

TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Füüsika Instituut

MEEMIDE KÄSITLUS FÜÜSIKAS
PRAKTIKUMI AHELKATSE NÄITEL

Magistritöö
Füüsika erialal

Magistrant: Karin Laansalu-Veskioja

Juhendaja: dots. Henn Voolaid, füüsika-matemaatikateaduste kandidaat

Tartu 2010

Sisukord

1	Sissejuhatus	3
2	Uurimistöö korraldamisest	5
2.1	Teadmiste muutus õpiprotsessis vs teadus- ja arendusprotsessis	5
2.2	Koostööoskus füüsikaõppes	5
2.3	Individuaalne õpe vs rühmaõpe	6
2.4	Ülevaade memetikast ja mustritest, lõputöö suuna täpsem piiritlemine.....	6
2.5	Ahelkatse põhjendus.....	7
2.6	Ahelkatse läbiviimise kirjeldus	8
3	Analüüsi meetodika ülevaade	9
3.1	UML ja MOF.....	9
3.2	Seosetüübid UML kontseptuaalmudelil.....	10
3.3	Joonise elementide täiendav tähistus.....	13
4	Ekspertide käsitlus memetikast. Käsitluse tõlgendus.....	14
4.1	Raivo Mäni käsitlus	16
4.2	Tarmo Vesioja käsitlus	20
4.3	Henn Voolaiu käsitlus	24
4.4	Leo Võhandu käsitlus	30
5	Meemi muster.....	35
6	Ahelkatses kasutatud mõistete modelleerimine	37
6.1	Juhendi analüüs.....	37
6.1.1	Võnkeamplituudi mõiste.....	37
6.1.2	Pendli tasakaaluasend	42
6.1.3	Kuuli maksimaalne kaugus tasakaaluasendist	43
6.1.4	Võnkeperiood ja täisvõnge	45
6.1.5	Kuuli liikumistrajektor	46
6.1.6	Praktikumi juhendi üldistus	47
6.2	Paari 1 õpetused paarile 2.....	51
6.3	Paari 2 õpetused paarile 3.....	58
6.4	Paari 3 õpetused paarile 4.....	65
6.5	Paari 4 õpetused praktikumi läbiviijale (õpetamise simulatsioon).....	68
7	Ahelkatsed läbivate meemide / mustrite analüüs.....	71
7.1	Võnkeamplituudi mõiste meem.....	71
7.2	Pendli tasakaaluasend	71
7.3	Kuuli liikumistrajektor	71
7.4	Võnkeperiood ja täisvõnge.....	72
7.5	Katse. Katseseeria. Võnkeperioodi mõõtmine. Keskmistamine. Lineariseerimine.....	72
7.6	Meemide areng läbi ahelkatse	74
8	Ahelkatse tulemuste arutamine	78
9	Praktikumi ja ahelkatse võimalik ülesehitus tulevikus.	80
10	Kokkuvõte.....	81
11	Summary.....	83
12	Kasutatud kirjandus	85

1 Sissejuhatus

Käesoleva magistritöö teema lähtub füüsikateadmiste kommunikeerimise oskuse ja koostööoskuse arendamise vajadusest. Õppejõud on täheldanud puudujääke teadmiste kommunikeerimise oskuses: õppureil on näiteks teadmiste kontrollis (eksamil vastates) raskusi oma sõnadega teadmiste esitamisel. Samas on teadustöö kaitsmise eelduseks üldarusaadava uurimistulemusi tutvustava teksti loomine. Need kaks kontrastset näidet illustreerivad vajadust parandada teadmiste kommunikeerimise oskust füüsikaõppes. Oluline on võimaldada füüsikaõppe kogu akadeemilise *curriculumi* jooksul teadmiste kommunikeerimise kogemusi. Teadmiste kommunikeerimise kogemust saab kujundada suhtlusel põhineva õppe rakendamisega. Suhtlusel põhineva õppe (edaspidi suhtlusõppe) edukuse eelduseks on aga koostööoskused.

Kuidas tuua koostööoskused füüsikaõppes välja marginaalsest seisust? Kuidas vastata ühiskonna ootustele füüsikaõppes kommunikatsiooni- ja koostööoskuste arendamise võimalusi aktiivselt otsida? Kuidas edendada oskust vahendada (kommunikeerida) füüsikateadmisi? Need küsimused on käesolevale magistritööle ajendiks.

Töö eesmärk on õppida tundma meemide osa füüsikaliste teadmiste kandjatena. Selleks intervjueriti nelja eksperti erinevatest teadusvaldkondadest. **Töö üheks ülesandeks** on intervjuude analüüs ja süntees. **Töö teiseks ülesandeks** on uurida teadmiste ja arusaamade kommunikeerimist/vahendamist füüsikas. Selleks kavandati ja korraldati teadmise-edastuse ahelkatse. Töös vaadeldakse õppimisel ja teadmise edastamisel füüsika alaste mõistete muutumist ahelkatses. Uuritakse, kuidas õppurite (füüsikaõpetajaks õppijate) paarid edastavad mõisteid kaasõppureile ja millise muutuse teeb läbi mõiste sisu. Analüüsitakse mõistetes asetleidvate muutuste mustreid.

Töö teine peatükk selgitab lähemalt uurimistöö korraldust: on selgitatud koostööoskuste ja rühmaõppe vajadust õppimise protsessis, on antud ülevaade memeeetika ja mustripõhise arenduse ajaloost ja on täpsustatud lõputöö suunda, on esitatud ahelkatse põhjendus ja ahelkatse läbiviimise kirjeldus. Kolmas peatükk annab

ülevaate analüüsi metoodikast. Neljas peatükk sisaldab intervjueeritud ekspertide käsitlusi ja käsitluste modelleerimist. Viendas peatükis on esitatud autoripoolne meemi ja mustri tähenduse käsitus. Kuuendas peatükis on modelleeritud ahelkatses esinenud mõisteid. Seitsmes peatükk esitab ahelkatset läbivate meemide / mustrite analüüsi. Kaheksas peatükk arutleb ahelkatse tulemusi. Üheksandas peatükis on esitatud täiendavad mõtted ja soovitused tulevikuks. Töö lõpeb eestikeelse ja ingliskeelse kokkuvõttega ning kasutatud kirjanduse loeteluga.

2 Uurimistöo korraldamisest

2.1 Teadmiste muutus õpiprotsessis vs teadus- ja arendusprotsessis

Teadmise muutust õpiprotsessis võib tõlgendada mitmeti: *Traditsiooniliselt* on teadmiste muutuses/teisenemises nähtud potentsiaalset vigade tekkimise allikat, väärarusaamade lähte kohta; ent *kaasaegses õpetamise paradigmas* on teadmiste muutus/teisenemine võimalus loominguliseks mõtlemiseks, mis on samm lähemale innovatsioonile.

2.2 Koostööoskus füüsikaõppes

Kaasaegse õpetamise teadlik arendustükk eeldab väljundite hulgas koostööoskuste arendamist õppureil. Meie teaduskonna (TÜ Loodus- ja tehnoloogiateaduskond) õppejõud on väitnud ühisel koolitusel [Tarkpea, Voolaid, Karm, 2009], et füüsika õpetamisel on koostööoskusi arendavate õpitegevuste loomine problemaatiline. Probleemi keskne argument on: füüsikateadmisi on vaja esitada defineerides, et tagada üheselt mõistetavus. Seejuures on füüsikateadmise muutust/teisenemist õppeprotsessis pigem taunitud nimetades definitsioonist hälbimist veaks või väärarusaamaks. Seega võib tõdeda, et defineeriv ühemõttelisus on tarvilik, kuid enam mitte piisav tingimus füüsikateadmise kommunikeerimisel.

Samas on teadus- ja arendustegevuses just vaja ebatraditsioonilist mõtlemist, et uusi lahendusi luua. Tuleb tõdeda, et traditsiooniline, vaid ühemõttelisust tagav õpe võimaldab küll nõ kopeerida teadmisi õppurite maailmapilti võimalikult loomutruult ja vigadest hoidudes. Aga sellise teguviisi paratamatu tagajärg on situatsioon, kus pidevalt pärsitakse loomuliku keele protsesse – vahendit, mille abil mõttemudeleid lahtimõtestada ning maailmapilti kujutluse kaudu rikastada.

Praktikumitööd on üks võimalus õppurite koostööoskusi arendada. Seejuures on õppejõul oluline rakendada loomuliku keele kasutamisest tingitud tähenduse muutuse/teisenemise eelised ning olla suuteline ohjeldama sellest tulenevaid riske. Riskide käsitlemiseks on Genrich Altshuller koos kolleegidega loonud vahendi nimega TRIZ [Hipple 2007].

2.3 Individuaalne õpe vs rühmaõpe

Individuaalne õpe loengumaterjalide või õpiku abil on suhteliselt lineaarne samm-sammuline protsess. Vaieldamatult on individuaalne õpe hõlpsamini nii õppuri kui ka õppe korraldaja poolt kontrollitav ja sellepöolest lihtsam kui rühmaõpe. Ent rühmaõpe võimaldab arendada koostööoskusi ja teadmiste kommunikeerimise oskusi. Üksikasjaliku iseloomustusetagi on ilmne, et rühmaõppe keerukus ei tee selle teadmistepõhist rakendamist hõlpsaks. Ent soovides nimetatud defitsiitseid oskusi arendada, peaks püüdma rühmaõppe keerukust ületada. Selleks otsitakse metoodikat, mille abil rühmaõppele iseloomulik teadmise muutumine loomuliku (suhtlus)keele seaduspärasuste järgi juhuslikult ja kaootiliselt oleks katseliselt tabatav, katseandmed töödeldavad ja järeldamist võimaldavad.

Eksperimendi ülesehitus lähtus nii teoreetilistest kaalutlustest kui ka praktilistest ilmingutest.

2.4 Ülevaade memetikast ja mustritest, lõputöö suuna täpsem piiritlemine

Meemi mõiste pakkus välja Richard Dawkins 1976.a. oma raamatus *The Selfish Gene*. Dawkins tähistab meemi abil kultuurilise infoühiku edasikandumist sarnaselt geneetilise info edasikandumisega. Dawkinsi kohaselt on meem muster, mis suudab oma ümbrust mõjutada – tal on isekus ja ta suudab levida. Dawkins oma raamatus mustri definitsiooni ei anna.

Dawkinsi algse raamatuga umbes samal ajal arendas Christopher Alexander mustripõhist analüüsi ja disaini oma 1977.a. raamatus *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Muster kirjeldab ideed, mida ja kuidas kokku panna, et asi koos püsiks. Mustrite keele abil saab kirjeldada ühte valdkonda. See suund on leidnud palju rakendamist tarkvara arenduse valdkonnas, kus on loodud palju erinevaid mustrite keeli, näiteks *disaini mustrid* (Gamma, Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, 1994) ja *analüüsi mustrid* (Analysis patterns, Martin Fowler, jt.), millega analüüsitakse ja disainitakse tarkvarasüsteeme. Pedagoogikas on kirjeldatud pedagoogilisi mustreid (pedagogical patterns, [Bergin 2007]).

Susan Blackmore arendas memeeetikat edasi oma 1999.a. raamatus *The Meme Machine*, püüdes memeeetikas rakendada geneetika mõistestikku. Blackmore võttis kasutusele meempleksi mõiste, mis tähistab kooslevivaid meeme.

Ehkki mõisted meem ja muster on eksisteerinud paralleelselt ja teineteisest teadlikult, on tänaseni lõpuni selgeks vaidlemata see, mis neid kahte mõistet eristab.

Antud töös on valdkonna mustrite keel jäetud analüüsist välja ja on ahelkatset uuritud süsteemianalüüsi tehnikaid kasutades (pikem kirjeldus peatükis 3), lootes sealt avastada midagi, mis sarnaneb mustrile või mis käitub kui meem. Mustrite keele kasutamine analüüsis nõuaks eelteadmisi valdkonna mustrite keelest, füüsika valdkonna mustrite keelt töö autor ei tunne. Pedagoogilised mustrid on kõrvale jäetud põhjusel, et nende kasutamine eeldaks käsitlust vähemalt terve õppeaine ulatuses, mitte keskendumist ühele praktikumile.

2.5 Ahelkatse põhjendus

Töös käsitletakse kitsamalt meemi teisenemist füüsikamõistete verbaalsel edastamisel. Otsitakse vastust küsimustele kas ja kuidas füüsika valdkonna mõisted levivad meemidena.

Praktiline ilming, mida töö planeerimisel arvesse võeti, on füüsika praktikumide tegemisel õppurite omavaheline konsulteerimine, *a la* mida konkreetses praktilises töös vaja uurida on, ja kuidas seda kõige optimaalsemalt ja efektiivsemalt teha. See ilming võimaldab selle töö eksperimendis kasutada õppurite seas loomulikult käibivat teadmiste kommunikeerimise viisi; püstitada ülesanne piirates teadmiste (juhendi) kommunikeerimist telefonimängu printsiibil.

Eksperimendis osalevad tudengid said ülesande teha läbi praktiline töö füüsikalise pendli uurimisest tavapärasest erineva töökorraldusega. Tööd tehti paari kaupa, et oleks võimalik arutlust loomulikus suhtlus-situatsioonis tabada, milleks salvestati eksperiment diktofoni abil. Paaris tööd olid osalejad seminarikursuses varem teinud, aga alati kirjaliku juhendi järgi praktilist tööd teostades. Ent lähtudes tõdemusest, et õppimine ei lähtu rangelt üksnes juhendist ega piirdu tööpaari suhtlusega, otsustati uurida, kuidas tudengid jagavad omavahel kogemusi praktilise töö käigust,

kommunikeerivad omavahel, mida ja kuidas on otstarbekas teha, millele mõõtmistel tähelepanu pöörata katsevahendite, mõõtmistäpsuse, kordusmõõtmiste arvu osas. Need on aspektid, mis enamasti ei ole juhendis kirjas või kui ka on, eelistavad tudengid saada sedasorti infot vahetus suhtluses. Paarisõpe ja paaritöö on levinud tööviis väledas tarkvara arendusprotsessis (agile development process), mis sobib hästi iteratiivseks arenduseks [Cockburn].

2.6 Ahelkatse läbiviimise kirjeldus

Ahelkatses osales 8 õppurit haridusteaduste eriala kahelt suunalt (loodusteaduslikud ained ja reaalteaduslikud ained). Eksperiment toimus 29.veebruaril 2008. Õppureist katseisikutele selgitati eelnevalt katse eesmärki, mida nende käest nõutakse, kuid ei avaldatud katse uurimiseesmärki. Osalemine oli vabatahtlik. Osalejatelt küsiti nende nõusolekut töö käigu helisalvestamiseks. Tavapärasest praktikumi korraldusest erines eksperimendi situatsioon veel selle poolest, et katsealuste paaridest vaid esimene sai lugeda trükitud juhendit [Voolaid 1988]. Lisaks praktilise töö sooritamisele ja protokollide vormistamisele anti neile ülesanne arutleda oma töö käiku valjusti, et oleks võimalik helisalvestada materjal, milles saaks jälgida, kuidas nad valmistuvad mustri(te) kopeerimiseks, kuidas nad kooskõlastavad seda, kas nad saavad tekstist ühte moodi aru. Tähtsa etapina eristati praktilise töö lõpp, kus paluti, et iga paar valmistuks valjusti arutades edastama teadmisi järgmisele paarile. Veel tähtsama etapina eristati teadmiste edastamise ehk õpetamise ehk nõ juhendi mängimise situatsioon. Selles situatsioonis paluti, et nad räägiks järgmisele paarile, milles see praktiline töö seisneb, mida on vaja uurida ja kuidas. Neil oli lubatud kasutada kriiditahvli, et joonisega toetada oma selgitusi. Järgmine paar võis esitada täpsustavaid küsimusi. Iga järgmine paar sai praktilise töö selgituse eelmise paari käest. Nende suhtlust jälgiti ja salvestati uurimise otstarbel. Jälgimise käigus sekkuti minimaalselt: anti suuniseid (kinnitamaks, kas tegutsetakse mõeldakse õiges suunas), et katsealused oma õppetöö osaks oleva praktilise töö mõõtmised ikka tehtud saaksid.

Salvestatud materjal kirjutati üles dialoogilise tekstina, kuhu lisati ümar- või nurksulgudes kommentaare. See dialoogiline tekst oli toormaterjal, mida asuti uurima.

Jälgiti kirjalikust juhendist pärit teoreetilise teadmise teisenemist neis neljas õpetamis-situatsioonis.

3 Analüüsi metoodika ülevaade

Ahelkatse salvestiste analüüsi metoodikaks on süsteemi kontseptuaalne modelleerimine (conceptual modeling, conceptual analysis), mis jaguneb kaheks omavahel põimunud tehnikaks:

1. Lausendipõhine modelleerimine [Mikli, 1998].
2. Mõistete kaardistamine (concept mapping, Novak ja Cañas, 2006), kontseptuaalmudeli joonistel kasutatakse UML tähistust (Unified Modeling Language, 2009).

Kontseptuaalmudeli jooniste juurde kuulub alati seda kirjeldav tekst, mida on mõistlik esitada lausenditena. Üks lausend kirjeldab tavaliselt ühte seost joonisel (seos kahe mõiste vahel). Keerukam lausend võib kirjeldada mitut seost korraga. Harvem on ühte seost vaja täpsustada mitme lausendi abil, sel juhul vaatleb üks lausend seost ühe otsamõiste poolt ja teine lausend teise otsamõiste poolt.

3.1 UML ja MOF

UML on modelleerimise keel, mille abil saab modelleerida süsteeme. Eelkõige kasutatakse UML keelt tarkvarasüsteemide kirjeldamiseks. UML-i tuumaks on MOF (Meta Object Facility). MOF on neljatasemeline metamodeleerimise arhitektuur.

Kõige madalamas st. nullkihis on andmed – näiteks isikukood.

Esimeses kihis on reaalsed objektid, mida andmed iseloomustavad – näiteks konkreetne isik.

Teises kihis on objektitüübid – näiteks tabel nimega ISIK.

Kõige ülemine kolmas kiht kirjeldab iseennast, et kolmanda kihi abil saaks kirjeldada alumisi kihte.

MOF arhitektuur tagab, et UML keele abil saab põhimõtteliselt kirjeldada ükskõik millist süsteemi – kui efektiivselt, see on iseküsimus.

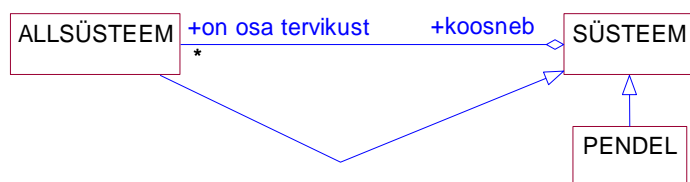
Teiste mõistekaardistamist võimaldavate CASE (computer-aided system engineering) vahenditega võrreldes saab UML-i CASE vahendi abil seoseid täpsemalt esitada.

Analüüsi kontseptuaalmudeli koostamiseks on kasutatud CASE vahendit IBM Rational Rose, mis põhineb UML 1.4 standardil.

Kasutatud analüüsi meetodikate komplitseerivaks tahuks on süsteemse kujutusviisi nõudlikkus süvenemise ja ajaressursi mõttes. Ent kui panus on tehtud korraga nii stabiilsele teadmise-edastusele kui ka vilunud oskusteabe edastamisele, siis peab ka leiduma süvenemise ja ajaressurss. Kasutatud modelleerimise meetodikad aitavad arusaamise vigu vähendada, kuid ei taga kõigi vigade avastamist.

3.2 Seosetüübid UML kontseptuaalmudelis

Allpool on uuritavast süsteemist toodud enamkasutatud seosetüüpide näiteid nii skeemina (mõistekaardina) kui ka nende seoste kirjeldused lausendite abil.



Joonis 1. Üldistusseos ja osa-terviku seos

Üldistusseos näitab seost konkreetsema ja üldisema mõiste (või objekti) vahel.

Osa-terviku seoses on romb seose terviku poolses otsas.

SÜSTEEM koosneb ALLSÜSTEEMIDEST (seose ALLSÜSTEEMI otsas märgitud * tähistab ALLSÜSTEEMI mitmust antud seoses, vt. üks-mitu seos).

SÜSTEEM on tervikmõiste, ALLSÜSTEEM on terviku üks (kuid mitte tingimata ainus) osa.

Seose terviku-poolse mõiste rolliks antud seoses on 'koosneb'.

Seose osa-poolse mõiste rolliks antud seoses on 'on osa tervikust'.

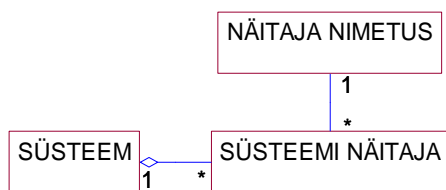
Üldistusseoses on seose üldisemas otsas kolmnurk.

ALLSÜSTEEM on SÜSTEEM. Iga SÜSTEEM ei ole ALLSÜSTEEM.

ALLSÜSTEEM on konkreetsem mõiste, SÜSTEEM on üldisem mõiste.

Iga PENDEL on SÜSTEEM. Iga SÜSTEEM ei ole PENDEL.

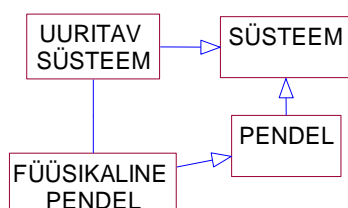
PENDEL on konkreetsem mõiste, SÜSTEEM on üldisem mõiste.



Joonis 2. Üks-mitu (1:M) seos

SÜSTEEMI ja SÜSTEEMI NÄITAJA vahelises seoses SÜSTEEMI NÄITAJA (st. füüsikaline suurus / parameeter / omadus) iseloomustab täpselt ühte SÜSTEEMI, SÜSTEEMIL võib olla mitu SÜSTEEMI NÄITAJAT (võib olla ka 0 näitajat).

SÜSTEEMI NÄITAJAL on täpselt üks NÄITAJA NIMETUS, kuid sama NÄITAJA NIMETUS võib olla mitmel erineval SÜSTEEMI NÄITAJAL.



Joonis 3. Määramata seos näitab seose ebamäärasust

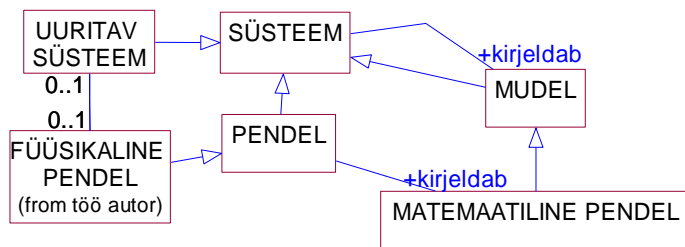
UURITAV SÜSTEEM on SÜSTEEM.

FÜÜSIKALINE PENDEL on PENDEL.

PENDEL on SÜSTEEM.

Kui kahe elemendi (mõiste / objekti) vaheline seos ei ole teada, siis saab kasutada määramata seost.

Iga FÜÜSIKALINE PENDEL ei ole alati UURITAVAKS SÜSTEEMIKS, aga mõnikord võib olla. Sellisel juhul võib kasutada nõrka 0..1:0..1 seost.



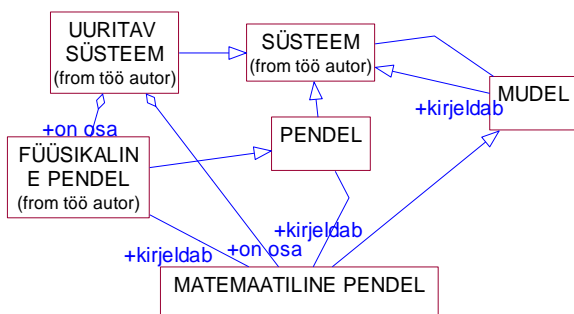
Joonis 4. Nõrk 0..1:0..1 seos

Iga FÜÜSIKALINE PENDEL ei ole alati UURITAVAKS SÜSTEEMIKS, aga mõnikord võib olla.

UURITAVAKS SÜSTEEMIKS ei ole alati FÜÜSIKALINE PENDEL, aga mõnikord võib olla.

MATEMAATLILINE PENDEL on MUDEL, mis kirjeldab SÜSTEEMI – kirjeldatavaks süsteemiks on PENDEL. MUDEL ise on samuti SÜSTEEM.

Võib-olla mõnikord uuritakse ka MATEMAATILIST PENDLIT. Sellisel juhul võib kasutada hoopis osa-terviku seost.

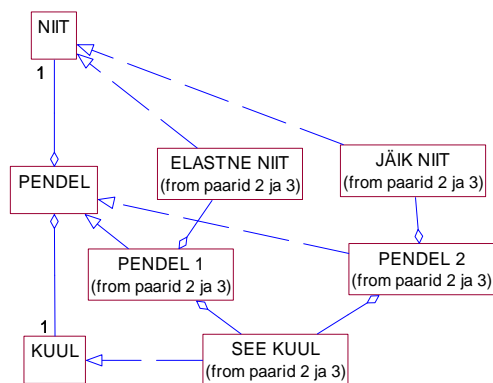


Joonis 5. Osa – terviku seos

UURITAVAKS SÜSTEEMIKS on nii FÜÜSIKALINE PENDEL kui ka MATEMAATILINE PENDEL.

UURITAV SÜSTEEM on tervikmõiste, osadeks on FÜÜSIKALINE PENDEL ja MATEMAATILINE PENDEL.

Teinekord on vaja näidata infot kahe reaalse objekti kohta. Selleks saab kasutada realiseerivat üldistusseost.



Joonis 6. Realiseeriv üldistusseos

PENDEL 1 on PENDEL.

PENDEL 2 on PENDEL.

Mõlemad, PENDEL 1 ja 2, kasutavad SEDA KUULI.

PENDEL 1 kasutab ELASTSET NIITI.

PENDEL 2 kasutab JÄIKA NIITI.

Mõisted (elemendid) on mõiste allika järgi paigutatud kaustadesse. Iga allika jaoks on omaette kaust. Kaustadeks on: Juhend, paarid 1 ja 2, paarid 2 ja 3, paarid 3 ja 4, paarid 4, töö autor. Kui mõiste allikas ei kattu skeemi allikaga (skeemi peatükiga), siis on joonisel mõiste nime all näha ka selle mõiste allika kaust. Näiteks mõisted PENDEL 1 ja PENDEL 2 ja SEE KUUL tulid välja paari 2 õpetustest paarile 3.

3.3 Joonise elementide täiendav tähistus

Ahelkatse salvestistest väljanopitud mõisted on kontseptuaalmudelid ja selle kirjelduses suurtähtedega. Ekspertide intervjuudest väljanopitud mõisted on väiketähtedega. Kui mõiste esines nii ahelkatses kui intervjuudes, siis on mõiste suurtähtedega.

Selline eristamine on subjektiivne. Eristamise abil tehakse vahet mõistetel, mis on püsivama sisuga, ja mõistetel, mille sisu on ebamäärasem ja mille sisu üle veel diskuteeritakse.

4 Ekspertide käsitus memetikast. Käsitluse tõlgendus.

Ülevaate koostamisel on intervjueritud nelja erineva valdkonna inimest:

1. Raivo Mänd, Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, Tartu Ülikooli Ökoloogia- ja Maateaduste Instituut, professor;
2. Tarmo Veskiõja, Tallinna Tehnikaülikool, Informaatikainstituut, Informaatika aluste õppetooli vanemteadur
3. Henn Voolaid, Tartu Ülikooli koolifüüsika keskuse juhataja
4. Leo Võhandu, emeriitprofessor, Tallinna Tehnikaülikool, Informaatikainstituut

Ekspertid valiti eesmärgil saada ekspertarvamusi memetikaga seotud mitmest valdkonnast. Raivo Mänd esines ökoloogina, andes ülevaate geeni ja meemi vahelistest suhetest. Leo Võhandu ja Tarmo Veskiõja esindasid evolutsiooniliste algoritmide ja süsteemianalüüsi valdkondi. Henn Voolaid, kes ühtlasi on ka lõputöö juhendaja, andis ekspertarvamuse füüsika õpetamise aspektist.

Töös on ekspertide intervjuud tähestikulises järjekorras, intervjuerimise järjekord oli erinev ja osade ekspertidega toimus mitu intervjuud. Töös on esitatud ainult väljavalitud katked intervjuudest.

Iga eksperdi intervjuu osas on vaheldumisi kaldkirjas intervjuu tsitaat, seejärel intervjuust välja nopitud mõistete kontseptuaalmudeli joonis ja selle järel joonise sisu kirjeldus lausendite abil.

Ekspertide jutus esinevad mõisted või intervjuust otseselt tuletatavad mõisted on joonistel tumedama taustaga. Jutust otseselt mitte väljatulevad mõisted on joonistel läbipaistva taustaga – need on lisatud töö autori poolt analüüsi käigus ja need mõisted seostavad erinevate intervjuude ja ahelkatse osade sisu.

Kui mõiste tekkis teises intervjuus või ahelkatse osas, või kui see mõiste lisati mudelisse teise osa analüüsi käigus, siis on selle mõiste kasti allservas andmeallikas kujul *from* AUTOR.

Mõistete nn. autoriteks on mudeli koostamise ajalises järjestuses:

Juhend, paarid 1 ja 2, paarid 2 ja 3, paarid 3 ja 4, paarid 4, töö autor, Võhandu, Voolaid, Mänd, TV.

Töö autor on mudelis *töö autor*.

Modelleerimise kooskõla tagamise üheks eelduseks on, et sama mõiste esineb mudelis ainult ühe eksemplarina. Kui mõiste on analüüsi käigus juba mudelisse lisatud, siis edaspidi kasutatakse juba mudelis olemasolevat mõistet.

4.1 Raivo Mäni käsitus

RM: arvan, et see ei ole hääbuv teema, aga see, et vahepeal loodusteadus ajakiri *Journal of Memetics* on läinud õhtule, on siiski mingisugune näitaja.

KLV: Kas ta oli ainus väljaanne?

RM: Sellenimeline väljaanne vist küll. Ma ei ole viimastel aastatel niiväga suurt huvi tundnud, aga hiljuti mul oli võimalus viibida ühel üritusel, kus memetikaga ajalugu tuli jutuks ja seal ma kuulsin, et see ajakiri on läinud õhtule. Ja põhjus on, et liiga vähe on selliseid tõsiselt asjaga tegelejaid - neid, kes tahaksid asjaga tegeleda teaduslike printsiipide valguses ja väga palju on selliseid spekulereid, kes sellisest kõditavast põnevast ideest.. kipuvad tegema põhjendamatuid järeldusi. See on niivõrd uus ja toores idee, et siin kõigepealt tuleks akumulereida faktiteadust.

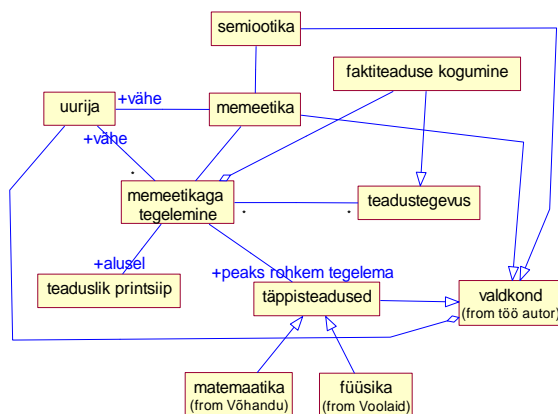
/.../

Semiootika ju teoreetiliselt on kindlasti üks valdkond, mis otse kutsutud memetikaga tegelema.

/.../

Ma arvan, et just selle memetikaga peaks rohkem just nimelt tegelema täppisteadlased: füüsikud, matemaatikud..

/.../



Joonis 7. Memeetikaga tegelemine

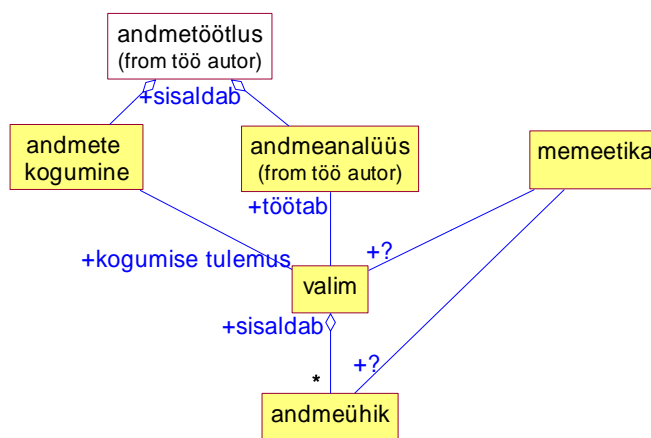
On vähe memetikaga tegelevaid uurijaid, kes võtavad aluseks teaduslikud printsiibid.

Faktiteaduse kogumine on memetikaga tegelemisel tähtis teadustegevus.

Memeetikaga peaksid rohkem tegelema täppisteadused (matemaatika, füüsika).

RM: Andmeanalüüs, see on selline andmeanalüüs eeldab, et andmed on kogutud asjatundlikult – andmeanalüüs on üks asi ja kogumine teine asi. Memeetika puhul on põhiprobleem see, et me ei tea, mis andmeid me õieti peame koguma, mis on andme ühik. Andmeanalüüs hakkab toimima siis, kui me ütleme ette, et andmeühik on see ja valim on see, mis koosneb andmeühikutest. Example koosneb example unititest. Aga me ei tea memeetikas, mis asi see unit üldse on. Vikerkaare artiklis ma kirjutasin, et ka geeni mõiste leiutati enne, kui keegi oli geene näinud või katsunud.

/.../



Joonis 8. Mis on memeetika andmeühik?

Andmetöötlus hõlmab andmete kogumist ja andmeanalüüsi.

Andmeanalüüs töötab valimi kallal, valim sisaldab andmeühikuid.

Andmeanalüüsiks peab eelnevalt valimi andmeid koguma (andmete kogumine).

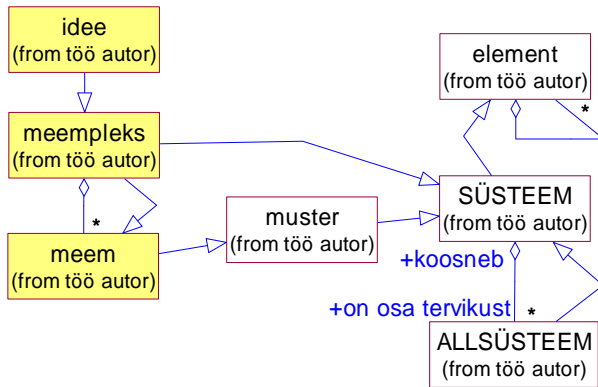
Mis on memeetikas valim?

Mis on memeetikas andmeühik?

RM: Tuleks selgeks teha, mis asi see meem on. Tihti peale, kui keegi räägib meemidest populaarses vormis, kaasaarvatud Dawkins [1976] ise, kes meemi mõiste välja pakkus, rääkis, et meemid on mingisugused ideed, mõisted, arvamused, eelarvamused, sellised asjad. Need ei ole.. /.../

Kus on meemid ise, seda ei tea keegi.

KLK: Idee on üks meemide kimp või meempleks, sealt on meeme raske (tuvastada).



Joonis 9. Idee on meempleks

Idee on meempleks. Meempleks koosneb meemidest. Meempleks võib muutuda ise meemiks. Meem on muster. Muster on SÜSTEEM. SÜSTEEM koosneb ALLSÜSTEEMIDEST.

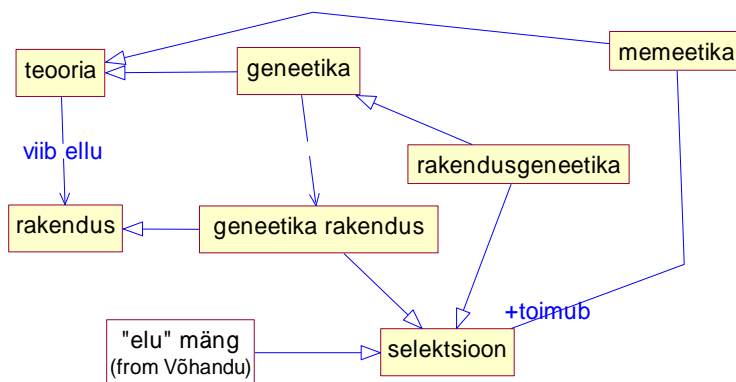
Kui meempleks ei ole ise meemiks (ja seeläbi mustriks) veel muutunud, siis on meempleks lihtsalt süsteem.

Element võib sisaldada alamelemente. SÜSTEEM on element. SÜSTEEM sisaldab alamelemente.

RM: Mis on geneetika rakendus?

Ja mis on rakendusgeneetika? - See on seleksioon. Seleksioon tegelikult toimis juba varem kui loodi geneetika. Geneetika loodi enne, kui teada saadi, mis on geen. Seleksioon oli veel varem.

Küllap on selline seleksioon, ebateadlik seleksioon toimunud kogu aeg ka meemide vallas. Teatud ideed jäävad sõelale, püsides sajandeid, aastatuhandeid.



Joonis 10. Geneetika rakenduseks on seleksioon

Rakendus viib teooriat ellu.

Geneetika on teooria. Geneetika rakendus viib ellu geneetikat. Geneetika rakendus on selektsioon.

Rakendusgeneetika on geneetika haru, rakendusgeneetika on selektsioon.

Selektsioon toimub ka memmeetika vallas.

“Elu mäng” (Game of Life) on selektsioon.

4.2 Tarmo Veskioja käsitlus

/.../

TV: Meemil on mingi struktuur ... See on võimalik ainult kindla struktuuriga. Kui struktuur ära kaob, kui see struktuur muutub, siis ka see meem muutub.

KLV: Jah, aga see on ka üks meemi põhiomadusi, ta võib muteeruda. Teatud loomutruudus on talle heaks eelduseks s.t. loomutruuduse säilitamine. Aga kui ta teaduse seisukohast väärinformatsiooni hakkab edastama, siis meemiks jääb ta ikka edasi. Ei ole nõnda, et ta lakkaks olemast meem. Aga see muster muutub, aga nüüd sõltub, kas ta muutub tundmatuseni. Ta ei tohi selle transpordi käigus ühest meelest teise meelde, või ajast aju hüppamisel, ei tohi muutuda.

TV: Kui ta muutub, siis on 2 võimalust, kas see muutunud vorm ei ole elujõuline ja sureb välja või on elujõuline ja muutus kinnistub, või toimub areng, ütleme edasine areng. Jällegi on laias laastus 2 alternatiivset seisundit, ühel juhul ta sureb välja, teisel juhul ta stabiliseerub.

KLV: Muster ei ole minu jaoks väga tuttav mõiste, seda võiks lahti rääkida natuke.

TV: (See mõiste võeti kasutusse) Arhitektuuri vallas kõigepealt, Aleksander või...

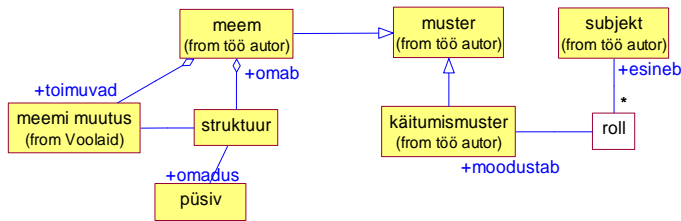
KLV: See.. ta.. Tähendab, et on mingi mustri kinnas, (mistahes asi, millel muster on kaunistav element), sellest on asi kaugel, eks ole. Aga käitumismuster võib kokku moodustada mingi rolli, näiteks.

TV: Muster on mingi üldisem mõiste võibolla kui see meem, või ma ei tea või on kattuvad mõisted.

KLV: Kus sa kohtasid seda (mustrit)?

TV: See (muster) on väga levinud mõiste tarkvara vallas. (müra) Korruga saab inimene tegeleda ainult kuni 3 asjaga, õpetamises tuleks kolm korda ühte ja sama asja erinevat moodi läbi vaadata. Inimene suudab korruga meeles hoida 7+-2 asja... See on ka mingi muster.

KLV: Kas sa tead, et neis pedagoogika õpikuis, mida ma olen näinud, sinna mustri mõiste ei ole jõudnud. Näiteks see 7+-2 on nimeliselt tähistatud selle mõiste kasutuselevõtja järgi. Ta ei ole sellise registri nagu mustrid all. Tegelikult mustrite alla käib ka see, kui õpetaja arvestab selle tüüpilise jaotusega, et kas tal on rohkem koleerikuid või flegmaatikuid klassis./.../



Joonis 11. Meem kui muster?

Muster on üldisem mõiste kui meem, või on kattuvad mõisted, või ...

Meem omab struktuuri. Meemi struktuur on püsiv. Meemiga toimuvad muutused.

Käitumismuster võib moodustada rolli. Subjekt esineb (teatud olukorras teatud) rollis.

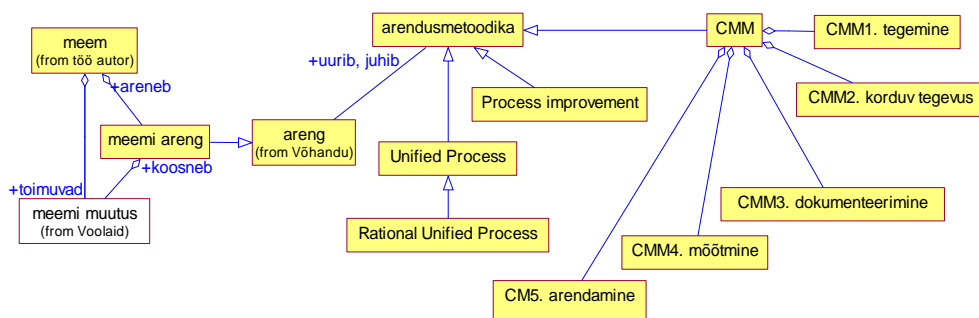
/.../

TV: Siia juurde saab lisada mingid.. või osaliselt siia juurde kuuluvad ka mingid arendusmetoodikad, arendus- ja parendusmetoodikad (CMM, PI/SPI - Process Improvement, UP - Unified Process, RUP - Rational Unified Process, jms.)

KLK: Üritame ta võimekuse ... seda küpsust eraldi ...

TV: Küpsustaseme hindamiseks: esimene tase on see, et inimene teeb midagi, järgmine tase on juba see, et ta dokumenteerib selle taseme ära...

/.../



Joonis. Meemi areng

Meem areneb. Meemi areng koosneb meemi muutustest. Arengut uurivad ja juhivad arendusmetoodikad. CMM koosneb 5 tasemest: tegemine, korduv tegevus, dokumenteerimine, mõõtmine, arendamine.

/.../

KLK: Meemil on palju definitsioone, aga keegi ei tea, milline neist see õige on. Selleks, et analüüsida, on vaja teada üksust, mida uurida.

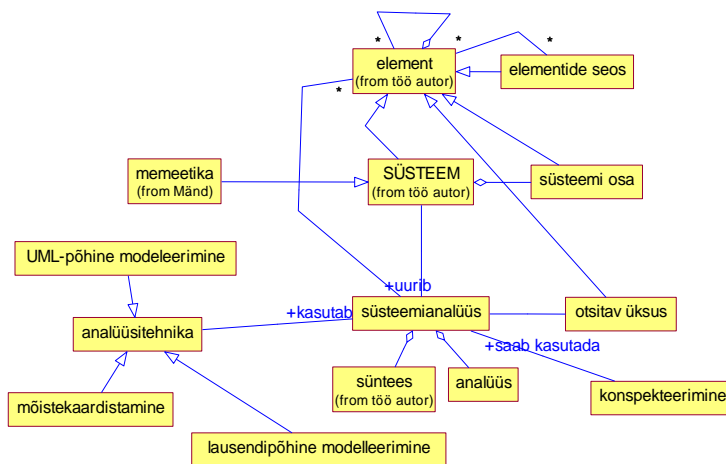
TV: Sellega tegeleb süsteemianalüüsi valdkond – nõ. kuidas süsteemile peale hüpata (tast aru saada) ilma eelteadmisteta. (Selleks) Süsteem tükeldatakse

osadeks, elementideks, leitakse seosed, struktuur – analüüs, süntees. Uuritav asi (otsitav üksus) leitakse alles analüüsi käigus, loodetavasti. Midagi ikka leitakse. Meie instituudis (TTÜ Informaatikainstituut) on infosüsteemide valdkonnas aine nimega “Kontseptuaalne süsteemianalüüs”, seal siis õpetatakse lausendipõhist modelleerimist ja graafilist UML-põhist modelleerimist, mis on sarnane mõistekaardistamise tehnikaga (concept mapping). Sellist (süsteemi-)analüüsi saab kasutada igal pool – näiteks tunnis konspekteerimiseks. Kindlasti on Tartus (TÜ) ka midagi sarnast.

KLV: Jah, just. Meil LOTEs on concept map'i kasutajad. Ja Tallinna Ülikoolis tegelevad ka mõistekaardiga.

TV: UML-i õpetatakse ilmselt tarkvara ainetes ka...

/.../



Joonis 12. Süsteemianalüüs

Memeetika on SÜSTEEM. SÜSTEEMI uurib süsteemi analüüs. Süsteem tükeldatakse süsteemi osadeks, elementideks, elementide vahelisteks seosteks. Süsteemi osa ja süsteem on ise ka elemendid. Süsteemianalüüsi abil leitakse otsitav üksus, mis on element. Süsteemianalüüs sisaldab analüüsi ja sünteesi. Süsteemianalüüsi saab kasutada konspekteerimiseks. Süsteemianalüüsis kasutatakse analüüsitehnikaid – lausendipõhine modelleerimine, mõistekaardistamine, UML-põhine modelleerimine.

/.../

TV: Neid süsteemianalüüsi tehnikaid kasutatakse väga palju tarkvara arenduses ja infosüsteemide arenduses. Programmeerimiskeel on keel ja tarkvara või (tarkvara) komponent põhinevad sellel keelel. Need on nagu

meemid – kui programmi koostama hakata, siis internetist saab terve posu komponente, mida kokku panna ja modifitseerida.

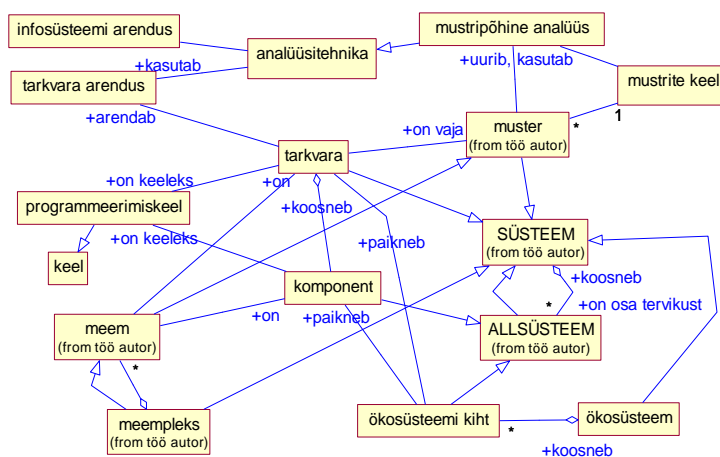
KLV: Ahah.

TV: On terve (programmide) ökosüsteem – erinevad kihid, kus tarkvara komponendid eksisteerivad. Ja siis ongi see häda, et neid komponente on nii palju, et on raske valida – esmalt on vaja välja valida mingi muster ja siis vaja mustrisse valida sobivad komponendid...

KLV: Mustrid, noh ... meemid moodustavad samuti meemplekse, mis on selline koostoimivate meemide kogum.

TV: Jah. Ja kuna tarkvara valdkond areneb nii kiiresti, (üks) põlvkond vahetub nii 3 aastaga, siis on loota, et sealt (valdkonnast) kasvab välja mingi käsitus, mis sobiks ka meemide jaoks. Hetkel on selleks muster. On veel täiesti eraldi mustrite keeled. Meil Erki Eessaar on oma töödes neid uurinud.

/.../



Joonis 13. Mustripõhine analüüs

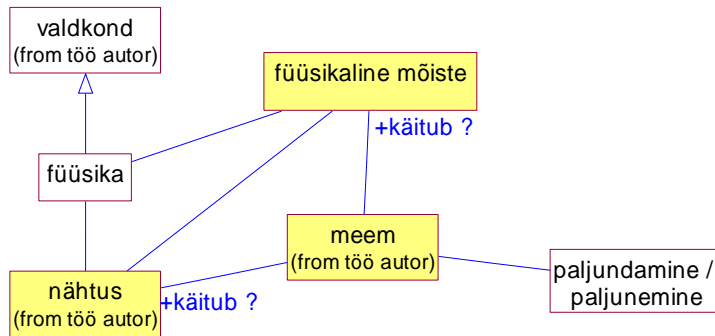
Infosüsteemi arendus ja tarkvaraarendus kasutavad analüüsitehnikaid.

Tarkvara arendus arendab tarkvara. Tarkvara koosneb komponentidest – tarkvara on SÜSTEEM, komponent on ALLSÜSTEEM. Tarkvara ja komponent põhinevad programmeerimiskeelel. Tarkvara arendamiseks on vaja mustreid. Muster kui SÜSTEEM koosneb tüüpkomponentidest. Ökosüsteem koosneb ökosüsteemi kihtidest. Tarkvara ja komponendid paiknevad ökosüsteemi kihis. Tarkvara on (nagu) meem. Komponent on (nagu) meem.

Mustripõhine analüüs uurib ja kasutab mustreid. Mustripõhine analüüs uurib ja kasutab mustrite keeli. Muster on kirjeldatud mustrite keeles.

4.3 Henn Voolaiu käsitus

KLV: Meemil peab olema replitseerimisvõime, et ta ennast suudab paljundada. Mind väga huvitab, kas füüsika valdkonnas on olemas niisuguseid mõisteid või nähtusi, mis mahuvad meemi mõiste alla – mis võiksid käituda meemina?



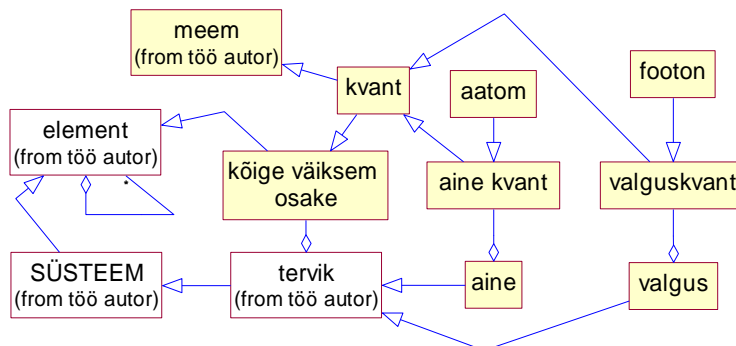
Joonis 14. Füüsikaline nähtus, mõiste

HV: Jaa, on kindlasti. Esimene, mis mul pähe tuleb, on kvant. Kvanti kasutatakse valguse korral, aga ka elementaarlaeng – kõige väiksem võimalik osakene, see on ka kvant.

Siis millest ained koosnevad: aatom on aine kvant,

Kui sa oled kvandi mõiste omandanud, siis seda saad kasutada paljudes valdkondades füüsikas.

See on niisugune mõiste, mis läheb meie meemi alla põhimõtteliselt. Selles aspektis, et ta võib ennast mitmes valdkonnas paljundada (või nii); teda kasutatakse mitut moodi.



Joonis 15. Kvant

Kvant on meem.

Kvant on kõige väiksem osake.

Tervik sisaldab (muu hulgas) kõige väiksemaid osakesi.

Aine on tervik.

Aine kvant on aine suhtes kõige väiksem osake (kvant).

Aine kvandi mõistena kasutatakse aatomit (kuid peale aatomi võidakse kasutada ka muid mõisteid).

Valguskvant, ehk foton, on valguse kõige väiksem osake.

Tervik on SÜSTEEM. SÜSTEEM on element. Kõige väiksem osake on element.

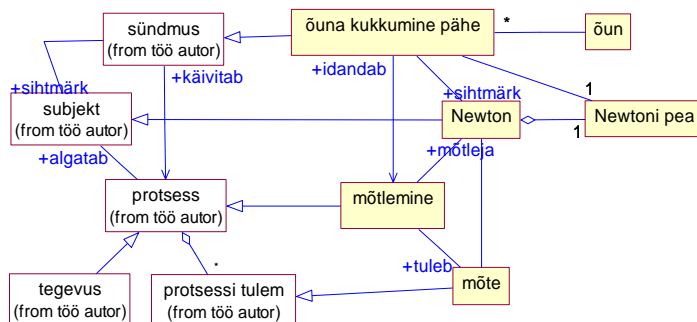
Element võib sisaldada teisi elemente.

Elementiks võib olla nii kõige väiksem osake, kui ka tervik (Unified Modeling Language, 2009, lk.64).

KLK: Koolifüüsika valdkonnas kas on lastel omavahel mingeid jutte?

HV: Kindlasti!

Newtonil kukkus õun pähe, siis hakkas mõtlema.



Joonis 16. Newtoni ja kukkuva õuna meem

Newtonil on üks pea. Õun kukub Newtoni peale.

Õuna kukkumine pähe idandab Newtoni mõtlemist (kui õun kukub maha, siis idandab õun maad).

Mõtlemise käigus tuleb Newton mõttele või mõtetele.

Newton on subjekt.

Õuna kukkumine pähe on sündmus.

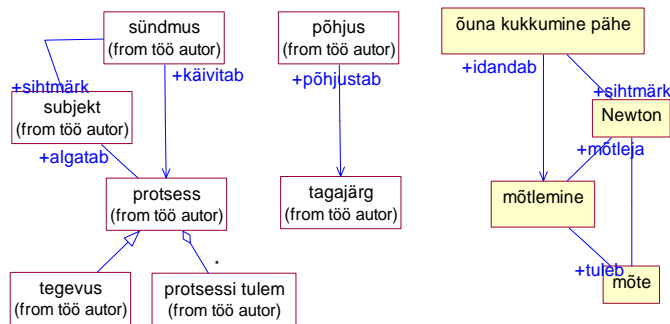
Mõtlemine on protsess (kitsamalt võib olla ka tegevus).

Mõte on protsessi tulem.

Sündmuse sihtmärgiks on subjekt.

Sündmus käivitab protsessi / subjekt algatab protsessi.

Protsess omab protsessi tulemeid.



Joonis 17. Newton ja õuna kukkumine, põhjus ja tagajärg

Parem ja vasak pool klappivad hästi kokku. Kuidagi peaks nendega sobituma ka põhjus ja tagajärg.

Mõtlemise põhjuseks on õuna kukkumine pähe – põhjus on sündmus.

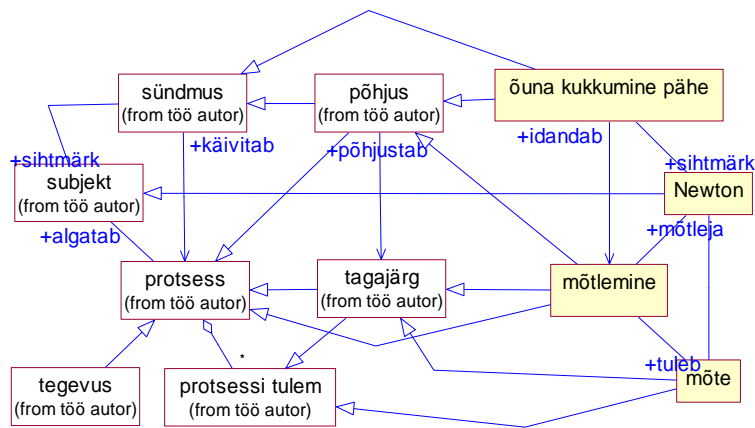
Mõtlemise põhjuseks on õuna kukkumine pähe – mõtlemine on tagajärg.

Mõtlemine on tagajärg – põhjus on sündmus, tagajärg on protsess.

Või hoopis mõte on tagajärg ja mõtlemine põhjustab mõtte?

Kui mõte on tagajärg, siis järelikult tagajärg on protsessi tulem. Kuid mis on sel juhul protsessiks? Kas kahe äärmise mustri alusel on põhjuse ja tagajärje vahelt midagi puudu? Puudu ei ole midagi – lahenduseks on objekt-orienteeritud modelleerimises kasutatav mitmese pärimise võtte (OOA, multiple inheritance). Ühese pärimise korral pärib konkreetsem objekt (näiteks lendorav) üldisema objekti (näiteks imetaja) omadused ja vajadusel täpsustab omaduste hulka (näiteks lisandub planeerimine lennuste abil). Mitmese pärimise korral pärib objekt omadusi mitmelt üldisemalt objektilt – näiteks küborg pärib nii inimese kui roboti võimed (omadused).

Ka meemi rakendamine uues valdkonnas võib tähendada seda, et uus meem pärib kahelt või enamalt olemasolevalt meemilt.



Joonis 18. Põhjuse ja tagajärje mitmene pärimine

Mõtlemine on ühelt poolt tagajärg ja protsess, teiselt poolt põhjus ja protsess.

Kui mõtlemine on tagajärg ja protsess, siis mõte on on protsessi tulem.

Kui mõtlemine on põhjus ja protsess, siis mõte on tagajärg ja protsessi tulem.

HV: Neid (laste konstrueeritud vigaseid meeme) on kindlasti palju.

Õpetajate käest võiks kätte saada nii neid häid meeme kui ka neid, mis eksitavad.

Füüsika seisukohalt on need valed või õiged. Jah, füüsika seisukohalt jah, aga meemi loomuses ongi, et temal on ükskõik. Temal on jah. Ja kui me teame, mis asi see meem on või kuidas ta ennast paljundab, siis me leiame vast niisuguse vahendi – et nendest halvadest lahti saada.

Et umbrohtu välja juurida! See ongi üks mõte, mispärast ma mõtlesin, et seda peaks uurima.

KLV: Ma kahtlustan, et neid umbrohu füüsikalisi meeme võiks olla rohkem...

HV: ..Kindlasti!

KLV: Ja nad võiksid anda idee, missugused need käibivad meemid on. See võiks olla materjaliks.

HV: Neid nii öelda umbrohu meeme (f.monokultuurne) on ROHKEM. See on loogiline, sest õiged vastused on 1, aga valesid vastuseid võib-olla kuitahes palju igal ülesandel.

Vea tekke võimalus on juba tema olemuses sees.

KLV: Püüab teha endast küll ilusa koopia..Aga, mida rohkem koopiaid tuleb, seda suurem on vea tegemise võimalus.

Arvan, et oleks huvitav uurida, kuidas see viga tekib. Simuleerida telefonimängu. Et panna ritta mingi hulk jutse. Rääkida ühele. Jälgid, mida ta teeb, et edasi anda ja kuidas need muutused toimuvad. Kas need muutused toimuvad efektiivse pakkimise suunas või toimuvad mingid asendused (muutuvad nagu magnetväli vs gravitatsiooniväli - Üks väli kõik! Võtame käega katsutavama.)

HV: Jah.

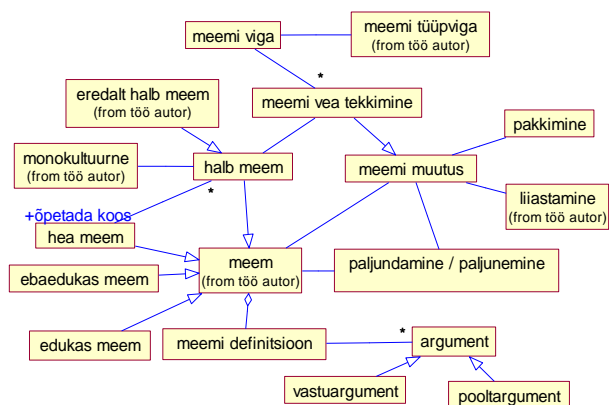
/.../

KLV: (See on analoogia õpiku näitest.) Nüüd ma küsiks pedagoogika valdkonnast, kuidas selle meemi käekäik võiks olla? Põhimõtteliselt on ta eikellegimaal, ta on sotsiobioloogia, semiootika ja kultuuriuuringute sellisel nõ. valdkondade integratsiooni alal. Kas tast oleks ilmselt kasu ka pedagoogikas? Kuidas sinu arvates teda söödavaks võiks teha? Pedagoogika pool on väga inertne seltskond. Ta peabki olema. Sinna jõuavad uuendused ajalise lõtkuga: 25 aastat on täitsa loomulik, 50 natuke kaua.

HV: Ma kujutan ette, et selleks et ta üldse jõuaks sinna pedagoogikasse või praktilisse õpetamisse, me peame kõigepealt oskama ta piisavalt konkreetset ära defineerida, et iga inimene saaks mitte väga sügavalt mõeldes sellest aru. Me praegu ei oska, vähemalt mina küll ei oska seda 1-2 lausega kirja panna, mida ma meemi all mõtlen. Ma võin küll pikalt-laialt heietada, suhteliselt pikalt-laialt, aga konkreetset, lühidat, selget definitsiooni ei ole. Kõigepealt tuleks ära piiritleda, mida me selle õpetamise kontekstis meemi all võime silmas pidada. Selleks, et sellest aru saada, peaks meil olema terve rida näiteid. Missugused on niisugused meemid, mida saaks õpetamisel kasutada. Ja peaksime oskama öelda, kuidas seda võiksime kasutada, milleks. Me küll räägime ja soovime, et hakake kasutama meeme õpetamisel, aga kui me ei tea, milleks seda vaja on, siis ei tule sellest midagi välja. Me peame jõudma sinnamaani, et oskame anda praktilisi soovitusi. Et siin ei aita miski muu moodus, kui et siin peame hakkama kasutama meeme. Ma arvan, et ainult

sellisel viisil, kui me niikaugale ükskord jõuame, et me ise saame aru ja oskame soovitusi jagada.

/.../



Joonis 19. Meemide uurimine

Meemi paljunemisega võib kaasna meemi muutus. On huvitav teada mis tüüpi või mis suunas see muutus toimub – näiteks info pakkimise suunas või info liiastamise suunas. Meemi muutustega võivad tekkida meemi vead. Info liiasuse korral saab vigu parandada, pakkimise korral enam mitte. Saab leida meemide tüüpvigu.

Halb meem on monokultuurne. Õpetada saab nii heade meemide kui eredalt halvade meemide abil. Meem omab meemi definitsiooni (või definitsioone). Erinevatel definitsioonidel on erinevad poolt- ja vastuargumendid.

4.4 Leo Võhandu käsitus

Meem on fiktiivne väljamõeldis, mida mõned tunnustavad, mõned ei tunnista.

/.../

Keeleameti juhataja väide on see, et eesti keele grammatika on selle pärast nii keeruline, et eesti keele grammatikat said üles ehitada teoreetikud nii, nagu neile meeldis ja neil ei olnud peal võõramaalaste raudrulli, mis oleks sundinud lihtsamat grammatikat tegema, lihtsamat teooriat tegema. Sest, mis asi see grammatika on? See on teooria, kuidas asju kokku panna.

/.../

On igasugu taktikaid – fonotaktika, morfotaktika, süllabotaktika – kuidas silpe kokku panna, kuidas asjad liituvad.

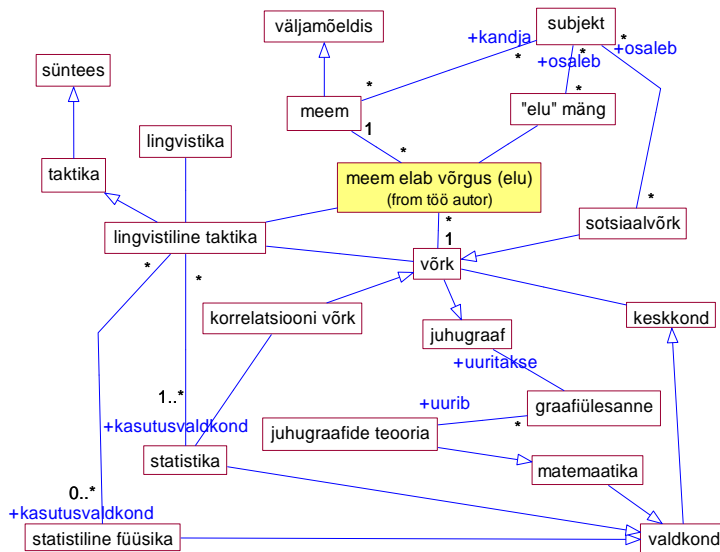
/.../

Aga konks (=trend, kirjeldus: lingv.taktikad võrkudena stat ->stat.füüs) ongi selles, et (on) sotsiaal- ja nüüd on korrelatsioonivõrgud ja statistikas on igasugused võrgud. Nüüd on järsku väga palju keeleasju ja üleüldisi lingvistilisi nähtusi ja süsteemseid uurimusi – mis varem olid statistikute ja süstemitheoretikute käes – on nüüd järsku liikunud statistilisse füüsikasse.

/.../

Mis see statistiline füüsika on? – Näe, homme saab Einasto Jaan oma elupreemia kätte. – See pole muud mitte midagi, kui maailmas liikuvad ja muutuvad ja arenevad ja emergeeruvad ja surevad ja lõhki minevad need asjad on, need ei moodusta kunagi ühtset, korralikku niiöelda kastilist, raamatukapilist või apteegikappide moodi täistaotud struktuuri. Alati umbes nii nagu on galaktikad, vahepeal on kamakad, siis on jälle pikad võred, siis on jälle praht, tolm, jne.

/.../



Joonis 20. Meem elab võrgus

Meem on väljamõeldis. Meemi kandjaks on subjekt. Meem võib ise ka subjektiks olla (muutuda). Meem elab võrgus (elu). Subjekt osaleb sotsiaalvõrgus. Meemide “elu” mängus osaleb palju meeme - palju elusid. Subjekt (meem, inimene) osaleb elu mängus. Taktika on süntees. Korrelatsioonivõrk on võrk. Lingvistilist taktikat on võimalik esitada võrguna. Korrelatsioonivõrke kasutatakse statistikas. Lingvistilise taktikaga tegeles varem statistika, uuemal ajal ka statistiline füüsika.

/.../

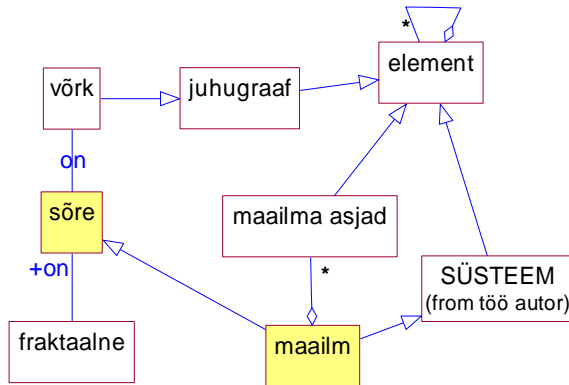
Hermann Weyl, see kuulus füüsik ja algebraist, kes kirjutas ja Einstein on kirjutanud igasugu raamatuid matemaatika imelikust efektiivsusest füüsikas, niisuguse pealkirjaga raamat on täiesti olemas. Ei pea neid lugema hakkama, aga mõte on see - tähendab, maailm on alati sõre. Kui nüüd ajakirjas Geo oli isegi pildid 10^{50} suurusega objektid taevas ja 10^{-50} , ja vahepeal tuli kosmosest alla keegi, magas Ameerikas ühe jõe ääres teki peal, siis mindi lähemale, tema nahast ikka alla poole, alla poole ja siis selgus, et 10^{50} ja 10^{-50} nägid täpselt ühesugused välja. Mingit vahet ei olnud.

/.../

Ilmub ajakiri Füüsika, /.../ Kui te sinna viskate küsimuse “social networks” näiteks, siis praktiliselt füüsika A-seeriast igas numbris on 5-6 artiklit pealkirja all “social networks” ja kogu maailma sotsiaalsuse, kõik objektid ja kõik, mis on omavahel mingil moel seotud ja kontakteeruvad ja suhtlevad on füüsikalisest aspektist kõige tavalisemad võrgud. Matemaatikas vastab

nendele juhuslike graafide teooria, seal taga on Ungari koolkond, kõvad mehed, kes on kõik ära surnud, aga nemad hakkasid matemaatika poole pealt seda teooriat (arendama). Selgus näiteks, et kõige suuremad kamakad olid tõenäosusega üks ennustatavad, muidu rehkena nii, et silm haige. Páris matemaatikas on graafi etteleidmine np -keeruline teooria.

/.../



Joonis 21. Maailm on sõre

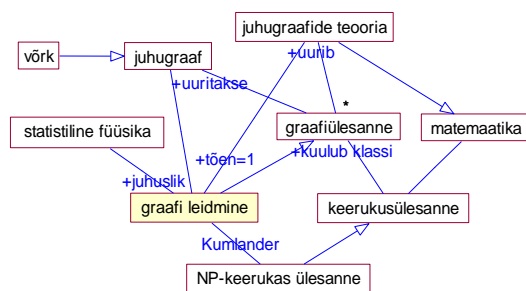
Maailm koosneb maailma asjadest. Maailm on sõre.

Vörk on juhugraaf. Sõre on vörk. Sõre on fraktaalse struktuuriga – skaala erinevatel tasemetel on struktuur sama/sarnane.

/.../

Aga füüsikud vaatavad teistmoodi, nad ütlevad, et see on juhuslik, kui on piisavalt suur maailm, siis saab täpsemalt ennustada. Ja nüüd kogu see meemide jama tegelikult nii nagu on kõik need neuro asjad, need on samasugune variant, kuidas mingid asjad tekivad, see on ükskõik, mis objektid, kõik objektid maailmas on ühtemoodi, ükskõik mida sa vaatad.

/.../



Joonis 22. Graafi leidmine

Juhugraafide teooria uurib juhugraafi graafiülesannete abil. Juhugraafide teoorias on teatud suurte graafide leidmine tõenäosusega 1. Päril matemaatikas on graafi leidmise ülesanne NP-keerukas ülesanne. Statistilise füüsika käsitluse järgi on graafi leidmine juhuslik.

Siin on palju kirjandust. Kõik nad ei ole meemidest, aga nad on sinnapoole. Üks niisugune üldine „See on moodsa teaduse 10 kõige hämmastavamad ideed“

/.../

“Meem on mõtte modelleerimise vahend” - AUSA Sulleri raamatust [Altschuller 1979].

/.../

See minu töö Voolaiuga haakus meil ühe teise doktorandi tööga, kus uuritakse nende väärmõistete kujunemist ja nii öelda seda, et kust eksitus sisse tuleb. Näiteks miks lapsed kujutavad ette, et vesi külmub +4 juures?

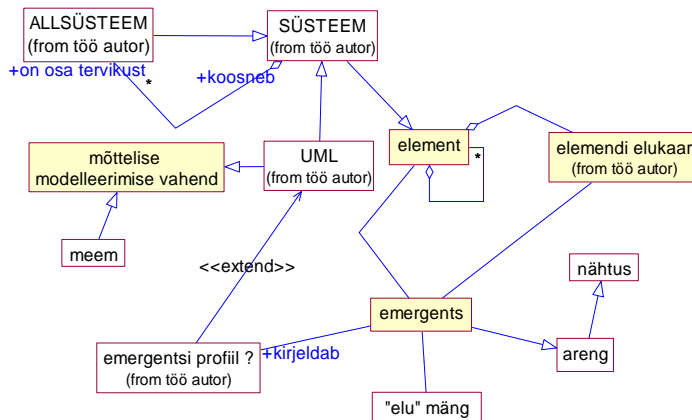
/.../

Ahah! Nojah, kuna vee temperatuur ei lähe alla, siis ta külmub, muidu läheb jääks - umbes niisugune tunne tekib. Neid füüsika eksperimendi raamatuid on mustmiljon, kus neid sees on. See on põnev teema ja tasub mängida! Ma seoks just selle sama vastuolude ja seoste taipamisega. See on kõige raskem asi, mis lastele ei istu: suhted, suhted, suhted.

/.../

See on niisugune teistmoodi mõtteviis, kui on kooliraamatutes sees, sest kooliraamatus on umbes sama häda, mis on bioloogias. Bioloogidega lahened asi lihtsalt – võeti kõik põhikooli õpikud ja leiti, et seal oli sees 2700 terminit, igasugu fakte ja siis lasti need Exceliga läbi ja ma näitasin, mismoodi saab sagedussõnastiku valmis teha, nii et pole vaja mingeid programme. Exceliga tehes (arvutati) kohe sagedused ja siis leiti, et kui pöörata faktoloogia üle protsessuaalse mudeli peale, saab hakkama 220 terminiga kogu 9 klassi osas - radikaalne muutus, sest tuleb teine mudel võtta. Nad olid ise ka sellega rahul! Teine mudel ongi bioloogiline, sest ta on evolutsiooniline, praegu on morfoloogiline. Ja väga paljud idamaa inimesed (hindud ja jaapanlased, jne) mõtlevad teistmoodi kui meie. Näiteks meil on väike koerakene krussis karvaga, kollasega, jne. täiendsõnad juurde, niipalju, kui meie arvates on pilt küllalt selge. Nemad kunagi ei anna niisugust täienduslaadiga pilti. Neil ei ole

isegi käändeid ja panevad sõnad kõrvuti karu, mets, mari ja siis ise paned lause kokku. See on jämedalt öeldes ida ja lääne erinevus. /.../



Joonis 23. Emergents

Meem on mõttelise modelleerimise vahend. Emergeeruvad asjad (nähtused) ei oma kindlat püsivat struktuuri, väikseimaks osakeseks on element. UML (Unified Modeling Language, 2009) on samuti mõttelise modelleerimise vahend. UML on süsteem, mis võimaldab modelleerida teisi süsteeme (või mudeleid). UML-i väikseimaks ja suurimaks osakeseks on element - selles mõttes element käitub fraktaalsena. UML-i tuumaks on MOF (Meta Object Facility, pikem selgitus peatüki 2 all). UML keelt saab laiendada profiilide abil, keegi võiks lisada nn. emergentsi profiili. Element elab oma elu – elemendi elukaar. Emergents tegeleb elemendi elukaarega. Elemendi elukaar modelleerib emergentsi. Emergents avaldub “elu” mängus.

5 Meemi muster

Peatükis 4 toodi ära nelja teadusnimese käsitlus memetikast, millele joonistel ja lausendites lisandus nende käsitluste töö autoripoolne laiendav tõlgendus.

Läbivateks üldistusteks meemi kohta olid: subjekt, muster, süsteem, element.

Mis on meem? Muster.

Kuidas muster areneb? Nagu meem.

Vastus küsimusele “Mis on meem?” vihjab, et küsimus on valesti esitatud.

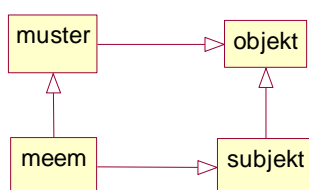
Samamoodi on vale küsida “Kuidas muster areneb?”.

Mis asi see on? Muster.

Kuidas ta areneb? Nagu meem.

Ei küsita “mis asi see tädi Maali on?”, sest tädi Maali ei ole objekt.

Samuti ei ole õige küsida “kuidas objekt areneb?”, sest objekt ei arene – seda arendatakse. Kui objekt areneb ise, siis on objektil juba subjekti tunnused ja subjektina tuleks teda ka käsitleda.



Joonis 24. Meem on muster

Meemi ja mustri vahekorras aitab aru saada subjekti ja objekti vaheline muster.

Subjekti saab käsitleda objektina – iga subjekt on objekt. Kui subjekti käsitleda objektina, siis jäävad vaatluse alt kõrvale subjekti käitumuslikud aspektid – need aspektid, mis teevad objektist subjekti (eluta asjast elusa).

Ei küsita “mis on subjekt?” – küsitakse “kes ta on”.

Ei küsita “kuidas objekt areneb?” – küsitakse, “mis on objekti seisund?” või “milline on objekti seisundimuudatus?”.

Meemi (selle sisu) saab käsitleda muustrina – iga meem on muster.

Sisu mõttes on meem kui muster, käitumise mõttes käitub meem kui subjekt.

Kui meemi käsitleda vaid muustrina, siis jäävad tavaliselt vaatluse alt kõrvale muistri arenemisega seotud aspektid.

Meemi kui muistri (objekti) uurimisel keskendutakse muistri sisule – see on nn. meemi sisemine muster.

Meemi kui subjekti uurimisel keskendutakse meemi kui subjekti arengule – see on nn. meemi välimine muster.

Mustripõhine modelleerimine keskendub muustrile kui objektile.

Memeetika keskendub meemile kui subjektile.

Mõistete käsitlemisel meemidena tuleb eristada mõiste sisu, mida saab modelleerida muustrina, ja mõiste levikut ja arengut, mida saab modelleerida meemina (subjektina).

Mõiste modelleerimise tähenduses ei ole muster midagi muud, kui mudel mis kirjeldab mõiste sisu.

Meempleksi ehk meemide süsteemi (kogumi) korral on mustrid koos kõik süsteemi komponendid – meempleks kui süsteem kirjeldab nähtust, iga meem selles kirjeldab nähtust oma külje pealt. Kui meempleksi meemid võistlevad omavahel, siis saab seda võistlemist modelleerida mingisuguse mänguteoreetilise muistri abil. Järelikult kui meempleksi käsitleda meemina, siis selles peatükis pakutud meemi muster täies ulatuses ei kehti.

Selles peatükis toodud meemi mustrit võib käsitleda ka kui meemi meemi. Toodud definitsioon muutub meemiks kui selle sisu on piisavalt täielik ja kooskõlaline ja mis eriti tähtis – seda kirjeldust on lihtne meeles pidada.

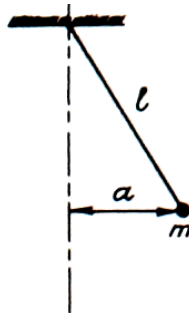
Kui toodud mustrit uurida, siis peaks vaatlema nende nelja mõiste (meem, muster, subjekt, objekt) üldist tähendust, mitte kaevuma iga mõiste sügavusse. Näiteks *subjekti* mõistest võib mitmeti aru saada – inimestel, kes tunnevad nn. osapoolte mustrit (Party Pattern), on kalduvus hakata analüüsima subjekti mõiste täpsemat sisu. Seda ei ole vaja teha – subjekt on üldine mõiste. Kõige lihtsama käsitluse kohaselt subjekt püstitab endale eesmärke ja liigub/areneb eesmärkide suunas. Objekt seda ei tee.

6 Ahelkatses kasutatud mõistete modelleerimine

Tsitaadid juhendist või paaride jutust on trepitud ja kaldkirjas. Tsitaadis sulgudes olev mõiste on jutu sisust otseselt tuletatav.

6.1 Juhendi analüüs

6.1.1 Võnkeamplituudi mõiste.



Joon. 8.1. Matemaatiline pendel.

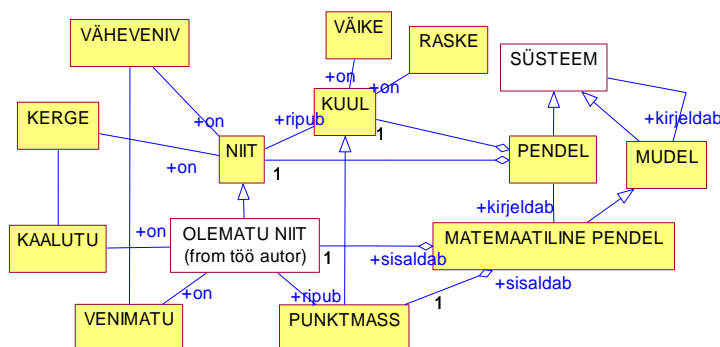


Joon. 8.2. Füüsikaline pendel.

Joonis 25. Matemaatiline pendel (juhendi Joon. 8.1) ja füüsikaline pendel (juhendi Joon. 8.2)

MATEMAATILISE PENDELI definitsioon juhendis [viide] (suurtähed ja allajoonimine on lisatud lõputöö autori poolt):

MATEMAATILINE PENDEL on kaalutu ja venimatu NIIDI otsa riputatud PUNKTMASS. See on MUDEL, mis kirjeldab kerge ja väheveniva NIIDI otsas oleva väikese raske KUULI võnkumisi.



Joonis 26. Matemaatilise pendli definitsioon

MATEMAATILINE PENDEL sisaldab OLEMATU NIIDI otsas rippuvat PUNKTMASSI. OLEMATU NIIT on NIIT, mis on KAALUTU ja VENIMATU.

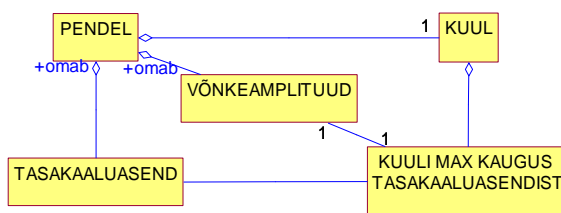
MATEMAATLILINE PENDEL on MUDEL, mis kirjeldab SÜSTEEMI – kirjeldatavaks SÜSTEEMIKS on PENDEL.

PENDEL sisaldab NIIDI otsas rippuvat KUULI.

MATEMAATILINE PENDEL kirjeldab PENDLIT, mille NIIT on KERGE ja VÄHEVENIV ja mille KUUL on VÄIKE ja RASKE.

Matemaatilise pendli VÕNKEAMPLITUUDI definitsioon juhendis [viide]:

VÕNKEAMPLITUUD a on KUULI maksimaalne kaugus TASAKAALUASENDIST (vt. joon. 25, 8.1).



Joonis 27. Võnkeamplituudi definitsioon

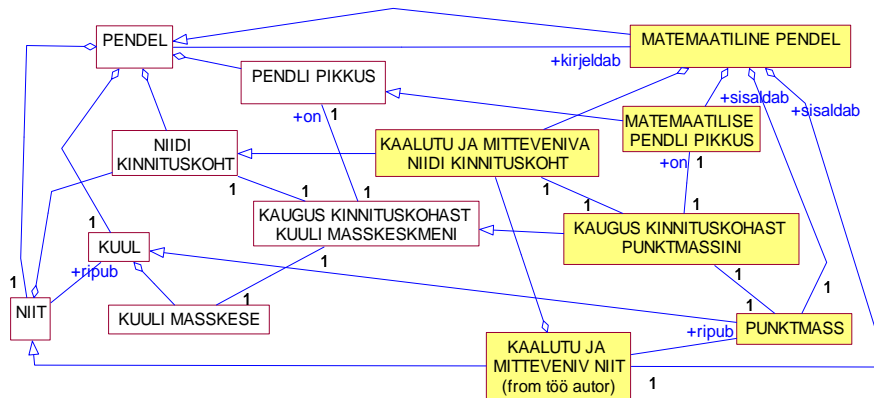
(PENDLI) VÕNKEAMPLITUUD on (PENDLI) KUULI maksimaalne kaugus TASAKAALUASENDIST.

Joonise juures on vaikumisi eeldatud, et MATEMAATILISE PENDLI võnkeamplituudi definitsioon kehtib ka PENDLI kohta.

MATEMAATILISE PENDLI PIKKUSE definitsioon juhendis [viide]:

PENDLI PIKKUS l on kaugus NIIDI kinnituskohast PUNKTMASSINI m (vt. joon. 25, 8.1).

Järgneval joonisel on taustavärvi abil eristatud PENDLI kirjeldust ja MATEMAATILISE PENDLI kirjeldust.



Joonis 28. Pendli ja matemaatilise pendli pikkus

Juhendi definitsioon viitab PENDLILE, ehkki silmas on peetud MATEMAATILIST PENDLIT.

PUNKTMASS sisaldub MATEMAATILISES PENDLIS, mitte PENDLIS.

PENDLIS sisaldub KUUL.

Ehkki NIIT on KAALUTU JA MITTEVENIVA NIIDI üldistuseks, ei saa üldise NIIDI mõistet kasutades defineerida KAUGUST KINNITUSKOHAST PUNKTMASSINI, sest PUNKTMASS sisaldub vaid MATEMAATILISES PENDLIS.

Eelpooltoodu tõttu muutub definitsiooni kirjeldav skeem juhendi definitsioonist endast märksa keerukamaks, kuid selle põhjuseks on ebatäpne ja segadust tekitada võiv definitsioon.

1:1 seos KAALUTU JA MITTEVENIVA NIIDI KINNITUSKOHA ja KAUGUS KINNITUSKOHAST PUNKTMASSINI võib olla ka 1:mitu seos, seda juhul kui KAALUTU JA MITTEVENIVA NIIDI KINNITUSKOHTA on kinnitatud mitme niidi otsa mitu punktmassi. Et juhendis kirjeldatud matemaatilisel pendlil on vaid üks niit ja selle otsas ripub üks punktmass, siis on loomulik jätta alles 1:1 seos.

Töö järgmises peatükis on võimalik jälgida, kas tudengipaaridel tekkis raskusi pendli pikkust defineerivatest mõistetest arusaamisega ja mis kuju nende arusaam võttis (sisu meemid).

Praktikumis võib lihtsustatult eeldada, et KUULI MASSKESE paikneb täpselt KUULI keskel (ehkki seda võiks kontrollida kuuli veeretamise abil). KUULI raadiuse saab leida KUULI läbimõõdust või ümbermõõdust. KUULI raadiust võib leida mitmel moel:

- nihiku abil mõõta kuuli läbimõõd, jagades 2-ga leida kuuli raadius
- tõmmata niit ümber kuuli, mõõta niidi pikkus so. kuuli ümbermõõd, sealt kuuli raadius
- märkida kuulile väike täpp, tekitada kahest pikast joonlauast (või seinast või kapist ja ühest joonlauast) kuuli jaoks kitsas renn, veeretada kuuli rennis üks või mitu ringi, nurkjoonlaua abil tuvastada veeretamise algus ja lõpp, joonlaua või mõõdulindi abil mõõta veeremistee pikkus ja sellest arvutada keskmine ringi pikkus, mis ongi kuuli ümbermõõd, millest omakorda kuuli raadius.
- Kui KUULI MASSKESE ei paikne täpselt KUULI keskel, siis saab mõõta nõõri ja nõõri küljes rippuva kuuli kogupikkust.

Ahelkatses saab jälgida, kuidas paarid leidsid pendli pikkuse (sisu meemid ja protsessi meemid).

MATEMAATILISE PENDLI VÕNKEPERIOODI definitsioon juhendis [viide]:

VÕNKEPERIOOD on AEG, mille jooksul PENDEL sooritab ühe TÄISVÕNKE.



Joonis 29. Matemaatilise pendli võnkeperiood

PENDEL võib sooritada mitu TÄISVÕNGET.

VÕNKEPERIOOD on AEG, mille jooksul PENDEL sooritab ühe TÄISVÕNKE.

FÜÜSIKALISE PENDLI definitsioon juhendis [viide]:

FÜÜSIKALINE PENDEL on suvaline KEHA, mis saab VERTIKAALTASANDIS võnkuda ümber mingi TELJE O (vt. joon. 25, 8.2).

Füüsikalise pendli definitsiooni võiks täpsustada järgmiselt:

FÜÜSIKALINE PENDEL on suvaline KEHA, mis saab pendli niidi KINNITUSPUNKTI läbivas VERTIKAALTASANDIS võnkuda ümber niidi KINNITUSPUNKTI läbivat VERTIKAALTELGE O (vt. joon. 25, 8.2).

Vertikaaltelje mõisteta võib õppijal tekkida arusaam, et telg O võib olla ka mittevertikaaltelg – näiteks kui pendli lähedale on paigutatud tugev magnet ja pendli kuul on rauast.

Juhendis toodud MATEMAATILISE PENDLI definitsioon ei täpsusta, kas võnkuv matemaatiline pendel on igiliikur, või toimub selles pendlisüsteemis energia kadu, mis lõpuks pendli seisma paneb. See küsimus võib olla oluline saamaks aru võnkeamplituudi definitsioonis toodud väljendist “kuuli maksimaalne kaugus tasakaaluasendist”. Aru tuleb saada mõistetest TASAKAALUASEND, KAUGUS ja MAKSIMAALNE KAUGUS TASAKAALUASENDIST.

Mõistest KAALUTU JA VENIMATU NIIT võib ilmselt välja lugeda, et niidile ei rakendu võnkumisel õhutakistus. Ka võnkuva PUNKTMASSI korral võib eeldada õhutakistuse puudumist. Niidi kinnituskohas pendli küljes võivad tekkida hõõrdumisjõud, ilmselt võib eeldada, et matemaatilises pendlis neid hõõrdumisjõude ei teki.

Ahelkatses saab uurida, kas ja kuidas paarid eristasid matemaatilist ja füüsikalist pendlit (sisu meem).

6.1.2 Pendli tasakaaluasend

Kui eeldada, et sarnaselt füüsikalisele pendlile võngub ka matemaatiline pendel ühes VERTIKAALTASANDIS, siis on võimalik eristada PÜSIVAT TASAKAALUASENDIT ja EBAPÜSIVAT TASAKAALUASENDIT.

PÜSIVAKS TASAKAALUASENDIKS on pendli kuuli VÕNKUMISTRAJEKTOORI ja NIIDI KINNISTUSPUNKTI läbiva VERTIKAALTELJE ristumispunkt - seal asub PENDLI KUULI VÕNKUMISTRAJEKTOORI MADALAIM PUNKT, selles punktis tasakaalustab vertikaalselt asetseva niidi kuulile mõjuv elastsusjõud kuuli raskusjõu.

EBAPÜSIVAKS TASAKAALUASENDIKS saab pidada PENDLI KUULI VÕNKUMISTRAJEKTOORI PÖÖRDEPUNKTE, kus kuuli tõusev liikumine peatub kuulile mõjuva raskusjõu mõjul ja seejärel hakkab kuul uuesti madalamale langema (tagasi püsiva tasakaalupunkti suunas).

Kui MATEMAATILINE PENDEL on IGILIIKUR, siis selline pendel on kas alati paigal PÜSIVAS TASAKAALUASENDIS, või siis võngub lõpmatult kaua kahe PÖÖRDEPUNKTI vahel ja ei jää kunagi paigale püsivasse tasakaaluasendisse. MATEMAATILISE PENDLI VÕNKEAMPLITUUDI definitsioonis on kasutatud mõlemat IGILIIKURI korral teineteist näiliselt välistavat mõistet - TASAKAALUASEND JA KUULI MAKSIMAALNE KAUGUS TASAKAALUASENDIST – see võib juhendist arusaamisel õppijat eksitada ja tekitada õpiraskusi.

Süsteemsete vastuolude korral otsib inimene tavaliselt vähimat reeglite hulka, mida kõrvaldades, lisades või muutes süsteem muutuks kooskõlaliseks. Õppija võib mõttes kahtluse alla seada näiteks vertikaaltasandis võnkumise, või siis mõttes pidada tasakaalupunktiks püsiva asemel just ebapüsivat tasakaalupunkti. Huvitaval kombel, kui pidada tasakaalupunktiks ebapüsiva tasakaalupunkti tähendust, siis jääb definitsioonile lisaks toodud joonis 25 (8.1) ikkagi samavõrra õigeks, sest püsiv tasakaalupunkt jääb täpselt võrdsele (ja seega maksimaalsele) kaugusele kahest ebapüsivast tasakaalupunktist.

Õppija võib mõttes kahtluse alla seada ka igiliikuri kehtivuse – kuid siis peab ta fantaasiat kasutades oletama, milline täiendav jõud pendlisüsteemile mõjub. Ka tekib siis täiendav raskus arusaamisel, mida tähendab “maksimaalne kaugus”, kui pendli võnkumine on sumbu – kas kaugus kuuli lahtilaskmise hetkel, või kaugus mõnest järgmisest pöördepunktist, või veel midagi kolmandat? Võnkumise vertikaaltasandi kadu tekitab jällegi probleeme TÄISVÕNKE madalaima punkti tuvastamisega, sest sellisel juhul tasakaalupunkt ei paikne elliptilisel või ebakorrapärasel võnkumistrajektoril - siis võib tekkida probleeme ka VÕNKEPERIOODI ja TÄISVÕNKE defineerimisega.

Tuleb uurida, kas tudengitel tekkis sarnaseid arusaamise raskusi.

6.1.3 Kuuli maksimaalne kaugus tasakaaluasendist

Niidi kinnituskoht, võnke pöördepunkt ja kuuli püsiv tasakaalupunkt moodustavad võrdhaarse või võrdkülgse kolmnurga.

Juhendis on kirjas, et

“VÕNKEAMPLITUUD a on KUULI maksimaalne kaugus TASAKAALUASENDIST (vt. joon. 25, 8.1)”,

mis lineaarse kauguse korral äsjadefineeritud kolmnurga peal tähistab kolmnurga alumist külge. Joonisel 25 (8.1) tähistab võnkeamplituud a äsjadefineeritud kolmnurga kõrgust, mis on tõmmatud vertikaalteljel paiknevale kolmnurga küljele – st. võnkeamplituud a on vertikaaltelje suhtes ristlõik, mitte kolmnurga alumine külge. Väikese amplituudi korral on erinevus kahe definitsiooni vahel väike, kuid ka selline väike erinevus võib mõjutada võnkeperioodi võnkeamplituudist sõltuvuse uurimist. Samuti võib kaks võistlevat definitsiooni tekitada õppijates täiendavat segadust.

Kui võtta aluseks joonis 8.1, siis täiendava kooskõla huvides peaks juhendi definitsioon olema järgmine:

VÕNKEAMPLITUUD a on KUULI maksimaalne ristlõikekaugus NIIDI KINNITUSKOHTA läbivast VERTIKAALTELJEST.

Mõistet RISTLÕIKEKAUGUS on vaja selleks, et eristada pöördepunkti sirgjoonelist kaugust vertikaalteljest (kus see kaugus on vertikaaltelje suhtes ristlõik) ja

ringjoonelist teed, mida kuul tegelikult läbib. Füüsikalise pendli korral võib õppija endale ette kujutada ka seda, et pöördepunkti ja vertikaaltelje vahel on ussiauk, mistõttu aegruumi on kõverdatud nii, et mittelineaarne tee osutub lühemaks kui lineaarne tee kahe punkti vahel (ehkki siis tekiks raskusi pendli niidi kaasaliikumise ettekujutamise) – seda eksitust saaks vältida kui matemaatilise pendli definitsiooni lisada Eukleidese geomeetria nõue.

Vastuolu amplituudi juhendi definitsiooni ja seda täiendava joonise 8.1 vahel on tõenäoliselt osaliselt põhjustatud praktilistest kaalutlustest, kuidas praktikumi lihtsamalt läbi viia. Et pendel võnkuma lasta, tuleb pendel lahti lasta pöördepunktis. Ettemääratud amplituudi korral peab pöördepunkti leidmiseks tegema katse alguses korduvaid mõõtmisi, kui kaugel on rippuv kuul püsivast tasakaalupunktist. Sama korduva mõõtmise probleem tekib ka siis, kui mõõta kuuli ristlõikelist kaugust vertikaalteljest.

Lihtsamaks lahenduseks pöördepunkti leidmisele on arvutada kolmnurga valemite abil pöördepunktist lähtuva kolmnurga kõrguse (vertikaaltelje suhtes ristlõigu) paiknemine vertikaalteljel ja seejärel kasutada nurkjoonlauda või loodi pöördepunkti leidmiseks horisontaalsirgel.

Praktikumi lihtsustamise nimel saaks õppejõud pendli vertikaalteljele (mis küll ei läbi niidi kinnituskoha ja kuuli püsivat tasakaalupunkti, vaid on selle teljega paralleelne) juba enne praktikumi märkida 5-10 kõrgust pika niidi jaoks (et uurida sõltuvust amplituudist) ja 5-10 kõrgust etteteada amplituudi korral niidi erinevate pikkuste jaoks. Ettemärkimise muudab keerukamaks kahte tüüpi kuuli kasutamine. Kui pendli vertikaalteljel on niidi kinnituskoha kõrguselt lähtuv mõõdustik, siis saaks tudengitele ette anda tabelid vajalike kõrgustega vastavalt pendli näitajatele.

Võnketrajektoori pöördepunkti leidmise võtted võivad anda omaette meeme (protsessi meemid).

6.1.4 Vönkeperiood ja täisvõnge

MATEMAATILISE PENDLI VÖNKEPERIOODI definitsioon juhendis [viide]:

VÖNKEPERIOOD on AEG, mille jooksul PENDEL sooritab ühe TÄISVÖNKE.

Allpool on toodud terve hulk võimalikke pendli TÄISVÖNKE definitsioone, millest kõik ei pruugi olla korrektsed.

Def.1

Täisvõnge on pendli kuuli kahekordne vertikaaltelje läbimine.

Def.2

Täisvõnge on 4-kordse amplituudi läbimine.

Def.3

Täisvõnge on protsess, mille alguseks on pendli kuuli pöördepunktist lahkumine ja mis lõpeb kuuli ülejärgmisesse pöördepunkti jõudmisega.

Def.4

Täisvõnge on pendli kuuli liikumistrajektoril kolme järjestikuse lokaalse miinimumpunkti vahele jääva tee läbimine.

Def 4 korral ei pea liikumistrajektor läbima vertikaaltelge, vaid võib liikuda elliptiliselt või spiraalis ümber vertikaaltelje.

Uurida, kuidas tudengite paarid vönkeperioodist ja täisvönkest aru said.

Juhend soovib (Voolaid, 1988, lk.47):

Vönkeperioodi mõõtmisel olgu täisvõngete arv vähemalt 10.

Mitme järjestikuse täisvönke koguajust ühe täisvönke keskmise arvutamisel väheneb mõõtmisvea osakaal, samas vähesel määral moonutab mõõtmistulemust vönkumise sumbumine. Ehkki vönkumise sumbumise teguri uurimist praktikumi juhend ei nõua, soovib juhend siiski otsida täiendavaid sõltuvusi. Vönkumise sumbumise sõltuvust võiks näiteks uurida erineva arvu (nt. 5, 10, 15, 20) täisvõngete abil.

Uurida kuidas tudengite paarid vönkeperioodi mõõtsid.

6.1.5 Kuuli liikumistrajektor

KUULI LIIKUMISTRAJEKTOOR on laiem mõiste kui KUULI VÕNKUMISTRAJEKTOOR.

Kui lähtuda juhendis toodud füüsilise pendli definitsioonist, siis kuul võngub edasi-tagasi ühel vertikaaltasandil. Paaride mõisted EDASI-TAGASI, SIRGJOONELISELT.

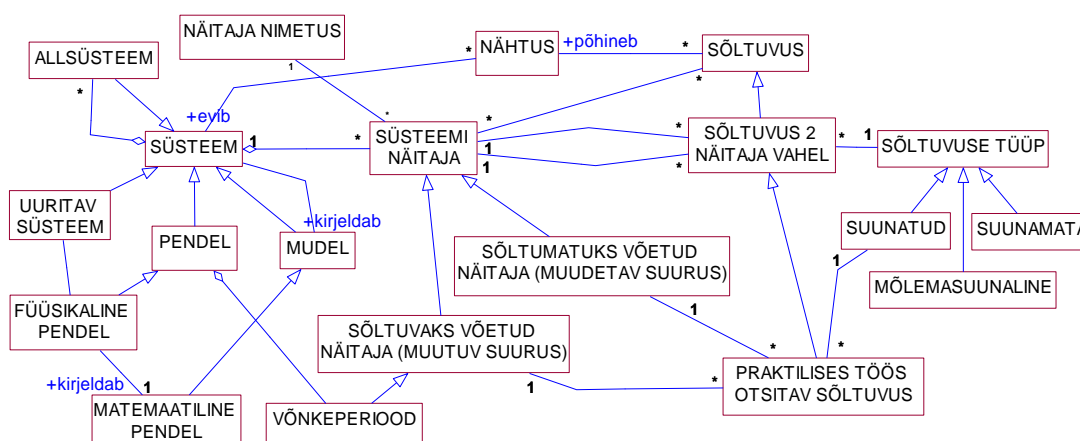
Tudengitele anti täiendav ülesanne laiendada füüsilise pendli süsteemi, andes pendli kuulile väikese täiendava algtõuke või häirituse. Sellise algtõuke korral võib kuul võnkuda elliptilisel trajektoril või ebakorrapärasel trajektoril. Paaride mõisted ELLIPTILINE, EBAKORRAPÄRANE.

Kui pendli kuulile anda tugev alghäiritus, mille suund on võnkumistasandiga risti, siis võib kuuli liikumistrajektorina tekkida püsivasse tasakaalupunkti sumbuva spiraal. Sellisel juhul ei saa täisvõnget enam tuvastada pöördepunkti või miinimumpunkti abil.

Füüsilise pendli korral võib pendli kuul liikuda ebakorrapäraselt - näiteks pendli konstruktsioon kogub ja vabastab pingeid, millele võivad lisanduda ka ebakorrapärased välised jõud.

Kuuli liikumistrajektoriga seotud võimalikud meemid: liikumistrajektoride liigitused (sisu meemid), häirituste tekitamise viisid (protsessi meemid).

6.1.6 Praktikumihendi üldistus

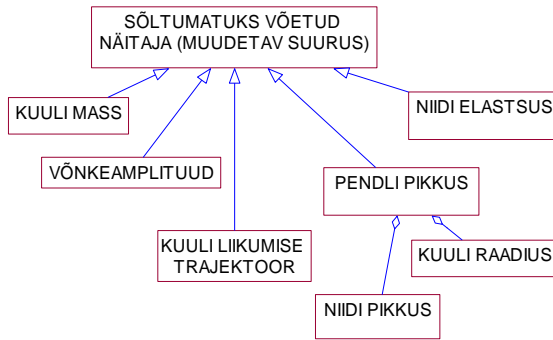


Joonis 30. Uuritav süsteem, näitajad, sõltuvus kahe näitaja vahel (juhendi põhjal)

SÜSTEEM koosneb ALLSÜSTEEMIDEST. ALLSÜSTEEM on SÜSTEEM.

PENDEL on SÜSTEEM. UURITAVaks SÜSTEEMiks on FÜÜSIKALINE PENDEL. FÜÜSIKALINE PENDEL on PENDEL. MATEMAATILINE PENDEL on MUDEL. MUDEL kirjeldab SÜSTEEMI, MUDEL on ise ka (lihtsustatud / üldistatud) SÜSTEEM.

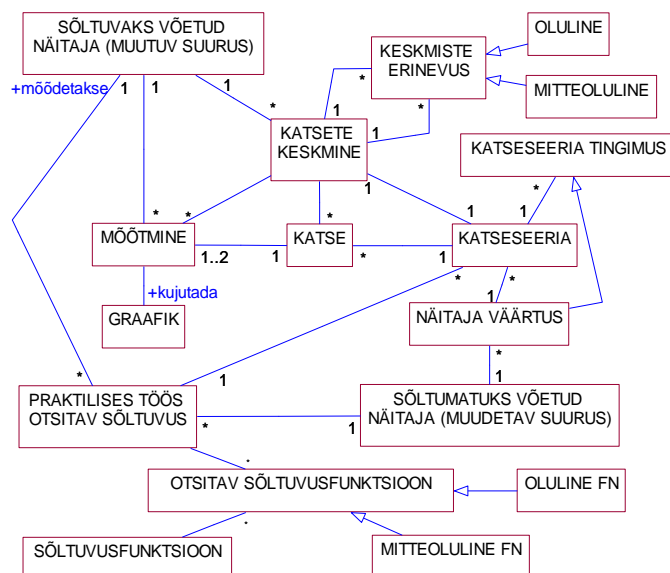
SÜSTEEMI NÄITAJA (st. füüsikaline suurus / parameeter / omadus) iseloomustab ühte SÜSTEEMI, SÜSTEEMIL võib olla mitu SÜSTEEMI NÄITAJAT. Samanimeline NÄITAJA võib iseloomustada mitut SÜSTEEMI. SÜSTEEMI NÄITAJATE vahel otsitakse SÕLTUVUSI. Praktilises töös otsitakse vaid SUUNATUD sõltuvusi, suunamata ja mõlemasuunalisi sõltuvusi ei otsita - PRAKTILISES TÖÖS OTSITAVA SÕLTUVUSE SÕLTUVUSE TÜÜBIKS on SUUNATUD sõltuvus. Praktilises töös otsitakse sõltuvusi vaid paarikaupa tunnuste vahel (SÕLTUVUS 2 NÄITAJA VAHEL) – SÕLTUVAKS VÕETUD NÄITAJA ehk MUUTUV SUURUS ja SÕLTUMATUKS VÕETUD NÄITAJA ehk MUUDETAV SUURUS. Praktilises töös on SÕLTUVAKS VÕETUD NÄITAJAKS võetud PENDLI VÕNKEPERIOOD. SÕLTUVUS 2 NÄITAJA VAHEL on SÕLTUVUS, SÕLTUVUS võib esineda ka enam kui kahe SÜSTEEMI NÄITAJA vahel. SÕLTUVUS kirjeldab SÜSTEEMI mingit NÄHTUST, ühte NÄHTUST võib kirjeldada mitu SÕLTUVUST.



Joonis 31. Sõltumatuks võetud näitajad/ tunnused/ suurused.

Tööülesandeks on välja selgitada, kas niidi otsa riputatud kuuli (pendli) võnkeperiood oleneb KUULI MASSIST, PENDLI PIKKUSEST, NIIDI ELASTSUSEST, VÕNKEAMPLITUUDIST, KUULI LIIKUMISE TRAJEKTOORIST.

PENDLI PIKKUS on lihtsustatult niidi pikkus + kuuli raadius.



Joonis 32. Sõltuvuste otsimine katsete ja mõõtmiste abil.

PRAKTILISES TÖÖS OTSITAVAJD SÕLTUVUSI otsitakse KATSESEERIAATE abil. KATSESEERIA koosneb ühest või mitmest KATSEST. KATSESEERIAAT iseloomustavad KATSESEERIA TINGIMUSED. KATSESEERIA aluseks on SÕLTUMATUKS VÕETUD NÄITAJA valitud NÄITAJA VÄÄRTUS, mis on üheks KATSE TINGIMUSEKS. Samade KATSESEERIA TINGIMUSTEGA võidakse KATSET teha mitu korda. KATSE KORRAL toimub SÕLTUVAKS VÕETUD NÄITAJA väärtuse MÕÕTMINE. Ühe KATSE tulemust võib MÕÕTA ka mitu korda, nt. tudengipaari mõlemad tudengid mõõdavad tulemust eraldi. MÕÕTMISTE alusel arvutatakse välja (SÕLTUVAKS VÕETUD NÄITAJA) KATSETE KESKMINE, mis on sisuliselt KATSESEERIA keskmine. Kui viia läbi KATSEID SÕLTUMATUKS VÕETUD NÄITAJA kahe erineva NÄITAJA VÄÄRTUSEGA, siis saab hinnata KESKMISTE ERINEVUSI – kas keskmised erinevad OLULISELT või MITTEOLULISELT. Lihtsaimal juhul, kui mõlema NÄITAJA VÄÄRTUSEGA on vaid üks MÕÕTMINE, siis saab võrrelda kahe MÕÕTMISE tulemuste erinevusi.

Kui kahe NÄITAJA VÄÄRTUSE alusel on leitud oluline sõltuvus, siis tuleb leida OTSITAV SÕLTUVUSFUNKTSIOON, mis kõige paremini sõltuvust kirjeldab. Tuleb hinnata, kas valitud OTSITAV SÕLTUVUSFUNKTSIOON on oluline (OLULINE FN) või mitteoluline (MITTEOLULINE FN). Erinevat tüüpi SÕLTUVUSFUNKTSIOONE, millede seast otsida, võib olla mitu (sirge, ruutfunksioon, astmefunksioon, jt.).

Ahelkatses saab uurida paaride poolt kasutatavaid mustreid SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUSE, KATSESEERIA, KATSE, MÕÕTMISE, KATSETE keskmistamise kohta järgmisi meeme:

- a) 10 täisvõnke keskmine
- b) 8-10 eri väärtusega mõõtmine
- c) kordusmõõtmiste katseseeria keskmine (3-5)

6.2 Paari 1 õpetused paarile 2.

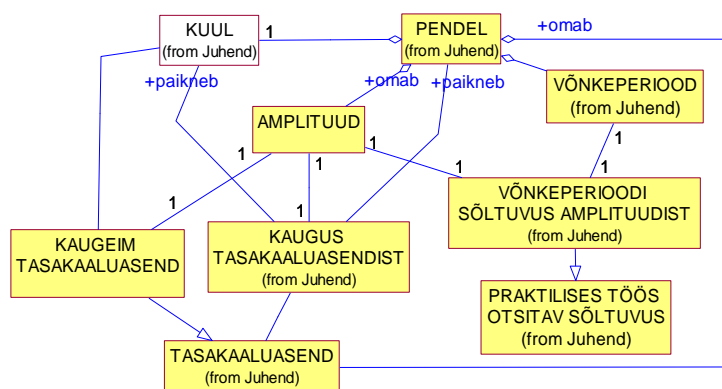
Tööülesanne on siis välja selgitada, kas PENDLI sellest.. AMPLITUUDIST EHK (KUULI) KAUGEMAST TASAKAALUASENDIST sõltub pendli tee...

[otsib sõna]

...VÕNKEPERIOOD.

Jah, võnkeperiood.

Vist oli niimoodi, et amplituud - kaugus tasakaaluasendist.



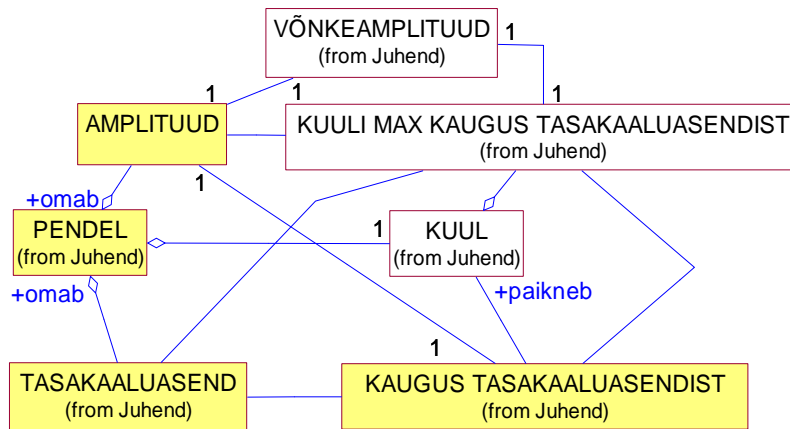
Joonis 33. Esimese paari õpetus 1: võnkeperioodi sõltuvus amplituudist.

KUUL on PENDLI osa. KAUGEIM TASAKAALUASEND ja KAUGUS TASAKAALUASENDIST iseloomustavad PENDLI KUULI. PENDLI KUUL paikneb teatud KAUGUSEL TASAKAALUASENDIST.

Juhendi mõiste VÕNKEAMPLITUUD asemel kasutab paar 1 mõistet AMPLITUUD, millele paar 1 annab kolm konkureerivat tähendust: (KUULI) KAUGEIM TASAKAALUASEND, (KUULI) KAUGUS TASAKAALUASENDIST ja MAKSIMAALNE KAUGUS TASAKAALUASENDIST– esimesel juhul peetakse tasakaaluasendiks kõiki PÖÖRDEPUNKTE, kus kuul kasvõi ajutiselt peatub (st. kus erinevad kuulile mõjuvad jõud tasakaalustuvad), teisel juhul peetakse tasakaaluasendiks asendit või asendeid kuhu kuuli liikumine sumbub (ja matemaatilise pendli korral lõplikult peatub). Erinevaid kuulile (ja pendlile) mõjuvaid jõude ja nende koosmõju (sh. tasakaalustamist) ei ole antud töös eraldi mõistetena modelleeritud.

Seejärel võttis paar 1 üle tööülesande juhendis oleva amplituudi definitsiooni (ehk tähenduse).

AMPLITUUD on (PENDLI, täpsemalt pendli KUULI) KAUGUS TASAKAALUASENDIST.



Joonis 34. Esimese paari õpetus 2: amplituudi tähendus

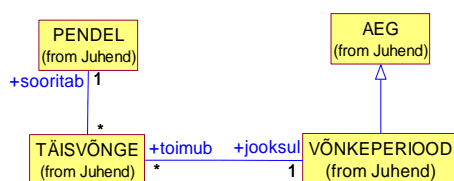
Juhendi definitsioon oli järgmine:

VÕNKEAMPLITUUD a on KUULI MAKSIMAALNE KAUGUS TASAKAALUASENDIST.

Järgmisena sõnastas paar 1 võnkeperioodi tähenduse:

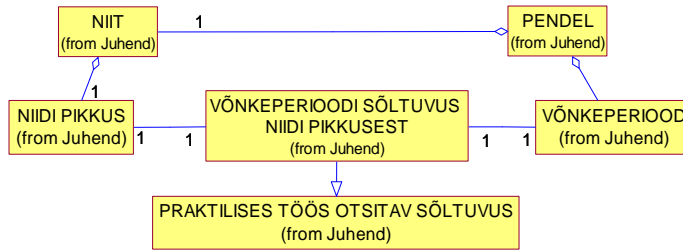
VÕNKEPERIOOD on AEG, mille jooksul PENDEL sooritab ühe TÄISVÕNKE.

Esimene rühm kasutab siin juhendi definitsiooni.



Joonis 35. Esimese paari õpetus 3: võnkeperioodi tähendus

Teine eesmärk on välja selgitada, kas NIIDI PIKKUSEST, mille otsas PENDEL ripub, sõltub PENDLI VÕNKEPERIOOD.



Joonis 36. Esimese paari õpetus 4: võnkeperioodi sõltuvus niidi pikkusest

Siin ei kasutanud esimene paar mõistet PENDLI PIKKUS.

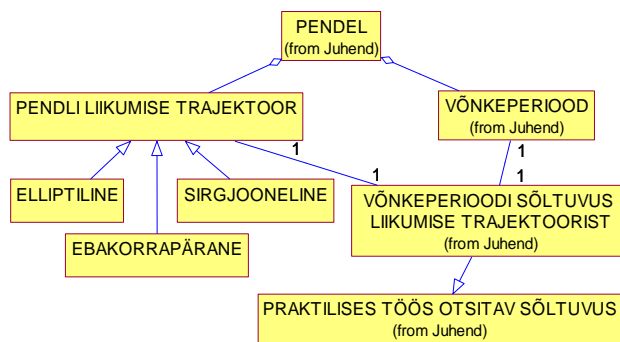
Paberkujul juhendis viidatakse sõltuvusele NIIDI PIKKUSEST, praktikumi juhendaja kasutas mõistet PENDLI PIKKUS.

(Uurida) kas PENDLI LIIKUMISE TRAJEKTOORIST sõltub PENDLI VÕNKEPERIOOD või ei sõltu. Põhimõtteliselt tuleb seda mõõta erinevatel (PENDLI) LIIKUMISTRAJEKTOORIDEL.

.. jah, et kas ta liigub SIRGJOONELISELT või ta liigub ELLIPSI kujuliselt..

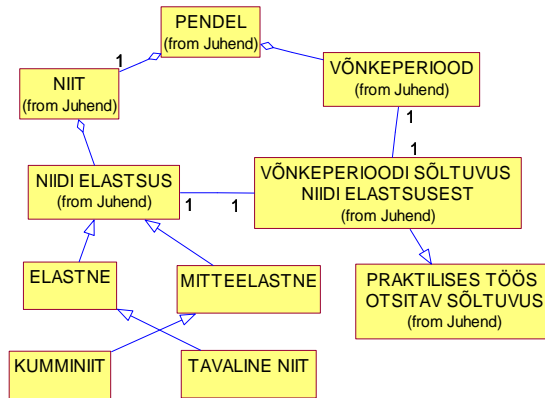
..EBAKORRAPÄRASELT.

Tuleb natuke segada korrapärast liikumist.



Joonis 37. Esimese paari õpetus 5: võnkeperioodi sõltuvus pendli liikumise trajektooriga

Ja siis on kaks NIITI. Üks on siis ELASTNE niit. TAVALINE NIIT. Ja teine on MITTEELASTNE. KUMMINIIT. See oli mõõta kahe erineva niidi puhul, kas (PENDLI VÕNKEPERIOOD) sõltub NIIDI ELASTSUSEST.

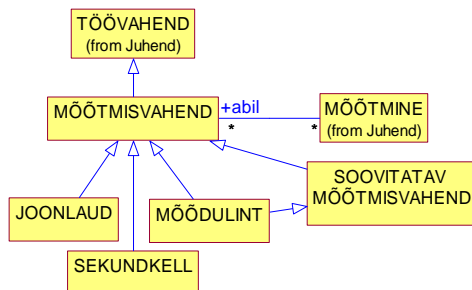


Joonis 38. Esimese paari õpetus 6: võnkeperioodi sõltuvus niidi elastsusest

Paar 1 ajab kogemata segamini elastse ja mitteelastse niidi.

Paari 1 selgitust modelleerides ei ole siin vajalik kahte pendli realisatsiooni näidata, sest täiendavat lisainfot nende kahe pendli sarnasuste või erinevuste kohta paar 1 ei anna.

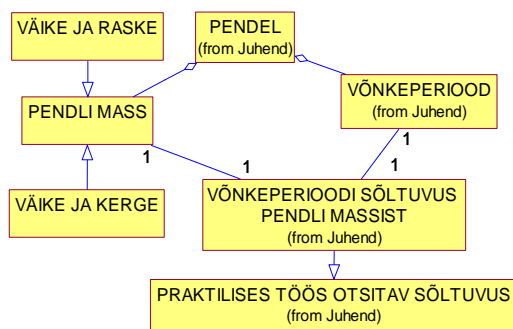
(MÕÕTMISE teostamisel) MÕÕTMISVAHENDITEKS on SEKUNKKELLAD, MÕÕDULINT ja JOONLAUAD. Ma soovitan mõõdulinti (SOOVITATAV MÕÕTMISVAHEND).



Joonis 39. Esimese paari õpetus 7: mõõtmisvahendid.

MÕÕTMISVAHENDI abil toimub MÕÕTMINE. Ühel MÕÕTMISEL võib tekkida vajadus kasutada mitut MÕÕTEVAHENDIT (amplituudi ja ajaperioodi mõõtmiseks). Ühe MÕÕTEVAHENDI abil saab teostada mitut MÕÕTMIST. Paar 1 kasutab mõistet MÕÕTMISVAHEND, juhend kasutab laiemat mõistet TÖÖVAHEND.

Samuti on kaks erinevat PENDLIT: üks on raske pendel, (VÄIKE JA RASKE pendel). Ja teine on KERGE JA VÄIKE. Et kas PENDLI MASSIST sõltub (PENDLI) VÕNKEPERIOOD või ei sõltu.



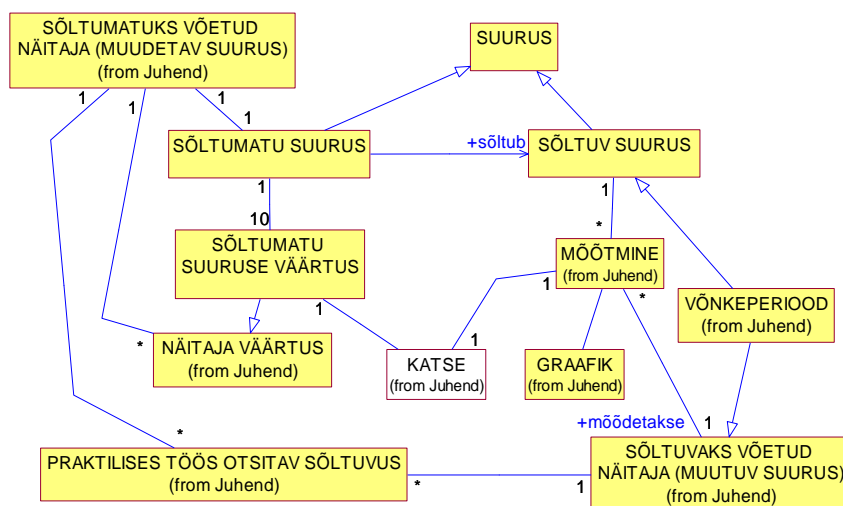
Joonis 40. Esimese paari õpetus 8: vönkeperioodi sõltuvus pendli massist.

Paar 1 kasutab mõistet PENDLI MASS, juhend kasutab mõistet KUULI MASS.

Paari 1 selgitust modelleerides ei ole siin vajalik kahte pendli realisatsiooni näidata, sest täiendavat lisainfot nende kahe pendli sarnasuste või erinevuste kohta paar 1 ei anna.

Ja lõpuks siis ilmneb mingi seos (PRAKTILISES TÖÖS OTSITAV SÕLTUVUS osutub oluliseks, ehkki sõltuvusfunktsioon on veel teadmata), et millest siis ikkagi see VÕNKEPERIOOD sõltub. Siis tuleb teha selle suuruse (SÕLTUMATU SUURUSE) kohta 10 MÕÕTMIST. Seda suurust (SÕLTUMATUT SUURUST) tuleb siis muuta niimoodi, et suurus (SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUS) erineks 10 korral.

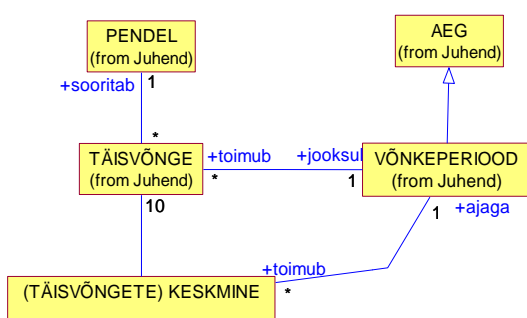
Et seda (sõltuva ja sõltumatu suuruse väärtuspaare) saaks GRAAFIKUNA kujutada.



Joonis 41. Esimese paari õpetus 9: vönkeperioodi mõõtmine sõltumatu suuruse kümne erineva väärtuse korral

Paari 1 seletuses on MÕÕTMINE ja KATSE samase tähendusega. Skeemidel on need mõisted lahus, sest ühes paaridest mõõtsid katse tulemust samaaegselt mõlemad paarilised (ja võtsid sealt keskmise). KATSESEERIA mõistet (st. katsete keskmise arvutamise vajadust) edasi ei anta.

Nagu Karin ütles, ühe VÕNKEPERIOODI mõõtmine on ebatäpne, et tuleb lasta PENDLIL teha 10 TÄISVÕNGET. Selle aega mõõta. Ja siis lihtsalt jagate kümneaga (st. leiate (TÄISVÕNGETE) KESKMISE). Saate siis selle (AJA-)perioodi (VÕNKEPERIOODI).

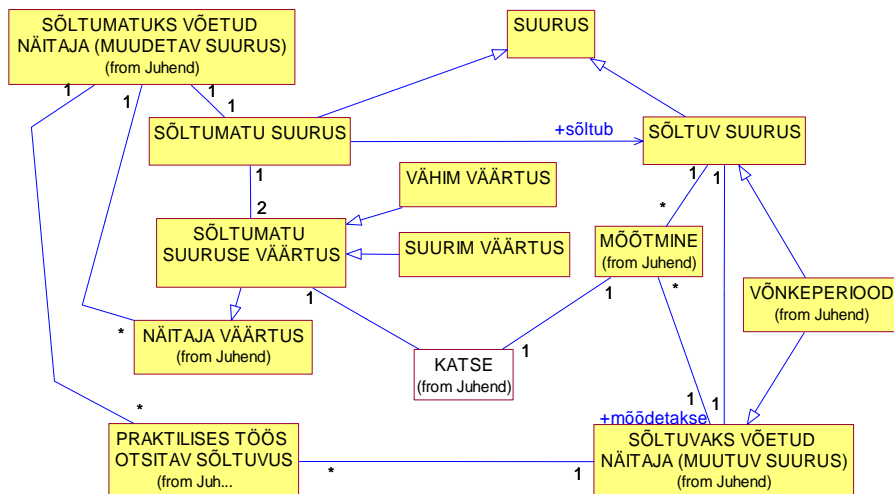


Joonis 42. Esimese paari õpetus 9: vönkeperioodi mõõtmine kümne täisvönke pealt

Soovitused: et need vaatlusalused (SÕLTUMATUD SUURUSED) mass, elastsus ja muud asjad erineksid algul esmastel MÕÕTMISTEL palju, siis tuleb see ilmselgemalt välja.

Jah, et kas esineb sõltuvus (PRAKTILISES TÖÖS OTSITAV SÕLTUVUS) või ei esine. Alguses võtta hästi kontrastsed (väärtused: SUURIM VÄÄRTUS ja VÄHIM VÄÄRTUS).

Juhul, kui sõltuvus esineb, siis tuleb kontrollida, kas ta ikka esineb kümnel korral (vt. Esimese paari õpetus 8: vönkeperioodi mõõtmine sõltumatu suuruse kümne erineva väärtuse korral).



Joonis 43. Esimese paari õpetus 10: mõõtmine kahe äärmusliku väärtusega

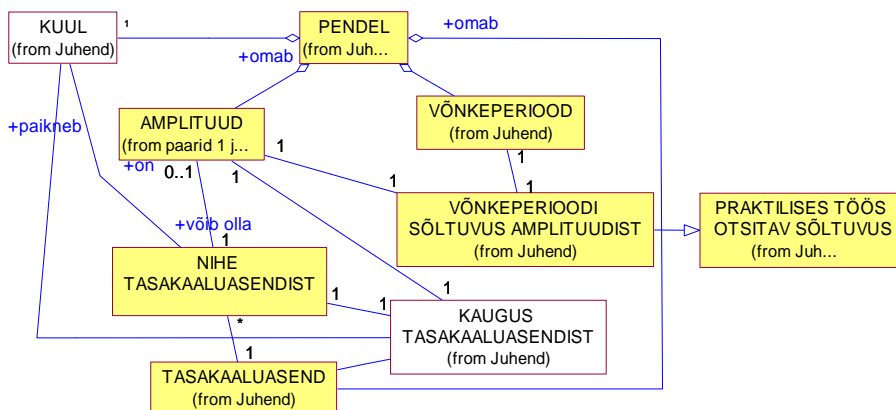
Paar 1 ei maini KATSESEERIA kasutamist KATSETE KESKMISE arutamiseks.
 Kahe äärmusliku väärtusega MÕÕTMISI ei pea eraldi GRAAFIKULE kandma.

6.3 Paari 2 õpetused paarile 3.

Nii, et te uurite siis, sellest, millest VÕNKEPERIOOD sõltub. Et viis asja on siis näha.

Esimene on, et kas sõltub AMPLITUUDIST (VÕNKEPERIOODI SÕLTUVUS AMPLITUUDIST),

AMPLITUUD on siis (KUULI) NIHE TASAKAALUASENDIST.

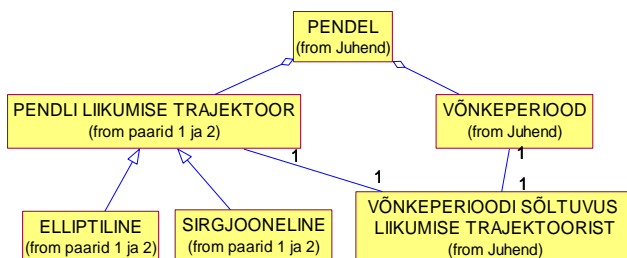


Joonis 44. Teise paari õpetus 1: vönkeperioodi sõltuvus amplituudist

Teine paar kasutab mõistet (PENDLI KUULI) NIHE TASAKAALUASENDIST, mille sisu ilmselt kattub esimese paari mõistega KAUGUS TASAKAALUASENDIST.

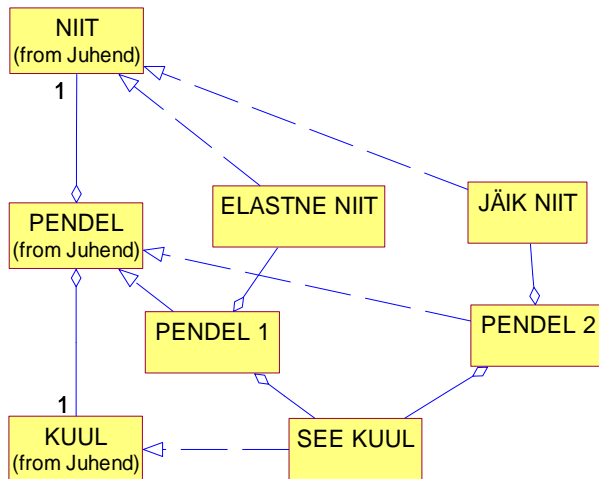
PENDLI trajektoori (PENDLI LIIKUMISE TRAJEKTOORI) uurite, et siis üks on SIRGJOONELINE ja teine ellips (ELLIPTILINE).

.. annate käega nagu, et ta ei võngu nagu sirgjoonelisel.



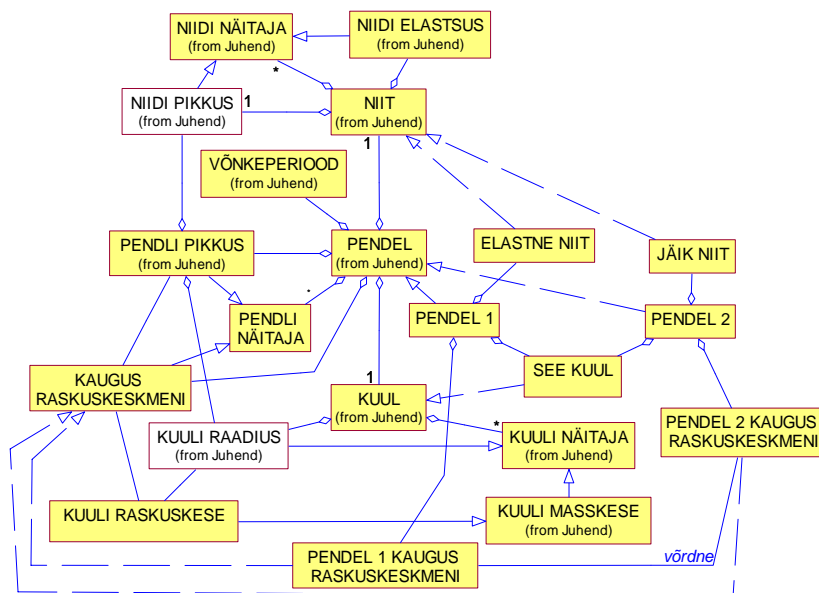
Joonis 45. Teise paari õpetus 2: vönkeperioodi sõltuvus pendli liikumise trajektoorist

Paar 2 ei maini ebakorrapärast trajektoori, mida mainis paar 1.



Joonis 46. Elastse ja jäiga niidiga pendlid, mis kasutavad ühte ja (seda) sama kuuli

Kolmas on siis NIIDI ELASTSUS, et kaks NIITI on. Üks on venivam (ELASTNE NIIT), teine on jäigem (JÄIK NIIT). Ja siis kui te võtate selle erineva NIIDI, siis vaadake, - kui see KUUL otsas on - et pikkused oleks ühesugused. Raskuskeskmeni (KUULI RASKUSKESE) siis mõõtke. Jah raskuskeskmeni(KAUGUS RASKUSKESKMENI).



Joonis 47. Teise paari õpetus 3: võnkeperioodi sõltuvus niidi elastsusest

On olemas PENDLI realisatsioonid PENDEL1 ja PENDEL 2.

Mõlemad, PENDEL 1 ja PENDEL 2, kasutavad KUULI realisatiooni SEE KUUL.

PENDEL 1 kasutab ELASTSET NIITI. PENDEL 2 kasutab JÄIKA NIITI.

Paar 2 kasutab mõistet KUULI RASKUSKESE, mis ilmselt on samaväärne juhendi mõistega KUUL MASSKESE. PENDLI PIKKUS on KAUGUS (KUULI) RASKUSKESKMENI. Kaugused PENDLITE 1 ja 2 raskuskeskmeteni peavad olema võrdsed.

Niidi elastsusest sõltuvuse kontekstis ei maini paar 2 mõisteid NIIDI PIKKUS ja KUULI RAADIUS.

Neljandaks on siis PENDLI MASS. Kaks erinevat kuulikest on seal. Üks on kerge ja teine raske. Massil on teile tuttav m tähis.

Ja viimane on siis NIIDI PIKKUS. Et te hakkate siis niidi pikkust muutma. Selleks on teil MÕÕDULINT või siis JOONLAUD – kumba ise tahate kasutada.

Enamus asju tehke selle raske kuuliga.

Ja põhimõõtmised raskema kuuliga.

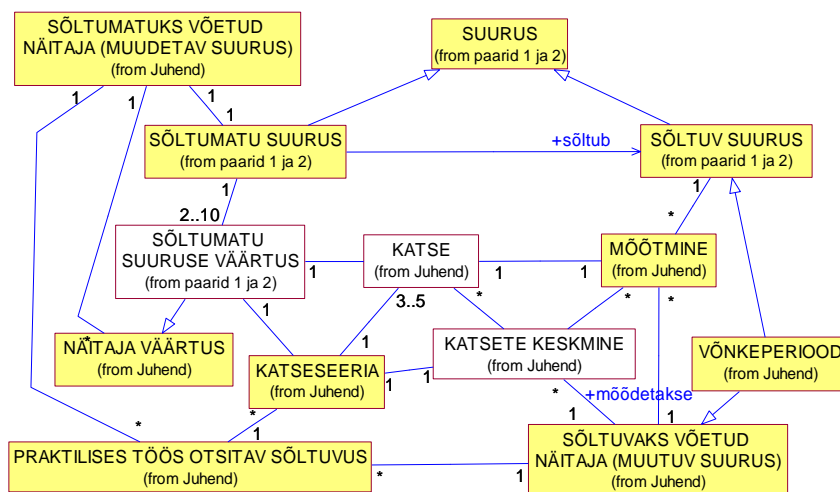
Teise paari õpetused 4 ja 5 pendli massi ja niidi pikkuse sõltuvuse kohta kopeerivad esimese paari õpetust, seetõttu pole neid jooniseid siin ära toodud.

Ja siis selle, mille olete välja valinud, selle kohta teete kümme MÕÕTMIST. Ja mitu seeriat (KATSESEERIA), soovitavalt kolm või viis. Me tegime alguses ühe seeria ja tekkisid pärast probleemid.

Histogrammi hakkame joonistama või?

Ei-ei.

Kui te tahate teha täpseid MÕÕTMISI, siis tuleb teha kümme VÕNKEPERIOODI. Jagada kümnega, üks ju. – jagada kümnega, et saada ühe. – Jah.



Joonis 48. Teise paari õpetus 6: 10 mõõtmist 10 erineva väärtusega, 3..5 katset katseseerias

Teha (SÕLTUVA SUURUSE) MÕÕTMISED SÕLTUMATU SUURUSE 10 erineva väärtuse alusel (SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUS). Ühe SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUSE alusel teha KATSESEERIA. Ühes KATSESEERIAS teha 3..5 KATSET, mille pealt arvutada (KATSESEERIA) KATSETE KESKMINE.

Paar 2 ei maini täpselt, mille alusel peab tegema 10 MÕÕTMIST (SÕLTUMATU SUURUSE 10 erineva väärtuse alusel).

Paari 2 seletuses on MÕÕTMINE ja KATSE samase tähendusega. Skeemidel on need mõisted lahus, sest ühes paaridest mõõtsid katse tulemust samaaegselt mõlemad paarilised (ja võtsid sealt keskmise).

KATSETE KESKMISE arvutamist paar 2 otseselt ei maini, mainib vaid 10 täisvõnke keskmise arvutamist – seetõttu on oht, et paaril 3 jääb KATSETE KESKMISE arvutamise viis ja vajadus segaseks.

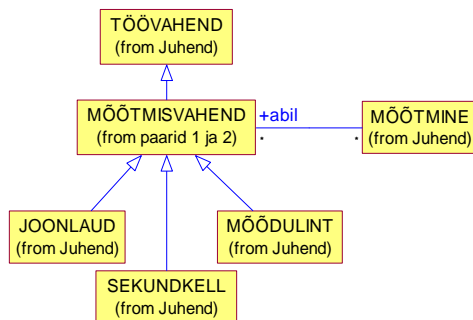
Selleks on teil MÕÕDULINT või siis JOONLAUD – kumba ise tahate kasutada.

...

A kell (SEKUNDKELL)?

See käib siis niimoodi, et siit läheb tööle. Ja siit seisma ja siit nulli.

Parempoolsest paned käima ja seisma ja vasakpoolsest nullid.



Joonis 49. Töövahendid

Skeem on esimese rühma skeemiga üldiselt sama, teine rühm ei anna soovitusi.

Teise paari õpetus täisvõngete keskmise arvutamise kohta kopeerib esimest rühma.

Pärastpoole, kui olete (MÕÕTMISED) ära mõõtnud, keskmised (täisvõngete? katseseeria keskmised?) väljaarvutanud, siis peate GRAAFIKU tegema: XY-SÕLTUVUSGRAAFIK. Vaatad, mis millest sõltub (PRAKTILISES TÖÖS OTSITAV SÕLTUVUS, mis osutus OLULISEKS) ja siis, vastavalt, mis te sinna kannate. Võimalikult SIRGEKS tuleb see saada pärast – võite mõlemad (sõltumatu ja sõltuva suuruse) ära LOGARITMIDA või piisab, kui te ühe (neist) ära logaritmitate. Seda vaatate, et kas jääb sirgem, või ei jää. – nii et teil jääks SIRGE lõpuks, et kui selgub, et on KAAR,

...

Et kui KAAR saada, siis selleks, et see .. siis peategi vastavalt sellele, kas ühtesid või teisi andmeid LOGARITMIDA – Ma ei saa öelda, ma ütlen ära, mis asi see on. (naer) Lõpuks peaks olema siis see.

Võib olla me teame, mida LOGARITMIDA.

Et kohe tasub mõlemad logaritmid välja arvutada, siis läheb nagu kiiremini.

Mis mõlemad? [kõned kattuvad täiesti.]

Aa, et x logaritm, ja y logaritm ja siis kannan alles tabelisse või?

Kõigepealt kannad need andmed, mis sa leiad MÕÕTMISTE käigus. Ja kui sa oled ära kandnud, siis sa näed, et ei ole SIRGE. Ja siis LOGARITMID mõlemad andmed ära, siis läheb selles mõttes kiiremini, ..

Kas x-de tulemused ja y-tulemused?

Jah. Siis jätad nagu y-telje samaks, x omad võtad logaritmitud – siis kannad nad nagu koos. Siis vaatad, kas läheb asi paremaks või ei lähe. Ja kui ei lähe, siis võtad vastupidi.

Aga mis ma siis enam logaritmin, kui mul asjad graafiku peal juba on?

Siis sul on vaja vaata see saada sirge tõusud ja selle.

Aa, k1 ja k2. See on lahe ju.

Jah.

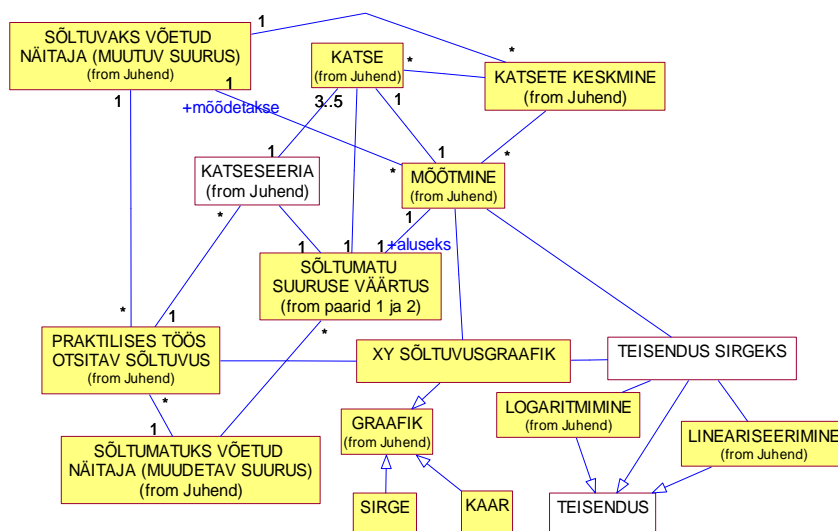
Aga kui sul on mingi selline joon, siis sa ei saa niimoodi. Sul on SIRGET vaja. Selleks ongi see LOGARITMIMISE matemaatiline abivahend.

Aa, ma sain aru. Logaritmi peame arvutama või?

Just nimelt.

Väga hea.

Kui te GRAAFIKUT joonistate, siis arvestage sellega, andmed võivad tulla ka negatiivsed.



Joonis 50. Teise paari XY sõltuvusgraafik

MÕÕTMISE andmete alusel tuleb koostada XY SÕLTUVUSGRAAFIK.

XY SÕLTUVUSGRAAFIK koostatakse PRAKTILISES TÖÖS OTSITAVAS SÕLTUVUSES SÕLTUVAKS VÕETUD NÄITAJA ja SÕLTUMATUKS VÕETUD

NÄITAJA vahel. Kasutatakse KATSESEERIA KATSETE MÕÕTMISE andmeid. GRAAFIK võib olla kas SIRGE, või KAAR. Vajalik võib olla XY SÕLTUVUSGRAAFIKU TEISENDUS SIRGEKS. LOGARITMIMINE ja LINEARISEERIMINE on TEISENDUSED. TEISENDUS SIRGEKS on seotud LINEARISEERIMISEGA ja võib olla seotud LOGARITMIMISEGA.

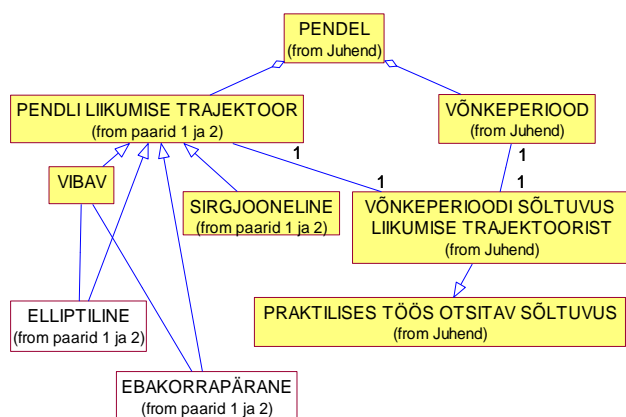
6.4 Paari 3 õpetused paarile 4.

Ja, ja siis te peate uurima, kas see sõltub AMPLITUUDIST; ..

Sellest PENDLI.. (4. paar kirjutab märkmeid) Jõudsid jah?

(Sõltuvus) Pendli trajektoori (PENDLI LIIKUMISE TRAJEKTOOR) muutumisest; ..

See on siis: pane niimoodi vibama (VIBAV trajektoori). Lükka jõnks sisse.



Joonis 51. Paar 3, pendli liikumise trajektoori

Paar 3 kasutab VIBAVA trajektoori mõistet. Mõiste VIBAV (trajektoori) seos paari 1 kasutatud mõistetega ELLIPTILINE ja EBAKORRAPÄRANE jääb lahtiseks. Paar 3 sai paari 2 käest vaid mõiste ELLIPTILINE.

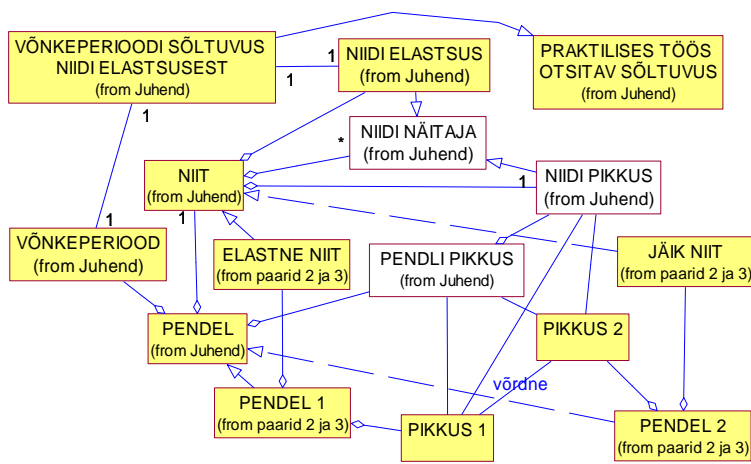
Siis (sõltuvus) NIIDI ELASTSUSEST.

Siis peate kaks korda tegema, et veniva (ELASTNE NIIT) ja mitte-veniva niidiga (JÄIK NIIT), ja siis pikkused (PENDLI 1 PIKKUS 1 ja PENDLI 2 PIKKUS 2) peavad kindlasti samad olema. [hoida konstantsena]

Veniv on siin, keritud siia statiivi peale. Ja see niiöelda mitteveniv on praegu lahtiselt.

Pikkused peavad samad olema. [const]

Jah.



Joonis 52. Paar 3, sõltuvus niidi elastsusest

Paar 3 ei maini pikkuse juures KUULI RAADIUST ega KUULI RASKUSKESET. Pikkuse sisu jääb segaseks, oletada võib (määramata) seost NIIDI PIKKUSEGA ja/või PENDLI PIKKUSEGA.

Nii ja kui te nagu ära .. Kui te leiate, millest sõltub (PRAKTILISES TÖÖS OTSITAV SÕLTUVUS, mis on OLULINE), on ju. Siis te peate tegema rohkem MÕÕTMISI. Näiteks 10 MÕÕTMIST. Või noh. Et ikka rohkem neid MÕÕTMISI oleks, on ju.

-Mhmh.

Ja siis nende alusel peate tegema SÕLTUVUSGRAAFIKU.

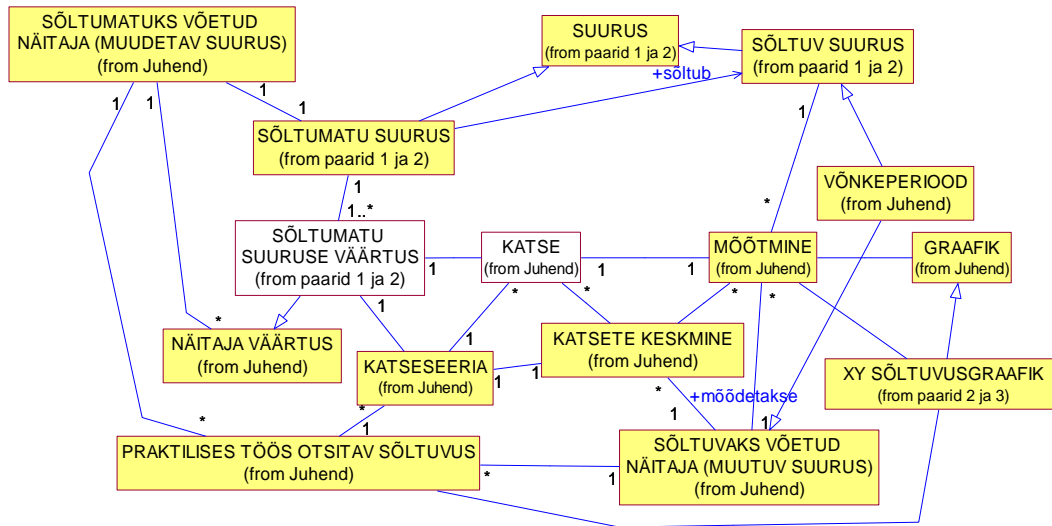
XY- SÕLTUVUSGRAAFIKU

-Oi, see oli..

-Aga ühe MÕÕTMISE?

Jah, et selles mõttes jah, et te teete mitu MÕÕTMIST ja leiate keskmised nagu (arvatav viide KATSESEERIALE ja KATSETE KESKMISELE).

-Aga kuidas see üks MÕÕTMINE välja näeb, seda ei ole veel öelnud. (Paus)
 Et, et mitu võnget (TÄISVÕNGE?)?
 Aa, jah, kümme võnget (TÄISVÕNGE?) nagu lasete korraga, siis sellest
 arvutate ühe võnke aja.

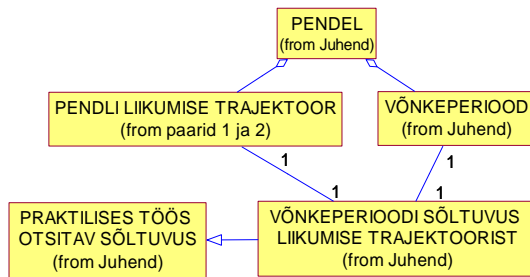


Joonis 53. Paar 3, katseseeria, katsed, mõõtmised, graafik

Paar 3 sõnastas 10 SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUSE kasutamise ebamääraselt, seetõttu on joonisel mitmuseks märgitud 1..*. Samuti pakub paar 3 KATSESEERIA KATSETE mahuks “mitu”.

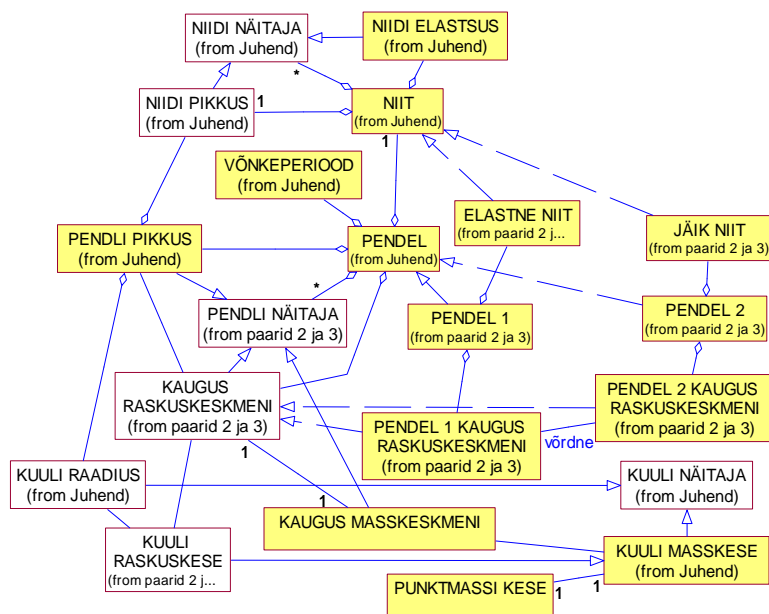
Võib vaid oletada, et skeem kajastab paari 3 edastatud arusaama SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUSE, KATSESEERIA, KATSE, MÕÕTMISE, KATSETE KESKMISE osas õigesti.

6.5 Paari 4 õpetused praktikumi läbiviijale (õpetamise simulatsioon).



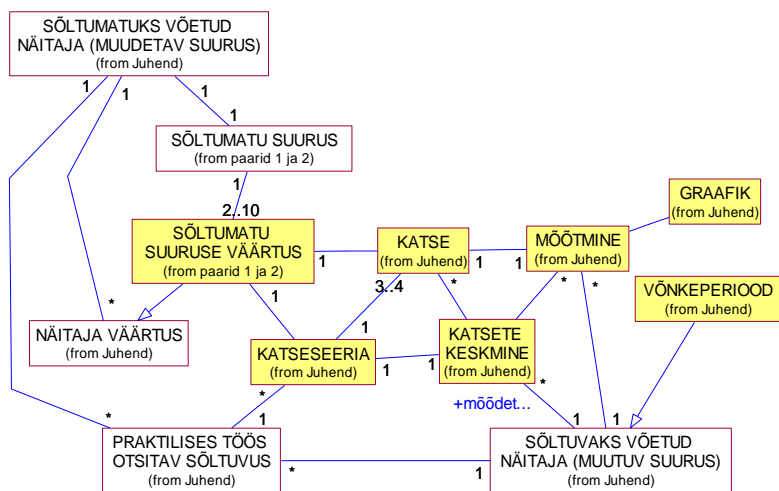
Joonis 54. Paar 4, sõltuvus liikumise trajektoorist

Paar 4 ei maini trajektoori erinevaid tüüpe (VIBAV, ELLIPTILINE; EBAKORRAPÄRANE, jms.).



Joonis 55. Paar 4, sõltuvus niidi elastsusest

Paar 4 jõudis praktikumi läbiviija abil (mainis raskuskeset pendli pikkuse arvutamiseks) mõisteni KAUGUS MASSKESKMENI. Paar 4 kasutas matemaatilise pendli kirjeldamisel mõistet PUNKTMASSI KESE – ehkki punktmassi (meelde)tuletamine on märkimisväärne saavutus, on punktmassi keskme mõiste kasutamine siiski eksitav, sest punktmassist ongi olemas ainult keskpunkt ehk kese.



Joonis 56. Paar 4, 2 kuni 10 väärtust, 3..4 katsega katseseeria

Paari 4 õpetus mõõtmiste ja katsete kohta sarnaneb paari 2 õpetusele. KATSESEERIA mahuks pakub paar 4 kolm kuni 4 KATSET.

7 Ahelkatset läbivate meemide / muustrite analüüs.

7.1 Võnkeamplituudi mõiste meem.

Võnkeamplituudi mõiste kandus edasi ahelkatse lõpuni, kuid paaride 3 ja 4 õpetustes oli võnkeamplituudi definitsioon puudulik, segane või mitmeti mõistetav.

7.2 Pendli tasakaaluasend

Pendli tasakaaluasendi definitsioon jääb lahtiseks nii juhendis kui ka paaride õpetustes. Ainult paar 2 murrab selle üle pead, teised saavad hakkama definitsiooni kasutamata.

7.3 Kuuli liikumistrajektor

KUULI LIIKUMISTRAJEKTOOR on laiem mõiste kui KUULI VÕNKUMISTRAJEKTOOR.

Kui lähtuda juhendis toodud füüsikalise pendli definitsioonist, siis kuul võngub edasi-tagasi ühel vertikaaltasandil. Paaride mõisted EDASI-TAGASI, SIRGJOONELISELT.

Tudengitele anti täiendav ülesanne laiendada füüsikalise pendli süsteemi, andes pendli kuulile väikese täiendava algtõuke või häirituse. Sellise algtõuke korral võib kuul võnkuda elliptilisel trajektoril või ebakorrapärasel trajektoril. Paaride mõisted ELLIPTILINE, EBAKORRAPÄRANE (vibav).

Kui pendli kuulile anda tugev alghäiritus, mille suund on võnkumistasandiga risti, siis võib kuuli liikumistrajektorina tekkida püsivasse tasakaalupunkti sumbuva spiraal. Sellisel juhul ei saa täisvõnget enam tuvastada pöördepunkti või miinimumpunkti abil. Samas ahelkatses kasutatud pendli konstruktsioon sellist spiraalset liikumistrajektoori ei võimaldanud.

Füüsikalise pendli korral võib pendli kuul liikuda ebakorrapäraselt - näiteks pendli konstruktsioon kogub ja vabastab pingeid, millele võivad lisanduda ka ebakorrapärased välised jõud.

Tudengitele anti uurida võnkumisperioodi sõltuvust kuuli trajektooriga. Teine paar unustas ära ebakorrapärase trajektoori nii katses kui õpetuses. Kolmas paar uuris ja õpetas nii elliptilist kui ebakorrapärasest trajektooriga. Neljas paar küll uuris elliptilist ja ebakorrapärasest trajektooriga, kuid ei andnud õpetust edasi.

7.4 Võnkeperiood ja täisvõnge.

Võnkeperioodi definitsioon kandub juhendist edasi vigadeta, kuid juhendi definitsioon põhineb täisvõnke definitsioonil, mis on juhendis lahtikirjutamata. Paar 1 annab täisvõnke õige definitsiooni edasi, teised paarid katses kasutavad õiget definitsiooni, kuid ei anna seda õpetuses edasi.

7.5 Katse. Katseseeria. Võnkeperioodi mõõtmine. Keskmistamine.

Lineariseerimine.

Üheks huvitavaks paaride käigus muutuvaks mustriks on SÕLTUMATU SUURUSE VÄÄRTUSE, KATSESEERIA, KATSE, VÕNKEPERIOODI MÕÕTMISE, KATSETE KESKMISE vahelised seosed.

Kordusmõõtmiste katseseeria keskmise arvutamise meem võib sisaldada erinevaid variatsioone:

- a) kahe äärmusliku väärtusega tehakse 3-5 katseline katseseeria, vaadatakse kas äärmuslike väärtuste alusel leitud tulemuste vahemikud kattuvad või mitte (sedasi paarid käitusidki)
- b) kahe äärmusliku väärtusega tehakse 3-5 katseline katseseeria, kahe tulemuste hulga keskmiste erinevust hinnatakse t-testi abil – enamuse antud aine tudengeid ei ole õppekava järgi varem t-testi õppinud
- c) 10 väärtusega tehakse 3-5 katseline katseseeria, arvutatakse iga väärtuse katseseeria aritmeetiline keskmine (levinud käitumine)
- d) 10 väärtusega tehakse 3-5 katseline katseseeria, arvutatakse iga väärtuse katseseeria aritmeetiline keskmine, vajadusel jäetakse keskmise arvutamisel välja ilmselt vigane mõõtmistulemus (levinud käitumine)
- e) 10 väärtusega tehakse 3-5 katseline katseseeria, arvutatakse iga väärtuse katseseeria mediaankeskmine

f) 10 väärtusega tehakse 3-5 katseline katseseeria, arvutatakse iga väärtuse katseseeria mediaankeskmise, vajadusel jäetakse keskmise arvutamisel välja ilmselt vigane mõõtmistulemus

1. paar ei maininud KATSESEERIAID ega KATSETE KESKMISTE arvutamist, kuid mainis 10 täisvõnke kasutamist võnkeperioodi keskmise arvutamiseks ja mainis sõltumatu suuruse 2 äärmusliku väärtusega ja hiljem 10 erineva väärtusega seosefunktsiooni otsimist:

- 10 täisvõnke keskmise meem,
- 10 eri väärtusega mõõtmise meem,
- 2 äärmusliku väärtuse soovitus meem.

2. paar mainis MÕÕTMISI ja KATSESEERIAID (mahuga 3 või 5), mainis ka keskmisi:

- 10 täisvõnke keskmise meem,
- 10 eri väärtusega mõõtmise meem,
- katseseeria keskmise meem (3 või 5),
- 2 äärmusliku väärtuse soovitus meemi ei maininud.
- Teine paar soovitas põhimõõtmised teha raske kuuliga, esimene paar seda teisele paarile ei soovitanud – allikaks on praktikumi juhendaja.

3. paari seletuses on olemas KATSETE KESKMISED, aga nende arvutamine jääb segaseks. KATSESEERIAID mahuks on “mitu”, ebamääraseks jäetakse ka SÕLTUMATU TUNNUSE VÄÄRTUSTE arv (10 või mitu või nii palju et piisav).

- 10 täisvõnke keskmise meem
- 10 eri väärtusega mõõtmise meem *
- katseseeria keskmise meem (mitu)
- 2 äärmusliku väärtuse soovitus meemi ei maininud,
- raskema kuuli soovitus meemi ei mainitud.

4. paar on jälle kindel kümne SÕLTUMATU TUNNUSE VÄÄRTUSE vajaduses, KATSESEERIA mahuks soovitatakse 3 kuni 4 KATSET.

- 10 täisvõnke keskmise meem – neljas paar sai meemist aru ja kasutas, aga ei andnud õpetust edasi

- 10 eri väärtusega mõõtmise meem – juhendaja kinnitus paarile 4 tugevdas meemi,
- katseseeria keskmise meem (3-4)
- 2 (äärmusliku) väärtuse soovitus meem – tekkis iseeneslikult analoogia põhjal, ka praktikumi helisalvestises ei ole selle tekkimise kohta midagi
- raskema kuuli soovitus meem – allikaks oli praktikumi juhendaja.

7.6 Meemide areng läbi ahelkatse

Tabel 1. Meemide areng läbi ahelkatse

Meem	Juhend	1p-2p	2p-3p	3p-4p	4p-juh
Erisus matemaatilise ja füüsikalise pendli vahel	+	-	-	-	-
10 täisvõnke keskmine	+	J+	+	+	+/-
8-10 eri väärtusega mõõtmine	+	+*	+*	+	+J
kordusmõõtmiste katseseeria keskmine (3-5)	+	+J-	J+	+*	+
2 (äärmusliku) väärtuse soovitus	+	+	-	-	+
raskema kuuli soovitus	-	-	J+	-	J+
Pika niidi soovitus	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Pendli pikkus= Niidi pikkus + kuuli raadius	+	+/-	J+	+/-	J+
Pendli tasakaaluasendi definitsioon	-	-	?-	-	-
Kuuli kaugus tasakaaluasendist	+	-+	-+	-+	-+
Kuuli ristlõikeline kaugus vertikaalteljest	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Sõltuvus elliptilisest trajektoorist	+	+	+	+	+/-?
Sõltuvus ebakorrapärasest trajektoorist	+	+	-	+	+/-?
Täisvõnke definitsioon	-	+	+/-?	+/-?	+/-?
Võnkeperioodi definitsioon	+	+	+	+	+
Amplituudi definitsioon	+	+	+	+/-?	+/-?

+ meem olemas

- meem puudu

J+ meem olemas tänu praktikumi juhendajale

+J meem olemas, praktikumi juhendaja kordas meemi

- + - paar kasutas meemi, aga ei andnud teadmist edasi
- +J- paar kasutas meemi, juhendaja kordas meemi, aga paar ei andnud teadmist ikkagi edasi
- +* paar kasutas meemi ebastandardiselt
- ?- paar arutas, aga ei jõudnud selgusele ja ei andnud meemi edasi
- + -? Paar kasutas meemi, edasiantud teadmine oli mitmeti mõistetav

Tabelist on näha, et on meeme (soovitusi), mida järgitakse ainult tänu juhendajale ja mis ilma juhendajata edasi ei kandu – näiteks raskema kuuli kasutamise soovitus ja pendli pikkuse definitsioon.

Tabelist on samuti näha, et on meeme (soovitusi), mis võivad küll kaduda, kuid tekivad uuesti ilma juhendaja abita - näiteks 2 äärmusliku väärtuse soovitus. Ehkki sellised meemid ei ole püsivad, on nad siiski elujõulised. Kui praktikumi aeg on piiratud, siis võib paar jätta sellised elujõulised meemid õpetusest välja ilma, et sellest suurt kahju tekiks.

Definitsioon “Kuuli maksimaalne kaugus tasakaaluasendist” antakse küll edasi, aga katses mõõdetakse tegelikult kuuli ristlõikelist kaugust vertikaalteljest. Lihtsustuse tegemise põhjuseks on ilmselt see, et ristlõikelist kaugust on lihtsam mõõta. See on hea näide, kuidas lihtsustuse võlu tekitab vastuolu teooria ja praktika vahel ja kuidas see vastuolu järjest uuesti ja uuesti tekib.

On meeme (mõisteid), mille sisu unustatakse edasi õpetada või siis on õpetus puudulik või segane, kuid mille põhisisu intuiitiivselt tabatakse ära isegi siis, kui neid ei ole korralikult õpetatud – näiteks täisvõnke definitsioon. Tudengid, kes teadmist edasi õpetada ei suuda, on kas laisad (laiskus ei ole Leo Võhandu arvates tingimata halb omadus, pigem isegi hea, kuid see sõltub konkreetsest situatsioonist), või ei ole tudeng teadmise sisust siiski täielikult aru saanud.

7.6.1.1 Uurimist vajavate sõltuvuste järjestus

Allpool on ära toodud võnkeperioodi kestust mõjutavate mõjurite järjestus juhendis ja nelja paari õpetustes:

Tabel 2. Võnkeperioodi kestust mõjutavate mõjurite järjestus juhendis ja 4 paari õpetustes

	Sõltumatu suurus	Juhend	P1-p2	P2-p3	P3-p4	P4-juh
1	Võnkeamplituud	4	1	1	1	1
2	Pikkus	2	2	5	5	5
3	Kuuli mass	1	5	4	4	4
4	Kuuli trajektoor	5	3	2	2	2
5	Niidi elastsus	3	4	3	3	3
	Täisvõngete arv					

On ilmselge, et alates paarist 2 andsid paarid edasi neile õpetatud järjestuse.

Praktikumi osa täpsemalt uurimata ei ole siiski selge, kas edasiantud järjestust kasutati kui eelinformatsiooni.

Tavalise niidiga saab ära mõõta kõigi suuruste mõju, väljaarvatud NIIDI ELASTSUS. Seetõttu võiks niidi elastsusest sõltuvad mõõtmised jätta kõige viimaseks (elastne niit on välistatud ka juhendi matemaatilise pendli kirjelduses). Kuuli trajektoori mõju uurimine jääb väljapoole juhendi füüsikalise pendli kirjeldust, seega tähtsuse järjestuses võiks trajektoori mõju uurida eelviimasena. Trajektoori ja elastsuse mõju võnkeperioodile võib pidada teatud tüüpi müraks, ehk nende mõju aitab ligikaudselt hinnata ka tahtmatut kuuli trajektoori mõjutamist kuuli lahtilaskmise hetkel ja tavalise niidi elastsusest tulenevat müra.

Juba Galileo katsetest Pisa tornis on teada, et objekti mass ei mõjuta objekti kukkumise kiirust, seetõttu on kuuli massi mõju uurimine huvitav eelkõige vaid seetõttu, et otsustada, millise kuuliga on võimalik saada täpsemaid mõõtmistulemusi. Selle tagantjärgitarkuse kohaselt peaks kuuli massi mõju uurima võimalikult varakult. On võimalik jälgida, et paarid on oma õpetuses massist sõltuvuse jätnud viimasele või eelviimasele kohale. Järelikult, kas paarid ei avastanud kuuli massi mõju mõõtmistäpsusele, või nad tahtsid järgmise paari praktikumi muuta võimalikult

raskeks. Paaridele 2 ja 4 andis raske kuuli soovitus juhendaja, kuid see teadmine edasi ei kandunud – ei vahetu soovitusena, ega ka kaudse soovitusena mõjurite järjestuses. Paarid 2 ja 4 andsid edasi kordusmõõtmiste katseseeriade kasutamise vajaduse, paar 2 isegi korduvalt rõhutas seda, seega neid paare pahatahtlikkuses süüdistada ei saa.

Pika niidi kasutamise soovitus oli juhendis olemas, aga paarid seda soovitust edasi ei andnud. Võnkeamplituud (vähemalt juhendi definitsiooni kohaselt) ei saa olla suurem niidi pikkusest. Järelikult, kui niidi pikkuse mõju uurida võimalikult varakult, siis peaks mõõtmistest ilmnema niidi pikkuse mõju mõõtmistäpsusele (juhul kui see enne katsetamist juba selge ei ole). Vaid 2.paari järjestuses oli niidi pikkus paigutatud teisele kohale, ülejäänud paaride järjestustes oli niidi pikkus viimasel kohal.

Uurimisprotsess sisaldab kahte etappi: sõltuvuste leidmine ja nende täpsustamine. Sõltuvuste leidmiseks soovitab juhend algul mõõta mõju kahe äärmusliku väärtuse korral. Sõltuvuse täpsustamise sammul peab väärtusi olema piisavalt palju, et saaks välja valida sobiva sõltuvusfunktsiooni erineva kujuga funktsioonide seast (lineariseerimine). Sirge tuvastamiseks piisab kahest sellel sirgel asetsevast punktist, parabooli saab tuvastada paraboolil paikneva 3 punkti abil. Juhendis soovitatakse mõõta 8-10 erineva väärtuse korral. Kui oleks ette teada, et olulisi sõltuvusi on ainult 1, siis võiks selle sõltuvuse uurimise jätta juba sõltuvuste leidmise etapis viimaseks – siis saaks sõltuvuse täpsustamise faasis samalt kohalt sujuvalt jätkata. Selle loogika järgi võiks sõltuvuste leidmise etapis uurida esimesena niidi elastsust ja kõige esimesena teha katseid kumminiidiga.

8 Ahelkatse tulemuste arutamine

Ahelkatse tulemustest jääb eelkõige silma see, et paarid on õpetuse saamise ajal passiivsed ja ei vaidlusta ega täpsusta ülesande püstituse kahtlaseid kohti. Selle põhjuseks võis olla ajapiirang (2 tundi paari peale) ja noore tudengi mentaliteet, mis võibolla ei ole harjunud kriitiliselt suhtuma õppeülesannetesse.

Eelkõige ilmneb passiivsus lineariseerimise etapis – võimalike sõltuvusfunktsioonidena uuritakse ainult eksponentfunktsiooni ja astmefunktsiooni sobivust. Juhendi üldisem lineariseerimise käsitlus on juba esimese paari poolt taandatud üsna kitsaks valikuks kolme sõltuvusfunktsiooni vahel, mida järgmised paarid ei vaidlusta: sirge, astmefunktsioon, eksponentfunktsioon.

Pendli süsteemi iseloomustab amplituudile vastav nurk niidi kinnituskoha läbiva vertikaaltelje ja algamplituudi asendis oleva niidi otsas rippuva kuuli vahel. Oluliste nurkade olemasolu süsteemis viitab võimalikule sõltuvusele mingisugusest trigonomeetrisest funktsioonist. Isegi juhul, kui võimalike sõltuvusfunktsioonide hulka soovivad 1.paar ja praktikumi juhendaja, peaksid ülejäänud paaride liikmed ülesande püstituse puudusi märkama ja neile tähelepanu juhtima. Kui tõesti otsida võimalikku sõltuvust vaid eeltoodud 3 funktsiooni seast, siis ei ole vajalik teha mõõtmisi 8-10 väärtusega, vaid minimaalselt on vaja ainult kolme väärtusega mõõtmisi (väikese varuga 4-5 väärtust). 8-10 väärtusega mõõtmisi on vaja vaid perioodilise kujuga (trigonomeetriseliste) sõltuvusfunktsioonide tuvastamiseks, või siis väga keeruka kujuga polünoomide tuvastamiseks, või mitme komponendiga sõltuvusfunktsioonide tuvastamiseks. Soovitus teha mõõtmisi 8-10 väärtuse alusel peaks tudengitel kohe tekitama küsimusi – millise sõltuvusfunktsiooni jaoks nii palju vaja on, või kas nii paljude väärtustega mõõtmisi on üldse vaja.

Veel üheks puuduseks (mis saab alguse juba juhendis) on kolme (või enama) võimaliku sõltuvusfunktsiooni seast kõige tõenäolisema väljavalimine. Juhend soovib parima sõltuvusfunktsiooni välja valida silma järgi, kuid uuritav väärtuste mõõtmisvahemik võib jääda sellisesse piirkonda, kus kõigi sõltuvusfunktsioonide kujud on üsna sarnased ja silma järgi raskesti eristatavad. Arvestada tuleb ka mõõtemääramatust ja punktide graafikule kandmise vigu. Kui tudengid on varasema

õppe käigus (näiteks gümnaasiumis) õppinud regressioonisirge leidmist, siis peaks neile tuttav olema ka sirge mudeli olulisuse näitaja kasutamine (significance F). Juhend võiks välja pakkuda sõltuvusfunktsiooni lihtsa valiku võimaluse ja regressioonimudeli olulisusel põhineva valiku võimaluse. Praktikumi tegevad tudengid saavad siis ise valida, millist võimalust nad kasutavad.

Kui sõltuvusfunktsioone valida mudeli olulisuse järgi, siis ei ole mõistlik ühe väärtuse alusel katsete mõõtmisi keskmistada, vaid mõistlik on hinnata regressioonisirge mudeli olulisust kõigi mõõtmiste pealt – suurem arv punkte aitab paremini hinnata regressioonisirge olulisust. Samuti võib probleeme tekitada aritmeetiliste keskmiste teisendamine uuele skaalale, näiteks logaritmime abil. Seetõttu peaks antud praktikumis kordusmõõtmiste katseseeria keskmise meem tekitama osalejate seas küsimusi ja vaidlusi, mida läbiviidud ahelkatses ei esinenud (või vähemalt ei tuvastatud).

Eelpooltoodud vastuolude mittemärkamine viitab puudustele õppematerjali omandamises ja täiendava õppe vajadusele.

Vastuolude mittemärkamine avaldub meemide arengus selliselt, et ahelkatses esinenud meemid arenevad omasoodu, ehkki meemide vahelised seosed (näiteks mõistete definitsioonide vahel) eeldaksid meemide arenemist meempleksina.

Tulevikus on otstarbekas välja pakkuda üldine lähenemine, kuidas tagada, et õpetamisel sisu meemide kahanemine ja protsessi meemide suurenemine ei väljuks mõistlikkuse piiridest.

9 Praktikumi ja ahelkatse võimalik ülesehitus tulevikus.

Üheks olulisemaks praktikumi mõjutavaks teguriks osutus ajapuudus.

Sellest lähtuvalt tuleb otsida võimalusi, kuidas katsete tegemist muuta vähem ajakulukaks. Üheks võimaluseks on kasutada automaatomõõtmisega pendlit, mis fikseerib ise automaatselt ära võnkeperioodi. Automaatpendel võiks mõõtmistulemused automaatselt arvutisse kanda. Ideaalis võiks pendli programmi ja statistikaprogrammi vahel olla automaatne ühendumine, nii et pendli programmis saab ühe nupulevajutusega andmed saata statistikaprogrammi, mis saadab tagasi vastuse, millised kasutaja poolt märgitud sõltuvusfunktsioonidest kirjeldavad oluliselt mõõtmisandmeid. Sellisel juhul jääb tudengite ülesandeks pendli parameetrite muutmine. Tudengid peavad ikkagi omavahel arutama, milline tegur mõjutab sõltuvat suurust ja milline on võimalik sõltuvusfunktsioon (või -funktsioonid). Kui praktikum on rohkem automatiseeritud, siis jääb ehk tudengitel ka rohkem aega arutada praktikumi sisulise poole üle.

Konspekterimisel ja teadmiste edastamisel ja suhtluses võib kasu tulla süsteemianalüüsi meetodikatest: lausendipõhisest modelleerimisest, mõistekaardistamisest ja UML keele põhiseest modelleerimisest. UML keele õppimine on raske, aga kaks esimest meetodikat peaksid olema suhteliselt kiiresti iseseisvalt omandatavad vähemalt algelisel tasemel. Nimetatud (ja ka teised sarnased) meetodikad aitavad õppijatel teadmisi ise sõnastada ja organiseerida ja vigu ja vastuolusid otsida.

Juhendi koostamisel on need meetodikad abiks juhendi sisu kooskõla kontrollimisel. Nimetatud meetodikad võiksid olla eriti väärtuslikud õpetajaks õppijatele – ja siin ei ole silmas peetud mitte ainult loodusteaduste õpetajaid.

10 Kokkuvõte

Töö eesmärk oli õppida tundma meemide osa füüsikaliste teadmiste kandjatena. Selleks intervjueriti nelja eksperti erinevatest teadusvaldkondadest.

Töö üheks ülesandeks oli intervjuude analüüs ja süntees, mis on töös esitatud peatükis 4. Intervjuusid modelleeriti lausendipõhiselt ja UML modelleerimiskeele abil kasutades tarkvara IBM Rational Rose. Mainitud modelleerimistehnikatest on peatükis 2 antud lühiülevaade. Intervjuude analüüsist ja sünteesist tuli välja, et meemi modelleerimiseks sobib hästi UML-i mõiste nimega *element*, mis MOF metaarhitektuuri kohaselt võib vajadusel tähistada kas terviksüsteemi, süsteemi osa või kõige väiksemat osakest.

Intervjuude analüüsi ja sünteesi tulemusena pakkus töö autor peatükis 5 välja omapoolse meemi mustri käsitluse. Väljapakutud põhiideeks (või meemiks) on see, et uuritava nähtuse (meemi / mustri) sisu tuleb käsitleda muustrina (kui objekti) ja käitumist tuleb käsitleda meemi (kui subjekti) käitumisena. Analoogilise muustrina on toodud subjekti ja objekti vaheline muster – subjekti objektina käsitledes ei uurita objekti käitumist ja objekti subjektina käsitledes ei uurita objekti sisu. Sisu mõttes on meem muster, käitumise aspektist käitub meem subjektina.

Töö teiseks ülesandeks oli uurida teadmiste ja arusaamade kommunikeerimist/vahendamist füüsikas. Selleks kavandati ja korraldati teadmisedastuse ahelkatse. Ahelkatse põhjendus ja kirjeldus on toodud peatükis 2. Peatükis 6 on ahelkatses kasutatud mõisteid modelleeritud lausendipõhiselt ja UML modelleerimiskeele abil. Peatükis 7 vaadeldi ahelkatses õppimisel ja teadmise edastamisel füüsika alaste mõistete (sisu meemide) muutumist. Alapeatükis 7.6 analüüsiti meemides asetleidvate muutuste mustreid, kaasaarvatud protsessi meeme. Selgus, et on meeme, mida järgitakse ainult tänu juhendajale ja mis ilma juhendajata edasi ei kandu – näiteks raskema kuuli kasutamise soovitus ja pendli pikkuse definitsioon. Esines ka meeme, mis võivad küll kaduda, kuid tekivad uuesti ilma juhendaja abita - näiteks 2 äärmusliku väärtuse soovitus, täisvõnke definitsioon. Ehkki sellised meemid ei ole püsivad, on nad siiski elujõulised. Kui praktikumi aeg on piiratud, siis võib paar jätta sellised elujõulised meemid õpetusest välja ilma, et sellest suurt kahju tekiks.

Veel esines näide, kuidas edasiantud arusaama või teooria lihtsustamise võlu tekitab vastuolu teooria ja praktika vahel ja kuidas see vastuolu järjest uuesti ja uuesti tekib (“Kuuli maksimaalne kaugus tasakaaluasendist”).

Peatükis 8 arutab töö autor ahelkatse tulemusi. Ühe üldistatud tulemusena saab esile tuua, et ahelkatses esinenud meemid arenevad omasoodu, ehkki meemide vahelised seosed (näiteks mõistete definitsioonide vahel) eeldaksid meemide arenemist meempleksina.

Peatükis 9 on esitatud täiendavad mõtted ja soovitused tulevikuks. Üheks soovitusel oli katsemõõtmiste automatiseerimine, et tudengitel jääks rohkem aega mõelda ja arutada praktikumi sisulise poole üle. Teiseks soovitusel oli lihtsamate süsteemianalüüsi meetodikate kasutamine teadmiste / arusaamade sõnastamisel nii õppimisel kui õpetamisel.

11 Summary

The goal of this thesis was to study the role of memes as carriers of physics information. For this, four experts from domains neighbouring memetics were interviewed.

The first task of this thesis was the analysis and synthesis of expert interviews. Quotes from experts with corresponding analysis and synthesis are presented in chapter 4. Interviews were modeled in UML modeling language using IBM Rational Rose software. The conceptual class diagrams were accompanied with simple descriptive sentences, which typically describe one (or in some cases more than one) association on the diagram. The modeling methodologies used are briefly explained in chapter 2. As a result of the analysis and synthesis of interviews, it occurred that an UML *element* closely resembles a meme - according to UML MOF (Meta Object Facility) meta-architecture, an UML *element* can describe either the whole system, part of the system, or the most elementary particle of that system. Therefore it should be easier to rigorously model memes using UML.

As the result of the analysis and synthesis, the author of the thesis also proposed a meme pattern in chapter 5, as a potential new meme to describe what is a pattern and who is a meme. The proposal specifies that the essence of the meme/pattern phenomenon is to be dealt with as a pattern (as an object) and that the behaviour should be dealt with as a meme (as a subject). An analogy is given using the subject and object pattern – while a subject is considered as an object, the behaviour of an object is not investigated. While an object is considered as a subject, the essence of the object is not considered. In essence, meme is a pattern, in behaviour meme acts as a subject.

The second task of the thesis was to investigate the communication and exchange of information in physics.

For this, a knowledge-exchange chain experiment was devised and carried out. The description of the experiment is given in chapter 2. In chapter 6, the communication concepts of the experiment were modeled using UML and accompanied with descriptive sentences.

The development and change of physics concepts in the course of the experiment was observed in chapter 7. Chapter 7.6 gives an analysis of meme change patterns, including memes of processes (i.e. process memes). It turned out, that there were memes that were only alive thanks to the experiment supervisor and which were not conveyed otherwise – it occurred among concept memes as well as process memes.

There were memes which disappeared, but re-emerged later without supervisor assistance – again, it occurred among concept memes as well as process memes. Although these memes are not stable, nevertheless they are vital. Such vital memes can be left out from the instruction in case practice time is limited, without much harm to those memes. The attraction of simplifying knowledge or understanding might lead to repeated divergence of practice (action) from theory, even though the theory is conveyed correctly.

In chapter 8, the results of chain experiment were discussed. It was observed, that the memes in the experiment evolved independently, although the dependencies between some of these memes (dependencies between concept definitions) would suggest evolving as a memplex.

Chapter 9 discusses further thoughts and suggestions for practice design. One suggestion is the automation of the measuring process, so that students might have more time to think of and discuss about essential questions of the practice. Another suggestion was to use simple systems analysis methods and tools for defining and explaining knowledge, both in the study process as well as in the teaching process.

12 Kasutatud kirjandus

1. **Альтшуллер, Г. С.**, *Творчество как точная наука*, Москва, Советское радио, 1979.
2. **Bergin, J.**, Fourteen Pedagogical Patterns, Pace University, <http://csis.pace.edu/~bergin/PedPat1.3.html>, 2007, viimati vaadatud 31. Juulil 2010.
3. **Blackmore, S.**, *Meemimasin*, Tänapäev, 2003
4. **Blackmore, S.**, *The Meme Machine*, Oxford University Press, 1999
5. **CMM küpsustasemed**, *CMMI for Systems Engineering/Software Engineering/Integrated Product and Process Development/Supplier Sourcing, Version 1.1*, <http://www.sei.cmu.edu/reports/02tr012.pdf>, chapter 2, lk.11, 2002.
6. **Cockburn, A., Williams, L.**, *The Costs and Benefits of Pair Programming*, Proceedings of the First International Conference on Extreme Programming and Flexible Processes in Software Engineering (XP2000), <http://collaboration.csc.ncsu.edu/laurie/Papers/XPSardinia.PDF>, 2000, viimati vaadatud 31.juulil 2010.
7. **Concept Maps**, <http://cmap.ihmc.us/>
8. **Christopher, A.**, *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Oxford University Press, USA. p. 1216, 1977.
9. **Dawkins, R.**, *The Selfish Gene*, New York City: Oxford University Press, 1976.
10. **Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J.**, *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison-Wesley Professional; 1 edition, 1994.
11. **Hipple, J.**, *Practical Magic*, <http://www.innovation-triz.com/PracticalMagicArticle.pdf>, 2007, viimati vaadatud 31.juulil 2010.
12. **Eessaar, E.**, teadustööd ETIS süsteemis, <https://www.etis.ee/portaal/isikuPublikatsioonid.aspx?TextBoxName=Eessaar&PersonVID=37506&lang=et&FromUrl0=isikud.aspx>, viimati vaadatud 31.juuli 2010.
13. **Mikli, T.**, *Sissejuhatus infosüsteemidesse*, Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 1998.
14. **Mänd, R.**, Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, Tartu Ülikooli Ökoloogia- ja Maateaduste Instituut, professor, intervjuu 2008.a. märtsis

15. **Novak, J.D., Cañas, A.J.**, *The Theory Underlying Concept Maps and How To Construct and Use Them*, Institute for Human and Machine Cognition, <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryCmaps/TheoryUnderlyingConceptMaps.htm>, 2006, viimati vaadatud 31.juuli 2010.
16. **Tarkpea, K., Voolaid, H., Karm, M.**, *P2AV.TK.131Reaalteaduste didaktika*, Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, kursuse kestvus veebruar – juuni 2009, protokoll õppeinfosüsteemis 16.06.2009
17. **Object Management Group**, *Unified Modeling Language, Superstructure, v2.2*, <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/09-02-02>, 2009, lk. 64. Viimati vaadatud 31.juulil 2010.
18. **Veskioja, T.**, Tallinna Tehnikaülikool, Informaatikainstituut, Informaatika aluste õppetooli vanemteadur, intervjuu 2008.a. aprillis
19. **Voolaid, H.**, intervjuu juhendajaga 2008.a. märtsis. Tartu Ülikooli koolifüüsika keskuse <http://www.physic.ut.ee/kfk/> juhataja henn.voolaid@ut.ee, viimati vaadati 29.07.2010.
20. **Voolaid, H.**, *Füüsika praktikumi tööjuhendid I*, TRÜ, Tartu, 1988.
21. **Võhandu, L.**, emeriitprofessor, Tallinna Tehnikaülikool, Informaatikainstituut, intervjuu 2008.a. märtsis
22. **Wikipedia**, *Pattern language*, http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern_language, viimati vaadatud 31.juuli 2010.