

Variante 921015

## FÜSIKA ÕPPEPLAANI PROJEKT

Koostanud H. Tammet

### SAATEKS

Projekt on mõeldud arutelu algatuseks. Koostaja on ligi kümme aastat tegelikult pedagoogilisest tööst eemal olnud ja vabandab uuema õppekirjanduse halvast tundmisest tulenevate puudujääkide pärast. Käesolev redaktsioon on esimene mustand ja autor on valmis loodetavatele nõuannetele ja soovitudele tuginedes tööd täiendama ja viimistlema.

## 1. SISSEJUHATUS

### 1.1. Hariduse eesmärgid ja suund

Lühiduse huvides kasutatakse alljärgnevas sõna "haridus" kitsas kokkuleppelises tähenduses nimetamaks füüsikute ettevalmistamist Tartu ülikoolis 1990-ndatel aastatel.

Hariduse laiemate ja kitsamate eesmärkide hulgas omandab praegu erilise tähenduse ülikooli lõpetaja konkurentsivõime reaalsel Eesti tööjõuturul. Siit tuleneb vajadus hinnata füüsikaosakonna lõpetajate võimalikku tööhõivet arvestades majanduse ning kultuuri vajadusi ja teiste õppeasutuste konkurentsi sõltuvalt hariduse konkreetsest sisust. Nii majanduse kui kultuuri praegune organisatsioon ei ole stabiilne ja võimalikud "tellimused" pole usaldusväärsed. Peamine hindamismeetod on vaba ekspertprognoos.

Uute füüsikute rakendamine füüsika-alases teadustöös jääb arvatavasti kitsendatuks pikemaks ajaks. Töökohtade otsimisel tööstuses peab arvestama konkurentsi nii Tallinna Tehnikaülikooli lõpetajate poolt kui ka uurimisinstituutide koondamisel vabanevate füüsikute poolt. Töökohtade arv koolides on õppeplaani muutmise tulemusena vähenenud ja ühtaegu on asunud füüsikaõpetajaid ette valmistama Tallinnas ja Kohtla-Järvel.

Loodetavasti on olemas füüsikute jaoks sobivaid seni tähelepanuta tegevusvaldkondi. Arvatavasti on üheks selliseks kaasaegse aparatuuri kasutamise füüsikaline-tehniline juhendamine meditsiini-asutustes. Spetsialistidega on katmata saastelevi ekspertiis uute ja reorganiseeritavate ettevõtete keskkonnakaitseliste meetmete planeerimisel. Tootmisalases ettevõtluses annab reeglina lai reaalteadusliku haridus füüsikutele mõningaid eeliseid võrreldes inseneridega. Ettevõtlusvõime arendamine hariduse kaudu peaks kuuluma õppeplaani koostamisel prioriteetse eesmärkide hulka.

Füüsikute hariduse täpne spetsialiseerimine konkreetsete rakenduste järgi poleks õige ka siis, kui me suudaks tööjõuturu arengut korrektset prognoosida. Põhjuseks on paljude tegevusvaldkondade eneste dünaamilisus, mispuhul mitmekülgsed teadmised ja arenemisvõime on olulisemad kui põhjalik ettevalmistus ühes kitsas rakenduslikus ainevaldkonnas.

Õeldust lähtudes arvab projekti koostaja, et me peaks nelja-aastasest diplomiõppest vähemalt 75% pühendama ühtsele rakendusfüüsikalisele üldharidusele. Loodatavasti ei ole rakenduslike teadmiste ballast liigseks koormaks ka neile vähestele, kes hiljem magistri- ja doktoriõppe kaudu leiavad endale koha fundamentaalteaduses.

Füüsikaõpetaja kutse eeldab pedagoogilistele ainetele pühendatud viiendat õppeaastat, mis ei ole käesoleva projekti teema. Rakendusfüüsika parem või halvem sobivus füüsikaõpetajate ettevalmistuse baasiks oleneb koolifüüsika ja üldhariduse kui terviku eesmärgiseadest. Paraku ei ole pedagoogikateadlaste ega haridusjuhtide hulgas üksmeelt ning küsimus jääb vastusetu.

## **1.2. Õpingukorraldus**

Õpingukorralduse vaidlusküsimuseks on üliõpilaste spetsialiseerimise aeg. Tartu jaoks harjumuspärase õpingukorralduse puhul spetsialiseeritakse üliõpilane füüsikuks juba ülikooli astumisel ja vaieldud on kas füüsikaõpetajaid lahutada teistest füüsikutest juba vastuvõtuavaldusest alates või hiljem. Mõnes ülikoolis aga ollakse harjunud matemaatika-loodusteaduskonna või selle reaalaru üliõpilast spetsialiseerima füüsikuks alles pärast esimest või teist õppeaastat. Niisugune õpingukorraldus ongi arutlusel kui võimalik alternatiiv.

Üliõpilaste varase spetsialiseerimise triviaalsed poolt- ja vastuargumendid on õpetamise maksimaalne sihipärasus ja maksimaalsed kulutused. Esimese kursuse ühendamise teel saadav kokkuvõtte pole kuigi suur ja seda pole seni loetud oluliseks. Teiselt poolt poleks aga kaod õpetamise sihipärasuse osas pärast reaalaru (matemaatika + füüsika + keemia) esimese kursuse ühendamist eriti suured, vastava reformi põhitakistused oleks enam organisatsioonilist laadi.

Esimese kursuse ühendamisega kaasneks ka teistsuguseid muutusi, seehulgas ka positiivseid. Koosõppimine stimuleeriks klassikalise ülikooli positiivseks iseloomujooneks loetavat erialadevahelist suhtlemist. Võib-olla kõige olulisemaks positiivseks muutuseks praeguses eriolukorras oleks lõpliku erialavaliku nihutamine senisest kõrgemale ja paremini kontrollitavale kompetentsuse tasemele.

Käesolev projekt on orienteeritud matemaatika-loodusteaduskonna reaalaru koosõppele esimese õppeaasta jooksul ja on loodetavasti kohandatav ka terve teaduskonna koosõppe variandile.

Füüsikaosakonna senise õpingukorralduse kulukaks iseärasuseks on kaks paralleelset õpingukeelt. Projekti koostaja peab otstarbekaks taotleda ka siin kokkuvõtte ja näeb ette, et paralleelne õpetus kahes keeles toimub ainult esimesel õppeaastal. Teisel õppeaastal on kõik üliõpilased kohustatud olema võimelised kuulama loenguid ja kasutama õppekirjandust nii eesti kui vene keeles. Õppejõule jääb õigus valida suhtlemiskeel nende kahe hulgast oma äranägemisel. Kolmandast õppeaastast alates peaks olema võimalik vabalt kasutada külalislektoreid ja selleks peaks kolmanda kohustusliku keelena lisanduma inglise keel.

## **1.3. Hariduse sisu**

Sisu määratlemisel võiks hariduse jaotada tinglikult viide harru. Keskne haru oleks füüsikaharidus. Seda toetavad või laiendavad matemaatikaharidus, arvutiharidus, tehnikaharidus ja üldharidus. Üldhariduse hulka arvatakse kõik, mis ei mahu ülejäänud nelja haru koosseisu.

Hariduse sisu täpsemaks kujundamiseks ja õpetamise kontrollimiseks võiks füüsikaosakond moodustada kolm kolme- kuni viieliikmelist komisjoni: füüsikahariduse komisjon, matemaatika- ja arvutihariduse komisjon ning tehnika- ja üldhariduse komisjon. Iga komisjoni esimeheks peaks olema erinev korraline professor, üks õppejõud võiks kuuluda liikmena kuni kahe komisjoni koosseisu, osakonnajuhatajale oleks lubatud hääleõigusega osa võtta iga komisjoni tööst.

## ÕPPEPLAANI PROJEKT

Alljärgnevas on veerus "lab" näidatud nii füüsikalaboratooriumis kui arvutiklassis toimuv õppetöö. Veerus "lng" näidatud õppetöö puhul võib õppejõud kasutada enda äranägemisel osa aega harjutusülesannete lahendamiseks.

Kahe esimese semestri jooksul võib füüsikuid õpetada koos matemaatikute, keemikute, geograafide, geoloogide ja võib-olla ka bioloogidega.

### 1. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Õpingukorraldus ja tööjõuturg	2	-	-	1	-	1
Teaduse ajalugu ja struktuur	4	-	-	-	1	3
Keemia	4	-	-	-	1	3
Arvutiõpetus 1	2	4	-	1	-	4
Matemaatika eelkursus	4	-	4	1	1	9
24 tundi nädalas:	16	4	4	3	3	20

### Järeleaitamisõpe:

Eesti/vene keel algajaile	-	-	6	1	-	-
Inglise keel algajaile 1	-	-	2	-	-	-

### 2. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Eesti/vene keel edasijõudnuile	-	-	4	1	-	2
Eesti kultuuri ja TÜ ajalugu	2	-	-	-	1	2
Kirjalik väljendusoskus 1	-	-	2	1	-	1
Mõõtmisõpetus	2	2	-	1	-	3
Arvutiõpetus 2	2	2	-	-	1	3
Füüsika eelkursus	4	-	4	1	1	9
24 tundi nädalas:	10	4	10	4	3	20

### Järeleaitamisõpe:

Inglise keel algajaile 2	-	-	4	1	-	-
--------------------------	---	---	---	---	---	---

## 3. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Inglise keel	-	-	4	1	-	2
Matemaatiline analüüs	4	-	2	1	1	4,5
Algebra	4	-	2	1	1	4,5
Programmeerimine	2	4	-	1	1	4
Soojusõpetus	4	-	-	-	1	3,5
Füüsikalaboratoorium 1	-	2	-	1	-	1,5
28 tundi nädalas	14	6	8	5	4	20

## 4. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Inglise keel	-	-	4	1	-	2
Töenäosusteooria ja mat. statistika	2	2	-	1	1	3
Fourier analüüs	2	-	-	-	1	1,5
Mehaanika 1	4	-	-	-	1	3,5
Elektriõpetus 1	4	-	2	1	1	4,5
Füüsikalaboratoorium 2	-	2	-	1	-	1,5
Aparaadiehitus 1	2	4	-	1	-	4
28 tundi nädalas	14	8	6	5	4	20

## 5. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Raamatukoguinformaatika	2	-	-	1	-	1
Funktsionaalvõrrandid ja modelleerimine	4	2	2	1	1	6,5
Mehaanika 2	2	-	-	-	1	1,5
Elektriõpetus 2	4	-	2	-	1	4,5
Füüsikalaboratoorium 3	-	4	-	1	-	2
Aparaadiehitus 2	2	2	-	1	1	3,5
Vabalt valitav aine	2	-	-	1	-	1
28 tundi nädalas	16	8	4	5	4	20

## 6. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Kirjalik väljendusoskus 2	-	2	2	1	-	3
Aine ehitus 1	4	-	-	-	1	3
Füüsikalaboratoorium 4	-	4	-	1	-	2
Laboratooriumiinformaatika	2	4	-	1	1	4,5
Kitsa eriala ained	6	-	2	2	1	6
Vabalt valitav aine	2	-	-	-	1	1,5
28 tundi nädalas	14	10	4	5	4	20

## 7. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Õigusõpetus	2	-	2	1	-	2,5
Aine ehitus 2	4	-	-	-	1	3,5
Kitsa eriala ained	x	x	x	4	3	14
				5	4	20

## 8. semester

	lng	lab	hrj	arv	eks	pnt
Kitsa eriala ained (incl. diplomitöö)						20

Ainevaldkondade mahud arvestuspunktides:

üldained (incl. keemia, mõõtmisõpetus ja vabalt valitud ained)	-	28
Matemaatika	-	29
Arvutiõpetus ja programmeerimine	-	15,5
Füüsika	-	40
Aparaadiehitus	-	7,5
Kitsa eriala ained (incl. diplomitöö)	-	40
		160

## 3. AINETE SISU

Keeleõpetus. Vastuvõtukatsetel on tarvis määrata kõigi üliõpilaste tase eesti, vene ja inglise keele osas:

A = puudulik,

B = keskkooli võõrkeeleõpetuse nõuete kohane,

C = võimaldab takistusteta osa võtta õppetööst. A-taseme puhul on tarvis osa võtta järeleaitamisõppest. B-tase või järeleaitamisõppe arvestus annab õiguse osa võtta edasijõudnutele adresseeritud ja arvestusse kuuluvatest keeletundidest. C-tase annab kohe lõpparvestuse ja vabastab keeletundidest.

Kirjalik väljendusoskus 1 õpetab korrektselt vormistama avaldusi, dokumente, katseprotokolle, aruandeid, kontrolltöid, ülesannete lahendusi jne.

Kirjalik väljendusoskus 2 õpetab vormistama artikleid ja dissertatsioone ning kasutama tekstiprotsessoreid koos lihtsamate graafiliste vahenditega. Kasutatakse põhiliselt inglise keelt. Laboratoorsed tööd tähendavad tööd arvutiklassis.

Raamatukoguinformaatika tähendab peale kataloogide ja teatmekirjanduse kasutamise oskuse ka bibliograafiliste kirjete koostamise oskust ning arvutitel baseeruvate andmebaaside ja päringusüsteemide tundmist ning kasutamisoskust.

Arvutiõpetus 1 ja 2 ei ole programmeerimise õppimiseks vaid siit peab üliõpilane saama üldise arvutikasutusoskuse kaasa arvatud laiemalt levinud programmipakettide tundmine ja kasutamisoskus. Muu hulgas peaks tutvustama ka mõnd BASIC-interpretaatorit, kuid selleks ei tohiks kulutada üle 10-20% kursuse ajast.

Programmeerimise õppimisel võiks üliõpilasele and võimaluse valida kahe variandi vahel: 1) esimene keel PASCAL ja teine C, 2) esimene keel C ja teine PASCAL. Täiendavalt peaks omandama oskuse lugeda FORTRAN-is kirjutatud arvutusalgoritme.

Laboratooriumiinformaatika tähendab enam-vähem sama, mida on nimetatud eksperimendi automatiseerimiseks. Oleks tarvis välja töötada kursus, mis ühendaks Bonni ülikooli füüsikalise arvutipraktikumi (Schmidt-Weberi kursus) elemente andmeanalüüsi praktikumiga.

Matemaatika eelkursuse maksimaalseks reaalseks eesmärgiks oleks viia iga üliõpilane reaalgümnaasiumi hariduse tasemeni, millele tuginedes saaks teisel õppeaastal takistusteta alustada süstemaatilist erialaõpetust. Eriti oluline on jõuda vilumuseni algebraliste avaldiste teisendamisel ja teiste praktiliste matemaatikaülesannete lahendamisel. Selleks on pool aega eraldatud harjutusülesanneteks. Propedeutilise matemaatikakursuse teoreetilise osa sisu peab olema piisavalt jäigalt fikseeritud ja hästi teada kõigile õppejõududele, kes üliõpilastega alates teisest õppeaastast töötavad. See on praktiliselt võimalik ainult siis, kui kursus tugineb kindlale õpikule. Gümnaasiumimatemaatikat on püütud üles ehitada mitmel viisil. Kardinaalselt erinevate käsitluste ja arutlust väärivate õpikute analüüs läheks pikale. Projekti koostaja soovitusel on raamat:

Zel'dovich, Ya.B., Vysshaya matematika dlya nachinayushchikh i ee prilozheniya k fizike. Nauka, Moskva 1968. 576 str

mis koosneb kahest enam-vähem võrdsest poolest. Esimene pool sisaldab traditsioonilise ainevalikuga induktiivset ja piltlikele kujunditele tuginevat rakendusliku kallakuga matemaatikakursust ja teine osa matemaatika rakendusi demonstreerivat propedeutilist füüsikakursust. Matemaatika eelkursuses kasutatakse ainult esimest poolt. Raamatu sisukord on esitatud projekti lisana.

Zeldovichi käsitus on matemaatikale kui teadusele lähenemiseks kahtlemata puudulik ja ühekülgne. Raamatus sisu ja meetodi peab aga tunnustama eranditult kõigi matemaatika-loodusteaduskonna üliõpilaste jaoks tarvilikuks ja ühtaegu piisavaks, et alustada matemaatikat kasutatavate reaali- ja loodusteaduslike ainete süstemaatilist õpetamist. Raamat ei sisalda matemaatika rakenduste seisukohalt teisejärgulist ballasti. Otsustavaks vooruseks on orientatsioon meie üliõpilaste reaalsele ettevalmistustasemele. Zeldovichi raamatule lisaks peaks üliõpilasi õpetama tarvitama matemaatika formaalse keele põhielemente, kulutades selleks aga üsna vähe aega. Ka siin on tarvis edasise õpetuse huvides selgelt formuleerida garanteeritud teadmised. Projekti autori arvates piisab näiteks Pisot ja Zamansky tuntud õpiku kuuest sissejuhatavast leheküljest.

Matemaatilise analüüsi kursuses ei tohi raisata aega matemaatika eelkursuses omandatu formaalsele käsitlusele. Kursuse sisu peaks olema rakenduslik ja nimi on teatud mõttes tinglik. Telje peaks moodustama vektoranalüüs, mida aga peab sisse juhutama vektoralgebra peatükiga.

Algebra kursuse teljeks peab olema lineaaralgebra, kus erilist tähelepanu peab pöörama omaväärtusülesande olemuse avamisele rakendusnäidete baasil.

Funktsionaalvõrrandite ja matemaatilise modelleerimise kursusesse peaks ühendama rakenduslikult tähtsamad elemendid tavalisest diferentsiaalvõrrandite kursusest ning matemaatilise füüsika meetodite kursusest. Teoreetiline käsitus vajab pidevat tuge arvutuspraktikumi näol, kus põhitähelepanu võib kulutada teoreetilise materjali illustreerimisele.

Füüsika eelkursuse põhieesmärk on keskkooli füüsikaprogrammiga määratletud teadmiste aktiveerimine harjutusülesannete lahendamise teel. Kursuse täiendava teoreetilise osa sisu on matemaatika eelkursuse puhul tehtud valikuga ette otsustatud: selle määrab Zeldovichi raamatu teine osa.

Füüsika põhikursuses puudub formaalne liigendus üldfüüsikaks ja teoreetiliseks füüsikaks. Tasemeliigendus jääb hariduskomisjoni ja õppejõudude otsustada eraldi iga distsipliini sees.

Tehnilised distsipliinid ei ole õppeplaanis ilmsel kujul esindatud ja rakendusfüüsikule vajalik materjal peaks olema lülitatud peatükkidena füüsika põhikursuse koosseisu (elektrotehnika elektriõpetusse jne.)

Soojusõpetuses on soovitatav keskenduda tähelepanu termodünaamilisele käsitlusele ja võita aega molekulaarmehaanika arvel. Õppeplaanis ei ole eraldi kursuseks füüsikalist keemiat ja selle lünga kompenseerimise vajadust tuleks ainevaliku juures silmas pidada. Kõigi füüsika põhikursuste sisu oleks tarvis nihutada rakenduslikkuse suunas. Soojustehnika küsimused peaks moodustama vähemalt kolmandiku kogu soojusõpetuse mahust.

Mehaanikakursuse programmis peab arvestama, et osa materjali on läbi võetud juba eelkursuses. Tehnikavallast peaks mehaanikakursusesse kuuluma tugevusõpetuse elemendid. Mehaanikakursus peab olema üles ehitatud suures osas kui ettevalmistav distsipliin pidades silmas

teiste füüsikakursuste (ka kitsaste erialade) vajadusi. Keskse osa mehaanikakursusest peaks moodustama pideva keskkonna mehaanika. Teoreetilise mehaanika peatükis peaks lähtuma Landau ja Lifshitsi lühikursuse käsitusviisist.

Elektriõpetus peab sisaldama ka optikat kui elektromagnetlainete peatüki loogilist jätku.

Aine ehitus on ühisnimetus mitmele traditsioonilisele ja ka vähem traditsioonilisele distsipliinile. Siia peaks kuuluma sissejuhatus kvantteooriasse, aatomi ehitus, kondenseeritud aine ehitus ja aatomituuma ehitus.

Aparaadiehitus on samasugune sünteetiline distsipliin. Siin oleks tarvis käsitleda konstruktsioonimaterjale ja tehnoloogiat, rakenduselektronika küsimusi, elektroonikakomponente, skeemitehnikat, andureid ja arvutiliideseid. Füüsikalise-matemaatilised tehnikadistsipliinid peaks olema esindatud mujal. Konkreetseid koordineerimisiülesanded (näide: kuhu panna lineaarahelate teooria?) jääks lahendada füüsikaosakonna hariduskomisjonidele.