

|                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|
| MLF 6021                                                                                     | Soojusõpetus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 |       |
| Maht 3 EAP                                                                                   | Orienteeriv kontakttundide maht: 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Õppesemester: K | Eksam |
| Eesmärk:                                                                                     | -Toetada tasakaalulise termodünaamika ning molekulaarfüüsika nähtustest ja seaduspärasustest süvendatud arusaama kujunemist;<br>- Toetada mehaanika seaduste rakendatavuse oskust, kasutades neid soojusõpetuse mõningate seaduspärasuste tuletamisel;<br>- Võimaldada aine ehitusest põhiteadmiste ja -arusaamade omandamist.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |       |
| Aine lühikirjeldus:<br><br>(sh iseseisva töö sisu kirjeldus vastavuses iseseisva töö mahule) | Ideaalsed gaasid. Termodünaamika esimene seadus. Termodünaamika teine seadus. Aine molekulaar-kineetilise teooria alused. Statistilise füüsika elemendid: temperatuuri ja rõhu statistiline olemus, Maxwelli ja Boltzmanni jaotused. Reaalsed gaasid ja aurud. Vedelikud. Kristallilised ja amorfseid ained. Polümeerid. Harjutus- ja probleemülesanded aine kohta. Laboratoorsed tööd teoreetilise osa teemade kohta. Iseseisev töö: probleemülesannete lahendamine, seminarideks ettevalmistamine, laboratoorsete tööde tulemuste analüüs ja vormistamine.                                                                                 |                 |       |
| Õpiväljundid:                                                                                | Üliõpilane:<br>- Teab tasakaalulise termodünaamika ja molekulaarfüüsika põhiseaduseid ja nende rakendatavuse piire;<br>- Arusaamine soojusõpetuse põhimõistetest ja seadustest;<br>- Oskus rakendada termodünaamika seadusi probleemülesannete lahendamisel;<br>- Oskus rakendada termodünaamika ja soojusõpetuse teooriat igapäevaste nähtuste kirjeldamisel ja analüüsil.                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |       |
| Hindamismeetodid:                                                                            | Kaks kontrolltööd ülesannete lahendamise kohta. Arvestatud kontrolltööd, õigeaegselt esitatud iseseisvad tööd (ülesannete lahendamine) on eeltingimuseks eksamile pääsemiseks. Eksam koosneb kahest osast – kirjalikust ja suulisest. Hinne kujuneb kontrolltööde tulemuste (33%) ja eksami hinnangust (67%).<br><br>Eksami kirjalikus osas hinnatakse põhiteadmisi ja arusaamu soojusõpetuses kasutatavatest mudelitest ja teooriatest.. Suuline osa hõlmab enda alla oskuse läbi viia tuletuskäike, seletada lahti tuletuskäike, esitada soojus- ja molekulaarnähtuste põhjendusi jms. Eksami ajal saab parandada ka kontrolltöö tulemusi. |                 |       |
| Õppejõud:                                                                                    | Professor Tõnu Laas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |       |
| Inglisekeelne nimetus:                                                                       | <i>Heat and Molecular Structure</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |       |
| Eeldusaine:                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |       |
| Kohustuslik kirjandus:                                                                       | Holmberg, P. jt. Santorius. (2007). Elusa looduse füüsika. Ilo. (lk.279-406)<br>Halliday D., Resnick, R., Walker, J. Füüsika põhikursus. Õpik kõrgkoolile. I. 2011.<br>Juul, L.; Mets, G.; Schults, K. 1985 Füüsika ülesannete kogu.<br>T. Laas. Soojusõpetuse lühikonspekt. 2013 [www]<br><a href="http://www.tlu.ee/~tony/oppetoo/Soojusopetus/Soojusopetuse_konspekt.pdf">http://www.tlu.ee/~tony/oppetoo/Soojusopetus/Soojusopetuse_konspekt.pdf</a>                                                                                                                                                                                     |                 |       |
| Asenduskirjandus:<br><br>(üliõpilase poolt läbi                                              | Holmberg, P., Perkkiö, J., Hiltunen, E. Santorius. Elusa looduse füüsika. 2007.<br>Saveljev, I. 1977 Füüsika üldkursus I.<br>Reese, R. L. 2000 University physics.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |       |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                             |       |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| töötatava kirjanduse loetelu, mis katab ainekursuse loengulist osa)                                                       | Giancoli, D. C. 1998 Physics.<br>Loide, R.-K. (2007). Molekulaarfüüsika ja termodünaamika. Tallinn, Koolibri.                                                               |       |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Õppetöös osalemise ja eksamile pääsemise nõuded                                                                           | Aineprogrammis ette nähtud eksperimentide sooritamine, mõõteprotokollide esitamine; kahe kontrolltöö positiivne sooritamine (vähemalt 50% punktidest mõlemas kontrolltöös). |       |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Iseseisva töö nõuded                                                                                                      | Seminaris antud ülesannete lahendamine.                                                                                                                                     |       |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Eksami hindamiskriteeriumid või arvestuse sooritamiseks vajalik miinimumtase                                              | Vt Lisa 1.                                                                                                                                                                  |       |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Täiendav informatsioon kursuse sisu kohta, kursuse jaotumine teemade kaupa sh seminarivormis toimuvate kontaktundide ajad | Õppenädal                                                                                                                                                                   | L/S/P | Teema, sisu lühikirjeldus                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                           | 1                                                                                                                                                                           | L     | Aine atomaarne ehitus. Molekulide mõõtmed. Avogadro arv. Süsteemi olek ja protsess. Temperatuur, rõhk ja nende mõõtmine. Kehade soojuspaisumine. Soojuspaisumise seos mehaaniliste pingetega. Vee anomaalne käitumine.                                   |
|                                                                                                                           | 2.                                                                                                                                                                          | L     | Ideaalse gaasi olekuvõrrand. Isoprotsessid. Gaaside kineetilise teooria põhialused. Energia jaotus vabadusastmete järgi. Siseenergia. Termodünaamika I printsiip. Keha töö paisumisel.                                                                   |
|                                                                                                                           | 3.                                                                                                                                                                          | S     | Ülesannete lahendamine ideaalse gaasi kohta.                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                           | 4.                                                                                                                                                                          | L/S   | Ideaalse gaasi siseenergia. Keha soojusmahtuvus, erisoojus. Moolsoojus. Ideaalse gaasi soojusmahtuvus jääval ruumalal, jääval rõhul. Ülesannete lahendamine soojuslike protsesside kohta.                                                                |
|                                                                                                                           | 5.                                                                                                                                                                          | L     | Ideaalse gaasi siseenergia. Keha soojusmahtuvus, erisoojus. Moolsoojus. Ideaalse gaasi soojusmahtuvus jääval ruumalal, jääval rõhul. Adiabaatiline protsess. Gaasi töö erinevates protsessides. Maxwelli ja Boltzmanni jaotused. Ülesannete lahendamine. |
|                                                                                                                           | 6.                                                                                                                                                                          | S     | Ülesannete lahendamine                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                           | 7.                                                                                                                                                                          | S     | I Kontrolltöö                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                           | 8.                                                                                                                                                                          | L     | Ülekandenähtused. Soojuse leviku erinevad viisid. Soojusjuhtivus, viskoossus, difusioon. Reaalsed gaasid. Van der Waalsi võrrand.                                                                                                                        |
|                                                                                                                           | 9.                                                                                                                                                                          | L/S   | Van der Waalsi võrrand. Küllastunud aur. Kriitiline temperatuur. Õhuniiskus. Üleküllastunud aur, ülekuumenenud vedelik. Ülesannete lahendamine                                                                                                           |
|                                                                                                                           | 10.                                                                                                                                                                         | L/S   | Tahkised ja vedelikud. Vedeliku ja auru pinnal toimuvad protsessid. Faasiüleminekud. Pindpinevus.                                                                                                                                                        |

|                           |                                         |     |                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-----------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | 11.                                     | L/S | Pööratav protsess, ringprotsess. Soojusmasina kasutegur. Termodünaamika II printsiip. Carnot' tsükkel. Külmkapp ja soojapump. Ülesannete lahendamine                      |
|                           | 12.                                     | L/S | Entroopia. Entroopia muut ja termodünaamika II printsiip. Entroopia arvutamine pööratavates protsessides. Entroopia statistiline interpretatsioon. Ülesannete lahendamine |
|                           | 13.                                     | S   | Ülesannete lahendamine.                                                                                                                                                   |
|                           | 14.                                     | S   | II Kontrolltöö                                                                                                                                                            |
| Õppeainet kureeriv üksus: | Matemaatika ja Loodusteaduste Instituut |     |                                                                                                                                                                           |
| Kursuseprogrammi koostaja | Professor, PhD füüsikas, Tõnu Laas      |     |                                                                                                                                                                           |
| Allkiri:                  |                                         |     |                                                                                                                                                                           |
| Kuupäev:                  | 25.01.2015                              |     |                                                                                                                                                                           |

Kursuseprogramm registreeritud akadeemilises üksuses

|                     |  |
|---------------------|--|
| Kuupäev             |  |
| Õppeassistendi nimi |  |
| Allkiri             |  |

**Lisa 1 Hindamismeetodid:**  
**Laboratoorse töö aruanne koostamine**

| Hindamiskriteerium         | Lävend                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vormistamisnõuete järgmine | On järgitud TLÜ füüsika laboratoorsete tööde vormistamise nõudeid, võib esineda üksikuid õigekirjavigu. Andmed on esitatud tabelites korrektselt, graafikud on joonistatud korrektselt, teljed varustatud tähistega.                                                                                |
| Andmetöötluse läbiviimine  | Andmetöötlus on läbi viidud õigesti, sõltuvalt ülesandest - valitud on sobiv statistiline jaotus, regressioonianalüüs on teostatud õigesti, mõõtemääramatuse arvutus on õigesti läbi viidud.                                                                                                        |
| Tulemuste analüüs          | Andmetöötlusest tulenevad vastused on osatud teooriaga seostada - hüpotees on kontrollitud või ümber lükatud, mõõtmistulemused on esitatud koos mõõtemääramatuse hinnanguga ning analüüsitud võimalikke süstemaatiliste vigade tekkimisi põhjuseid.<br><br>Graafikuid on osatud seostada teooriaga. |

| Hindamiskriteerium                                         | E                                                                                                                                                                                                                                                                      | D                                                                                                                                                                              | C                                                                                                              | B                                                                                                                                                                                                                                | A                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Molekulaarfüüsika ja termodünaamika ülesannete lahendamine | Ülesannete andmed andmed, otsitav suurus on õigesti välja kirjutatud, on koostatud ülesande lahendusstrateegia (valitud sobivad seadused, valemid) lühemate probleemülesannete korral. Esinevad vead ei ole olulised (hooletusest tingitud arvutus- ja teisendusvead). | Lisaks eelmisele – lahendatakse keskmise raskusastme ülesandeid. Ülesannete lahendamisel esineb vigu. Osatakse otsida juurde täiendavaid suurus, mida ülesande tekstis ei ole. | Lisaks eelmisele – lahendatakse ülesandeid, kus on vajalikud teadmised nii soojusõpetusest kui ka mehaanikast. | Lisaks eelmisele – ülesannete lahendamisel osatakse rakendada diferentsiaal- ja intergaalarvutust. Osatakse hinnata tulemuste realistlikkust, teha võrdlusi erinevate keerukusastmetega teooriatest tulenevate järelduste vahel. | Lahendatakse mitmeastmelisi probleemülesandeid, nende lahendamisel ei esine vigu ei lahenduskäigus ega arvutustes. |

|                                                                     |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Molekulaarfüüsika ja termodünaamika alased teoreetilised teadmised. | Osatakse defineerida soojusõpetuses kasutatavad põhisuurused ja seadused, tuua näiteid seaduste kehtivuse kohta. | Lisaks eelmisele: osatakse kirjeldada aines toimuvaid soojuslikke nähtusi termodünaamika seadusi kasutades, kasutades vajadusel graafikuid (vähemalt suunavate küsimuste peale) | Lisaks eelmisele: osatakse tuua korrektseid järeldusi erinevatest seadustest, näiteid nende rakendatavuse kohta tehnikas ja eluslooduses. | Lisaks eelmisele: teatakse erinevate seaduspärasuste rakendatavuse piire, osatakse seletada (valemitele tuginedes) aine olekute erinevusi molekulaarsel tasandil ning teha sellest tulenevaid järeldusi. | Lisaks eelmisele: osatakse matemaatiliselt tuletada erinevaid seoseid lähtudes mehaanikast või teistest termodünaamika ja molekulaarfüüsika seadustest. |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|