8 |  |    |
| Lineaarialgebra I <sup>3, 4</sup>                       | 5        |  |    |
| Lineaarialgebra II <sup>3, 4</sup>                      | 5        |  |    |
| 2. syyslukukausi  |          | 2. kevätlukukausi  |    |
| Sähkömagnetismi II                                      | 4        | Aaltoliike ja optiikka   | 6  |
| Atomifysiikka   | 6        | Aineen rakenne I   | 4  |
| Fysikaalisten tieteiden harjoitustyöt ( <i>jatkuu</i> ) | 6        | Pääaineen opintoja   |    |
| Pääaineen opintoja                                      |          | Sivuaineopintoja (esim. fys., teor. fys.)                          |    |
| ATK I Ohjelmoinnin perusteet <sup>7</sup>               | 4        | Matematiikan valinnaisia opintoja                                  |    |
| Analyysi II <sup>2</sup>                                | 5        |  |    |
| Englannin kieli 2                                       | 2        |  |    |
| Ruotsin kieli   | 2        |  |    |
| Sivuaineopintoja (fys., teor. fys.)                     |          |  |    |
| Matematiikan valinnaisia opintoja                       |          |  |    |
| 3. syyslukukausi  |          | 3. kevätlukukausi  |    |
| Pääaineen opintoja                                      |          | LuK-tutkielma (aine ja seminaari)                                  | 10 |
| Sivuaineopintoja (fys., teor. fys.)                     |          | Kypsyysnäyte   | 0  |
| Matematiikan valinnaisia opintoja                       |          | Pääaineen opintoja   |    |
|   |          | Sivuaineopintoja (fys., teor. fys.)                                |    |
|   |          | Matematiikan valinnaisia opintoja                                  |    |

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

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

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

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

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

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

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

<sup>7</sup> Valinnaisia.

## **FM-tutkinto 120 op**

### **Tähtitieteen suuntautumisvaihtoehto**

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

| <b>Tähtitiede (65 op):</b>                              | <b>op</b> | <b>koodi</b>       | <b>yksikkö</b> |
|---|-----------|--------------------|----------------|
| <b>Valinnan mukaan seuraavista 30 op</b>                |           |                    |                |
| Tutkimusprojekti/Työharjoittelu                         | 6         | 765655S            |                |
| Astrophysical spectroscopy                              | 6         | 765674S            |                |
| Aurinkofysiikka   | 8         | 766654S            | Fys.           |
| Gasdynamics and interstellar medium                     | 8         | 765671S            |                |
| Linnunradan rakenne ja kinematiikka                     | 6         | 765661S            |                |
| Radiative processes in astrophysics                     | 8         | 765676S            |                |
| Relativistic astrophysics                               | 8         | 765648S            |                |
| Theoretical astrophysics                                | 7         | 765673S            |                |
| Tietokonesimulaatiot                                    | 5         | 765617S            |                |
| Tähtien rakenne ja evoluutio                            | 8         | 765643S            |                |
| Tähtijärjestelmien dynamiikka                           | 7         | 765608S            |                |
| Areologia   | 6         | 765638S            |                |
| Meteoriiitit  | 4         | 765677S            |                |
| Selenologia   | 6         | 765609S            |                |
| Terrestristen planeettojen basalttinen vulkanismi       | 6         | 765637S            |                |
| Törmäyskraaterit  | 4         | 765660S            |                |
| Venus: geologiaa ja geofysiikkaa                        | 6         | 765683S            |                |
| Planeettojen kartoitus                                  | 4         | 765645S            |                |
| Vaihtuva-aiheisia tähtitieteen opintoja / Erikoiskurssi | 4-6       | 765692S<br>765694S |                |
| <b>Pro gradu ja seminaari</b>                           | 35        | 765624S            |                |
| Kypsyysnäyte  | 0         | 765657S            |                |

### **Muita pää- ja sivuaineopintoja (55 op):**

*Kaikille suositellaan:*

|        |   |         |            |
|--------|---|---------|------------|
| ATK IV | 6 | 763616S | Teor. fys. |
|--------|---|---------|------------|

## Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

### Astrofysiikkaan ja dynamiikkaan erikoistuville suositellaan:

|                              |    |         |              |
|------------------------------|----|---------|--------------|
| Analyttinen mekaniikka       | 6  | 763310A | Teor. fys.   |
| Yleinen suhteellisuusteoria  | 10 | 763695S | Teor. fys.   |
| Sähkömagneettinen säteily    | 6  | 761632S | Fys.         |
| Plasmafysiikka               | 8  | 761653S | Fys.         |
| Kosmiset säteet              | 8  | 766655S | Fys.         |
| Hydrodynamiikka              | 6  | 763654S | Teor. fys.   |
| Kvanttimekaniikka I          | 10 | 763312A | Teor. fys.   |
| Kvanttimekaniikka II         | 10 | 763313A | Teor. fys.   |
| Spektroskooppiset menetelmät | 5  | 764359A | Biofys./Fys. |
| Röntgenfysiikka              | 6  | 761672S | Fys.         |
| Molekyylifysiikka            | 6  | 761661S | Fys.         |

### sekä matematiikan kursseja:

|                                 |  |  |              |
|---------------------------------|--|--|--------------|
| Differentiaaliyhtälöt II,       |  |  | Matem. tiet. |
| Kompleksianalyysi I, II,        |  |  |              |
| Todennäköisyyslaskennan kurssit |  |  |              |

### Planetologiaan erikoistuville suositellaan:

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

## Tähtitieteen kurssikuvaukset

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

### Perusopinnot tähtitieteessä

**ATK tähtitieteessä 4 op / 2 ov (765135P)**  
Tietokoneiden käytön perusteet (Macintosh, Unix), Unix-työasemat. Graafiset ohjelmistot, erityisesti IDL-ohjelmointi ja kuvankäsittely. Sovelluksia tähtitieteen eri alueilta.  
*Työtavat:* 20 h luentoja, 20 h harj.  
*Vastuhenkilö:* Jouko Raitala

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

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

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

Yleistajuinen johdatus nykyajan tähtitieteen: tähtitieteen merkitys vanhimpana tieteenä, tähtitieteen menetelmät, pääpiirteet aurinkokunnasta, Auringosta, tähdistä ja nii-

## Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelma

den kehityksestä, tähtienvälisestä aineesta, tähtijoukoista, Linnunradasta ja galakseista.

*Työtavat:* 32 h luentoja

*Oppikirja:* Tähtitieteen perusteet, toim. H. Karttunen et al., 4. laitos, Ursan julkaisuja 87 (2003), (valittuja kohtia). H. Oja: Maailmankaikkeus 2007, Ursa 2006..

*Kohderyhmä:* Kaikkien tiedekuntien opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala.

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

*(aikaisemmin 4 op / 2 ov)*

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

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

*Oppikirja:* Kuten edellä.

*Kohderyhmä:* Kaikkien tiedekuntien opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

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

Tähtitieteellisen maailmankuvan kehitys kivi-kaudesta kuulentoihin.

*Työtavat:* Kirjatentti.

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

*Kohderyhmä:* Kaikkien tiedekuntien opiskelijat.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

## **Aineopinnot tähtitieteessä**

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

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

*Työtavat:* ohjattua ja omatoimista työskentelyä.

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

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

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

Kurssi esittää suurten tähtijärjestelmien, galaksien, rakenteen ja kinematiikan pääpiir-

teet. Tarkasteltavina asioina ovat mm. galaksien vuorovaikutukset, spiraalirakenteen synty ja aktiivisuus galaksien ytimissä. Eri-tyistä huomiota kiinnitetään omaan galaksiimme, Linnunrataan. Kurssilla käydään lävitse myös useita tähtitieteellisiä etäisyysmenetelmiä, jotka johtavat käsityksemme suuren mittakaavan rakenteesta ja maailmankaikkeuden laajenemisesta.

*Työtavat:* 32 h luentoja ja harjoitusta.

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

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

*Vastuuhenkilö:* Pertti Rautiainen

### **Kypsyysnäyte 0 op (765357)**

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

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksytty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena LuK-tutkintoon.

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

Tutkielma tähtitieteen alalta kirjoitetaan kurssin vetäjän tai jonkin tutkimusryhmän tutkijan antamasta aiheesta ko. henkilön ohjaamana. Tutkielman laajuus on n. 20 sivua. Hyväksymistä varten tarvitaan lisäksi esitelmän (valmistettu tietokoneella – powerpoint tai vastaava) pitäminen erillisessä LuK-seminaarissa ja 75% läsnäolo tähtitieteen osaston seminaareissa.

(Tiedekirjasto Telluksen osuus 0,5 op:

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

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

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

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

ja itsenäistä työskentelyä.

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

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

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

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

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

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

Kurssin tavoitteena on esittää perusteet ulko-planeetoista ja niiden tutkimuksesta; tutustuttaa opiskelijat saatavana oleviin joviaanisten planeettojen luotainaineistoihin ja niiden käyttöön sekä uusiin tutkimustuloksiin. Kurssilla käsitellään atmosfäärfysiikkaa ja -kemialla, magnetosfäärejä ja ionosfäärejä sekä yleisesti että erityisesti joviaanisten planeettojen sisäosien, atmosfäärien, magnetosfäärien ja renkaiden kannalta. Kurssilla käsitellään myös Pluto-systeemiä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

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

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

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

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

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

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

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

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

*Activities:* 32 h lectures and exercises.

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

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

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

Tähtien synty, rakenne ja kehitys. Interstellaarinen aine. Kurssin voi suorittaa myös syventävinä opintoina laajennettuna. Star formation, structure and evolution. Interstellar medium. The course can be also taken as advanced in somewhat expanded form.

*Työtavat:* 32 h luentoja, laskuharjoitukset.

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

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

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

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

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

*Työtavat:* 32 h luentoja ja harjoitukset.

*Oppikirjat:* Nilsson, K., Takalo, L. ja Piironen, J.: Havaitseva tähtitiede, Ursa 2004, Kitchin, C.R.: Astrophysical Techniques, Institute of Physics Publishing, 2003.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* Toisen ja ylemmän vuosikurssin opiskelijat

*Vastuuhenkilö:* Pertti Rautiainen

**Erikoiskurssi (765394A)**

*Sisältö:* Vaihtuva aihe.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

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

**Syventävät opinnot tähtitieteessä**

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

Kurssin taustalla ovat tällä hetkellä niin ajankohtaiset Mars-luotaimet, niiden tuottamat aineistot ja uudet tutkimustulokset. Siihen kuuluu uusimpien Mars-tutkimusten keskeisiä kysymyksiä. Kurssilla käsitellään Marsin olosuhteita, kaasukehää, säätä ja ilmastovaihteluita. Toisaalta paneudutaan

myös Marsin geofysiikkaan ja sen geologisen kehityksen tutkimukseen ja ymmärtämiseen. Vesi, sedimentaatio ja eroosio näyttävät Marsin aikakausien vaihdellessa olleen paljon tärkeämmässä asemassa kuin mitä aiemmin osattiin olettaa. Kurssi tarjoaa hyvät syventävät tiedot Mars-hankkeisiin osallistumista varten. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

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

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

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

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

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

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

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

Basics of molecular spectroscopy: electronic, vibrational and rotational energy, coupling of angular momenta, Hund's cases. Zeeman and Paschen-Back effects in atomic and molecular lines for different coupling cases. The physics of polarization: the wave and vector nature of light, matrix representation of polarization, Stokes parameters.

The radiative transfer of polarized radiation: the radiative transfer equation, the Milne-Eddington atmosphere, analytical solutions for longitudinal and transverse fields.

Instrumentation: astronomical spectropolarimeter, polarizers, retarders.

*Activities:* 24 h lectures, exercises, exam.

*Literature:* compendium.

*Recommended to take Electromagnetism and Quantum Mechanics before that course.*  
*Vastuuhenkilö: S.V. Berdyugina*

**Gasdynamics and interstellar medium  
8 op / 4 ov (765671S) in English**

Basics of radiative transfer. Spectral lines. Physics of HII regions. Cooling and heating of the gas and dust. Multiphase interstellar medium. Basics of gasdynamics. Shock waves. Evolution of photoionized nebulae. Stellar winds. Supernovae explosions. Star formation.

*Activities:* 32 h lectures, 8 h exercise sessions, home exercises (30% of the final score), exam (70%).

*Literature:* Dyson J. E., Williams D. A.: The physics of the interstellar medium, 2<sup>nd</sup> ed., Institute of Physics Publishing, 2003; compendium

*Connection to other courses:* fits well together with Theoretical Astrophysics and Tähtien rakenne ja evoluutio / Stellar structure and evolution.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen

**Kypsyysnäyte 0 op (765657S)**

Opiskelijan on kirjoitettava kypsyysnäyte, joka osoittaa perehtyneisyyttä opinnäytteen alaan.

Kypsyysnäyte arvostellaan arvosanalla hyväksyty tai hylätty.

Sisältyy pakollisena FM-tutkintoon.

**Linnunradan rakenne ja kinematiikka  
6 op / 3 ov (765661S)**

*Sisältö:* Tähtien avaruusjakauman ja liiketilojen määrittämisessä käytettävät menetelmät. Linnunradan tähtien ja tähtienvälisen aineen kinematiikka. Spiraali- ja ellipsigalaksit.

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

*Oppimateriaali:* Binney, J. ja Merrifield, M.: Galactic Astronomy.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Sopii hyvin kurssin Tähtijärjestelmien dynamiikka yhteyteen. Täydentää Galaksit ja kosmologia -kurssia.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

**Meteoriitit 4 op / 2 ov (765677S)**

Kurssi alkaa meteoriittien klassisesta luokituksesta. Sen jälkeen paneudutaan uudempiin tutkimuksiin, luokitustapoihin ja niiden perusteisiin. Näin pohditaan eri meteoriitti-

tyyppien välisiä eroja ja yhteyksiä. Meteoriittimateriaalin alkuperä ja meteoriittien erilaiset kehitysvaiheet sekä törmäysten merkitys kuuluvat kurssin aihepiiriin. Kurssilla luodaan pohja meteoriittien syntyyn ja kehitykseen vaikuttaneiden tapahtumien pohdinnalle ja edelleen ymmärtämään, miten niitä voi tutkia. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu opiskelijoiden itsenäistä työskentelyä.

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

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* Taustalukemiseksi mm. Buchwald: Handbook of iron meteorites (soveltuvin osin), Dodd: Meteorites, Norton: Rocks from space: meteorites and meteorite hunters, Papike (toim.): Planetary materials (soveltuvin osin) ja kurssikirjoiksi H.Y. McSween (1999): Meteorites and their parent planets, Cambridge University Press. R.O. Norton (2002), The Cambridge Encyclopedia of Meteorites, Cambridge University Press. D.S. Lauretta & H.Y. McSween (eds., 2006), Meteorites and the early Solar System II, University of Arizona Press.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I. Kurssi syventää muilla planeettakursseilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan aktiiviseen planeettatutkimukseen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* esim. 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet muitakin planetologian kursseja. Perustiedot geologiassa ja mineralogiassa helpottavat kurssin omaksumista.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Planeettojen kartoitus 4 op / 2 ov  
(765645S)**

Planeettaluotaimet tuovat tutkimuksen ulottuville yhä tarkempia aineistoja eri planeetoilta ja niiden kulta. Kurssi käsittelee kiinteiden planeettakunnan kappaleiden kartoittamista mukaanlukien kartoituksen historia, kartoitusmenetelmät, karttaprojektiot ja -tyypit sekä teemakartat. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu itsenäistä työskentelyä.

*Työtavat:* luennot (n. 30 h), tentti ja harjoitus-

*Taustatietoa:* esim. Batson: Planetary mapping, Whitaker: Mapping and naming the Moon: A history of lunar cartography and nomenclature ja muut vastaavat teokset.

*Oppimateriaali:*

R.A. Hanel et al. (2003), Exploration of the Solar System by Infrared Remote Sensing, Cambridge University Press.

B. Bussey & P. Spudis (2004), The Clementine Atlas of the Moon, Cambridge University Press.

C.J. Byrne (2005), Lunar Orbiter Photographic Atlas of the Near Side of the Moon, Springer.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I.

*Ajotus ja kohderyhmä:* sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet Planetologia I -kurssin ja jonkin muun planeettakurssin.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Pro gradu -tutkielma 35 op / 18 ov (765624S)**

*(aikaisemmin 40 op / 20 ov)*

Ohjattua tutkimustyötä tähtitieteen alalta ja tutkielman kirjoittaminen.

Tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitosneuvosto arvosanoilla approbatur ... laudatur. Tutkielman tarkastajat määrää dekaani oppiaineen professorin esityksestä.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

**Pro gradu -tutkielma 20 op / 12 ov (765621S)**

Ohjattua tutkimustyötä tähtitieteen alalta ja tutkielman kirjoittaminen.

Tutkielman hyväksyy ja arvostelee laitosneuvosto arvosanoilla approbatur ... laudatur. Tutkielman tarkastajat määrää dekaani oppiaineen professorin esityksestä.

*Kohderyhmä: aineenopettajan sv:ssa opiskelevat*

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

**Radiative Processes in Astrophysics 8 op / 4 ov (765676S) in English**

The course is devoted to the classical radiation theory (Maxwell equations, retarded potentials, multipole radiation, spectral distribution, Larmor formula, relativistic effects, bremsstrahlung, synchrotron radiation, and Compton scattering) and its astrophysical applications to the emission processes in pulsars, relativistic jets, accretion-powered compact sources such as black holes and neutron stars, and clusters of galaxies.

*Activities:* 30 h lectures, 8 h exercise sessions, home exercises (30% of the final

score), exam (70%).

*Literature:* Shu, F.H.: The Physics of Astrophysics. Vol 1, Radiation; Rybicki, G. & Lightman, A.: Radiative Processes in Astrophysics, and compendium.

*Connection to other courses:* fits well together with Relativistic Astrophysics course.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen

**Relativistic Astrophysics 8 op / 4 ov (765648S) in English**

Introduction to the relativistic astrophysics. Black holes in the Milky Way and supermassive black holes in other galaxies. Neutron stars, pulsars, supernovae. Physics of accretion. Relativistic jets. Clusters of galaxies.

*Activities:* 32 h lectures, 8 h exercise sessions, home exercises (30% of the final score), exam (70%).

*Literature:* Charles P.A., Seward F.D.: Exploring the X-ray Universe, Cambridge Univ. Press, 1995; Frank J., King A., Raine D.: Accretion power in Astrophysics, 3<sup>rd</sup> ed., Cambridge Univ. Press, 2002.

*Connection to other courses:* fits well together with Radiative Processes in Astrophysics.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen

**Selenologia 6 op / 3 ov (765609S)**

Kuuluotaimet ja uudet kuututkimuksen suuntaviivat tekevät kurssista kiinnostavan. Kurssin puitteissa keskitytään Kuun kaukokartoitukseen, pinnan ja kivien stratigrafiaan ja iänmäärittäykseen sekä Kuun kehityksen aikakausiin. Kuunäytteet ja sen kivien kemialliset erityispiirteet kertovat Kuun syntyä aikoina vallinneista olosuhteista ja kiviaineksen differentiaatiosta Kuun sisällä sen kehityksen myötä. Selenofysikaaliset mittaukset antavat tietoa Kuun olosuhteista ja sisäosista. Kurssilla pohditaan erilaisia Kuun syntyvaihtoehtoja ja sen myöhempää kehitystä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työkentelyä.

*Työtavat:* 30 h luentoja, demonstraatio, harjoitus, essee, tentti

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* lähtötasona Taylor: Lunar Science: A postApollo view ja Open University: Lunar geology case study sekä paneutumiseen esim. Wilhelms: The geologic history of the Moon, Heiken, Vaniman & French: Lunar sourcebook: A user's

guide to the Moon, Papike (toim.): Planetary materials (soveltuvin osin).

B. Bussey & P. Spudis (2004), The Clementine Atlas of the Moon, Cambridge University Press.

B. L. Jolliff, M. A. Wieczorek, C. K. Shearer and C. R. Neal (eds, 2006): New Views of the Moon. Mineralogical Society of America.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi syventää Planetologia I -kurssilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan kuututkimukseen sekä kuuohjelmiin ja -lentoihin.

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

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### **Terrestristen planeettojen basalttinen vulkanismi 6 op / 3 ov (765637S)**

Maankaltaisten planeettojen vulkanismin kursseilla käsitellään, mitä tiedämme eri planeettojen vulkaanisesta aktiivisuudesta, sen syistä, kehittämisestä ja tuloksista. Kurssi johdattelee ymmärtämään niitä samankaltaisuuksia ja eroja, joita vulkaanisessa toiminnassa ilmenee erilaisissa olosuhteissa ja ympäristöissä. P-T -olosuhteiden, kemiallisen koostumuksen ja planeetan koon vaihtuessa syntyy erilaisia magmasynteesiä kiviä ja vulkaanisia pinnanmuotoja. Kurssilla opitaan, kuinka yhdistää planeetan pinnalta tehdyt havainnot vulkaanisten kivien geokemiaan ja kehitykseen ja edelleen ensin osaksi planeetan kehitystä ja sitten edelleen osaksi planeettojen vulkanismin kokonaisvaltaisempaa ymmärtämistä. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

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

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* esim. Carr & Greeley: Volcanic features of Hawaii: A basis for comparison with Mars, Mursky: Introduction to planetary volcanism, Basaltic Volcanism Study Project: Basaltic volcanism on terrestrial planets, Sigurdsson, Houghton, McNutt, Rymer & Stix (toim.): Encyclopedia of volcanoes (soveltuvin osin), Zimbelman & Gregg (toim.): Environmental effects of volcanic eruptions: From the deep ocean to the deep space.

R. Lopes (2005), The Volcano Adventure Guide, Cambridge University Press.

G.R. Foulger et al. (2005), Plates, Plumes,

and Paradigms, Geological Society of America (GSA Special Paper 388).

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I. Kurssi syventää muilla planeettakursseilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan aktiiviseen planeettatutkimukseen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* esim. 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet myös muita planetologian kursseja. Perustiedot geologiassa ja mineralogiassa helpottavat kurssin omaksumista.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

#### **Theoretical Astrophysics 7 op / 4 ov (765673S)**

See Theoretical Astrophysics (765373A)

#### **Tietokonesimulaatiot 5 op / 3 ov (765617S)**

N-kappaleen simulaatiomenetelmistä. Esi-merkkejä sovellutuksista planetaaristen renkaiden ja galaksien dynamiikkaan. Monte Carlo -menetelmä ja sen soveltaminen valonsirontalaskuihin.

*Työtavat:* 20 h luentoja ja laskuharj, 16 h dem. Tentti tai itsenäinen harjoitustyö.

*Oppimateriaali:* Jaetaan luennolla.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan Taivaanmekaniikan tai Tähtijärjestelmien dynamiikan suorittamista.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

#### **Tutkimusprojekti/Työharjoittelu 6 op / 3 ov (765655S)**

Johdettua tähtitieteellistä tutkimustyötä.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

#### **Tähtien rakenne ja evoluutio 8 op / 4 ov (765643S)**

Ks. Tähtien rakenne ja evoluutio (765343A)

#### **Tähtijärjestelmien dynamiikka 7 op / 4 ov (765608S)**

Galaksien dynamiikka, spiraalirakenne, galaksien vuorovaikutukset.

*Työtavat:* 32 h luentoja ja laskuharj, 20 h dem, tentti.

*Oppikirja:* Binney, J. ja Tremaine, S.: Galactic Dynamics.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Suositellaan fysiikan Mekaniikan tai Taivaanmekaniikan suorittamista ennen kurssia. Sopii hyvin Linnunradan rakenne ja kinematiikka yhtey-

teen.

*Vastuuhenkilö:* Heikki Salo.

**Törmäyskraaterit 4 op / 2 ov (765660S)**

Kurssi esittelee törmäyskraatereiden yleisyyttä ja esiintymistä. Kurssi ohjaa törmäyskraatereiden synnyn ja niissä vallinneiden fysikaalisten olosuhteiden ja kemiallisten prosessien ymmärtämiseen. Kurssilla käsitellään erilaisia törmäyskiviä ja -mineraaleja sekä niistä tunnistettavia kiderakenteen ja -koostumuksen piirteitä, jotka ovat törmäystapahtuman aiheuttamia. Osa näistä piirteistä kertoo P-T-olosuhteista ja osa taas meteorittimateriaalin ja kohdekiven sekoittumisesta, murskautumisesta, sulamisesta ja jopa haihtumisesta. Tärkeitä ovat myös itse törmäyksen jälkeiset tapahtumat ja deformaatio. Kurssilla ohjataan tunnistamaan törmäyksissä syntyneitä piirteitä. Oppilaat johdatellaan törmäyskraatereiden ja niiden merkityksen tutkimiseen niin Maassa ja sen eri aikakausilla kuin myös muilla planeetoilla. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu opiskelijoiden ohjattua työskentelyä.

*Työtavat:* 26 h luentoja, dem-harjoitus, essee, tentti.

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* taustaksi esim. Hartmann & Cain: Craters!: A multi-science approach to cratering and impacts ja kurssikirjoiksi B.M. French (1998): Traces of Catastrophe, LPI (saatavana myös [www.lpi.usra.edu](http://www.lpi.usra.edu)), Melosh: Impact cratering: A geologic process, Roddy, Pepin & Merrill: Impact and explosion cratering. Spudis: The geology of multi-ring impact basins, A. Montanari and C. Koeberl (2000): Impact stratigraphy (alkuosa; Springer). T. Kenkmann et al. (eds., 2005): Large Meteorite Impacts III, GSA SP 384 sekä uusia julkaisuja.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Lähtötasona Planetologia I. Kurssi syventää muilla planeettakursseilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa osallistumaan törmäyskraatereiden tutkimukseen.

*Ajoitus ja kohderyhmä:* esim. 4. vuoden opiskelijat, sopii mm. tähtitieteen, fysiikan, geologian ja geofysiikan opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet muitakin planetologian kursseja. Perustiedot geologiassa ja mineralogiassa helpottavat kurssin omaksumista.

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Venus: geologiaa ja geofysiikkaa 6 op / 3 ov (765683S)**

Avaruusan ajan myötä on lähetetty useita Venus-luotaimia ja saatu uusia tutkimustuloksia niin planeetan olosuhteista kuin kehitykseltäkin. Uusista tutkimuksista huolimatta kaikkea ei kuitenkaan vielä tiedetä. Venuksen kaasukehä on hyvin tiheä ja koostumukseltaan osin eksoottinen ja sen myötä Venusella on verrattoman voimakas kasvihuoneilmiö ja korkea pintalämpötila. Magellan-luotainaineiston avulla on saatu uutta tietoa Venuksen vulkanismista, tektoniikasta ja törmäyksistä. Planeetan sisäosat ja litosfäärin ja kuoren ominaisuudet ovat kuitenkin yhä kiihkeän tutkimuksen kohteina. Esimerkiksi Venuksen pinnan ja sen rakenteiden uusiutuminen on yhä avoin: onko kyseessä jatkuva muutos vai jaksottainen uusiutuminen. Luentoja ja kirjallisuuden lisäksi kurssiin kuuluu ohjattua ja itsenäistä työskentelyä.

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

*Oppimateriaali ja kirjallisuus:* lähtötasona on Ford ym. (toim.): Guide to Magellan image interpretation sekä Roth & Wall (toim.): The face of Venus. Syventymiseen Bougher, Hunten & Phillips (toim.): Venus II sekä uudet julkaisut ja ESAn VEX-nettisivut.

*Yhteys muihin opintojaksoihin:* Kurssi syventää Planetologia I -kurssilla saatuja tietoja. Kurssi ohjaa aktiiviseen planeettatutkimukseen sekä osallistumaan luotainohjelmiin.

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

*Vastuuhenkilö:* Jouko Raitala

**Erikoiskurssi 4–10 op / 2–5 ov (765694S)**

*Sisältö:* Vaihtuva aihe.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen.

**Muulla suoritettu opintojakso 1-x op (765693S)**

*Sisältö:* Toisessa korkeakoulussa tai ulko- mailla suoritettuja opintojaksoja.

*Vastuuhenkilö:* Juri Poutanen

**Vierailevan luennoitsijan antama kurssi 4–6 op / 2–3 ov (765692S)**