

PIENRYHMÄKESKUSTELU OPETUSKEINONA  
YLIOPISTOFYSIIKAN PERUSKURSSIN  
LASKUHARJOITUKSISSA

Jari Alftan



Pro Gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos

22.10.2012

Ohjaaja: Jouni Viiri



## Esipuhe

Pro gradu-niminen vuoristorata on ollut pitkä, mutta yllättävän mieluisa ajo kulkea. Matkaan mahtuu muutamia epätietoisuuden hetkiä, inspiraatiopyrähdyksiä, tylsyyttä, motivaatiomonttuja ja kaikkea muuta mitä nyt vuoden kestävään projektiin ehtii tulla. Haluaisinkin kiittää kaikkia projektissa olleita, jotka ovat tavalla tai toisella osallistuneet tämän tutkielman syntyyn: kasvatustieteen tätejä eli Päivikkiä, Ullaa, Ulla-Maijaa ja Annaa, fysiikan laitoksen henkilökuntaa eli Rikua ja Pekkaa, ohjaajaani Jounia sekä erityisesti Annia, jonka kanssa istuimme yhdessä uudelleen FYSP102:n luennoilla ja demoissa. Tahtoisin myös kiittää avovaimoani Saaraa jatkuvasta tuesta ja motivoinnista työstää tätä hengentuotosta. Lopuksi haluaisin kiittää vanhempiani kärsivällisyydestä valmistumisen osaltani samalla muistuttaen: ”one does not simply graduate from the department of physics”.

Jyväskylässä 22.10.2012

Jari Alftan

## Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa tutustuttiin fysiikan peruskurssin laskuharjoitusten toteutukseen pienryhmäkeskustelujen avulla ja siihen, miten pienryhmäkeskustelua voisi muuttaa oppimisen kannalta tehokkaammaksi. Lisäksi tutkimuksessa katsottiin vaikuttaako tilaisuutta ohjaavan assistentin osallistuminen keskusteluihin keskusteluiden luonteeseen. Tutkittavat pienryhmäkeskustelut äänitettiin ja kuvattiin analysointia varten. Tutkittavana kurssina toimi Jyväskylän yliopiston fysiikanlaitoksen mekaniikan peruskurssin jatko-osa.

Tuloksena saatiin, että eksploratiivista keskustelua, joka on oppimisen kannalta kaikista tehokainta, esiintyi pienryhmäkeskusteluissa eniten sellaisissa tehtävissä, joissa oli taustalla vahva käsitteellinen ongelma. Assistentin osallistuminen keskusteluissa muutti ryhmäkeskustelun luonteen enemmän opettajamaisemmaksi ohjaamiseksi ja neuvomiseksi. Tutkimuksen perusteella laskuharjoituksissa tulisi suosia enemmän sellaisia tehtäviä, joissa on mukana käsitteellistä ymmärrystä testaavia kysymyksiä/ongelmia. Opiskelijoita tulisi kannustaa tuomaan omia näkemyksiään julki ja luoda sellainen oppimisympäristö, jossa väärää vastausta ei pelättäisi. Opiskelijoiden tulisi myös antaa enemmän tilaa muiden opiskelijoiden vaihtoehtoisille mielipiteille.

# Sisällysluettelo

Sisällysluettelo .....	1
1 Johdanto .....	3
2 Keskustelun merkitys oppimisessa .....	4
2.1 Sosiaalinen konstruktivismi .....	4
2.1.1 Sosiaalinen konstruktivismi luokkahuoneessa.....	5
2.2 Vuorovaikutus oppimisessa .....	5
2.3 Aktiivinen vs. passiivinen oppimisympäristö .....	6
2.4 Käsitteellinen ymmärrys fysiikan opetuksessa .....	7
2.5 Vertaisopetus.....	7
3 Tutkimuskysymykset .....	11
4 Metodi .....	12
4.1 Tutkittava kurssi.....	12
4.2 Laskuharjoitusten toteutus .....	13
4.2.1 Laskuharjoitusten tehtävistä.....	15
4.3 Aineiston keräys.....	15
4.4 Analysoinnin valinta .....	16
4.4.1 Disputatiivinen keskustelu .....	17
4.4.2 Kumulatiivinen keskustelu.....	17
4.4.3 Eksploratiivinen keskustelu .....	19
4.4.4 Tehtävän esittely, muu luokitus ja ohjaajan puhe.....	21
4.5 Analysoinnin toteutus .....	22
5 Tulokset.....	23
5.1 1. laskuharjoitus .....	23
5.2 2. laskuharjoitus .....	25
5.3 3. laskuharjoitus .....	30
5.4 4. laskuharjoitus .....	32
5.5 5. laskuharjoitus .....	37
5.6 6. laskuharjoitus .....	39
5.7 7. laskuharjoitus .....	43
5.8 Yleisiä havaintoja.....	44

5.9	Eksploratiivisten keskusteluiden jakautuminen .....	44
5.10	Assistentin vaikutus keskustelun luonteeseen .....	45
5.11	Johtopäätöksiä.....	45
Lähteet	.....	47
Liitteet	.....	48

# 1 Johdanto

Pedagoginen tutkimus ja -kehitys on perinteisesti keskittynyt lasten ja nuorten oppimisen ympärille. Kuitenkin mitä korkeammalle koulutusjärjestelmässä on edetty, sitä vähemmän pedagogiseen puoleen on kiinnitetty huomiota. Yliopistoissa monien luennoitsijoiden mielestä opetusvelvollisuus on rasite, joka häiritsee heidän varsinaista tutkimustyötään. [1] Opetustyyli yliopistoissa on valtaosin puhdasta autoritääristä luennointia ilman minkäänlaista vuorovaikutusta itse yleisön kanssa. Kehityksen luennoissa huomaa oikeastaan vain siinä, että liitutaulun sijasta on ensin siirrytty käyttämään piirtoheitinkalvoja ja kalvoista on edetty tietokonepohjaisiin 'slideihin'. Myöhemmin on myös otettu käyttöön dokumenttikameroita luentojen yhteydessä. Luennointivälineet ovat kehittyneet ajan myötä, mutta itse opetuksen rakenne ja tyyli on pysynyt samana.

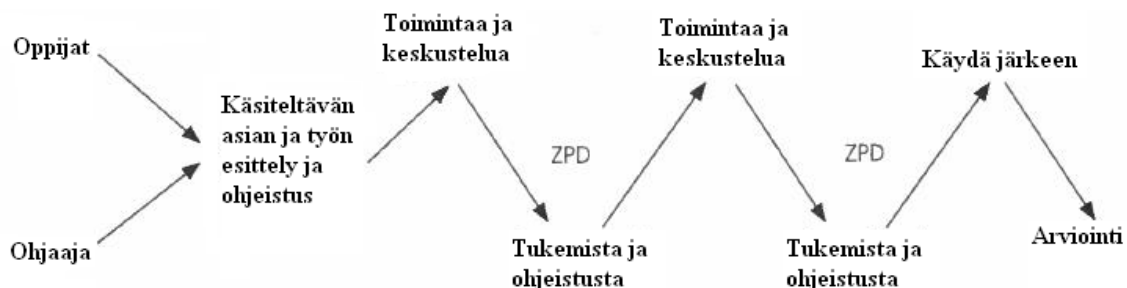
Perinteisesti niin fysiikan, matematiikan kuin kemian kurssien laskuharjoitukset ovat toteutettu tavalla, joka ei ole kannustanut syvällisempään keskusteluun käsitteistä osallistuvan ryhmän kanssa. Laskuharjoitusten ohjaaja valitsee jokaiselle käsiteltävälle tehtävälle henkilön esittämään oman ratkaisunsa taululle. Arvottu henkilö käy tekemässä liitutaululle oman näkemyksensä ratkaisusta, minkä jälkeen ohjaaja joko toteaa sen oikeaksi tai käy korjaamassa ratkaisussa olevat virheet. Kun tehtävä on saatu sellaiseen muotoon, joka on tyydyttävä ohjaajalle, hän valitsee seuraavalle tehtävälle tekijän ja sama prosessi käydään läpi kunnes kaikki laskuharjoitusten tehtävät ovat käyty läpi. Vaikka nykyiset laitteet ja tekniikka mahdollistaisivat hyvinkin luovia vaihtoehtoja asioiden opettamiseen, yliopistoissa on pidetty pitkään perinteistä kiinni niin luentojen kuin laskuharjoitusten suhteen. Kuitenkin viime aikoina opetuksen laatuun on alettu panostamaan myös yliopistotasolla.

Tässä tutkielmassa tutustutaan vaihtoehtoisen opetustyylin toteutukseen fysiikan peruskurssilla ja siihen millaista laadullisesti erilaista keskustelua laskuharjoitustilanteissa syntyy, kun opiskelijat käyvät laskuharjoitustehtävät 4-5 hengen ryhmissä itsenäisesti läpi ohjaajan tarjotessa apua ja tietämystään vain tarvittaessa.

## 2 Keskustelun merkitys oppimisessa

### 2.1 Sosiaalinen konstruktivismi

Sosiaalisella konstruktivismilla tarkoitetaan kasvatustieteellistä näkemystä oppimisesta, joka pohjautuu sosiaalikognitionistiselle filosofialle. Teorian kehittäjänä voidaan pitää venäläistä psykologia Leo Vygotskya. Teoria pohjautuu ajatukselle siitä, että tieto rakentuu ja kehittyy sosiaalisten vuorovaikutusten eli keskusteluiden ja erilaisten aktiviteettien aikana. Oppijat (yleensä kyseessä ovat lapset) saavat ensin keskustella omista ajatuksistaan käsiteltävästä asiasta ja toimia asian äärellä omatoimisesti. Tämän jälkeen he saavat palautetta, tukea ja ohjeistusta ohjaajalta (opettaja tai jokin muu aikuinen). Ohjeistuksen jälkeen oppijat voivat jatkaa toimintaansa omatoimisesti eteenpäin, kunnes he lopulta ymmärtävät opittavan asian. Lopuksi ohjaaja kokoaa käydyn asian arvioinnissa. Koko oppimisprosessin kulku on esitetty kuviossa 1, kuviossa 1 oleva lyhenne ZPD tulee sanoista 'zone of proximal development', eli lähikehityksen vyöhyke, joka on Vygotskyn luoma käsite. Käsitteellä tarkoitetaan välimatkaa (lapsen) todellisen kehityksen, määriteltynä ongelmanratkaisun avulla, ja potentiaalisen kehitystason välillä. Potentiaali on määriteltynä aikuisen tai kehittyneempien vertaisten avulla tehdyn ongelmanratkaisun avulla. [2,3]



**Kuvio 1.** Sosiaali- konstruktivistinen malli rooleista opettamis-oppimis- prosessissa.



### **2.1.1 Sosiaalinen konstruktivismi luokkahuoneessa**

Puhuttaessa sosiaalisesta konstruktivismista luokkahuoneessa oppija nähdään aktiivisena, sosiaalisena ja sosiaalisesti aktiivisena. Tiedot ja taidot rakentuvat portaittaisesti kokemuksen päälle, opetus ja oppiminen ovat luonteeltaan interaktiivisia aikuisen tuen ollessa läsnä. Oppiminen tapahtuu oppilaan ja opettajan välisen vuorovaikutussuhteen myötä.

Oppilaiden toimintaa karakterisoivia piirteitä sosiaalisessa konstruktivismissa ovat mm. erilaiset luokkahuone-, ryhmä- ja yksityiskeskustelut opettajan tai muiden oppilaiden kanssa. Lisäksi ryhmätyöt ovat hyvin yleinen työskentelymuoto. Sosiaalinen konstruktivismi kannustaa oppilaita oppilaiden väliseen yhteistyöhön ja samalla kehittää oppilaiden kielellisiä ominaisuuksia. Samalla ongelmien rakentaminen voi selventää oppilaiden ajattelua ja laajentaa merkityksellistä ymmärtämistä.

Haasteina sosiaalisen konstruktivismin soveltamisessa luokkahuoneessa ovat mm. sopivan oppimismyönteisen ilmapiirin luominen, ja opetustyyli vaatii hyvin suurta tieto-taitoa opettajalta sekä hyvää arviointikykyä. Lisäksi vaatimuksena tämän tyyliässä opetuksessa on oppilaiden hyvät kielelliset ja sosiaaliset taidot. [2]

## **2.2 Vuorovaikutus oppimisessa**

Oppiminen on hyvin monimutkainen prosessi, jota ei vielä nykyisinkään ymmärretä täysin. Yksinkertaisimmillaan oppiminen voidaan nähdä tapahtuvan kokemuksen ja kehityksen kautta. Oppimista käsittelevien eri teorioiden mukaan, oppiminen on aktiivinen tapahtuma eikä tietoa voi vain lahjoittaa toiselle. Olkoon kyse sitten behaviorismista, konstruktionismista tai sosiaali-kognitionismista, kaikkien oppimista käsittelevien teorioiden mukaan oppiminen tapahtuu aktiivisten tapahtumien kautta. [2] Mortimer ja Scott painottavat puheen merkitystä oppimisessa. Ideoita ja ajatuksia vaihdetaan ihmisten välillä suurimmaksi osaksi puheen välityksellä. Puheen edetessä, keskustelijat yleensä ymmärtävät mitä muut sanovat ja sosiaalisessa vuorovaikutuksessa käytetyt sanat tarjoavat työkalut yksilölliseen ajatteluun. [4] Samalla linjalla on myös Knight, jonka mukaan oppiakseen

parempia ongelmanratkaisukykyjä, oppilailla on oltava vahva käsitteellinen ymmärrys aiheesta ja heidän on kyettävä tekemään kvalitatiivisia analyysejä tilanteesta. [5]

### **2.3 Aktiivinen vs. passiivinen oppimisympäristö**

Aktiivisen oppimisympäristön saaminen luokkahuoneeseen ei tapahdu itsestään, varsinkin jos oppilaat eivät ole tottuneet työskentelemään aktiivisessa ympäristössä. Opiskelijat pysyvät mieluusti vanhoissa, tutuissa rutiineissa ja yleensä vastustavat radikaaleja muutoksia. [1] Kuitenkin erilaiset tutkimustulokset osoittavat, että passiivinen oppimisympäristö ei ole tehokas paikka oppia uusia asioita vaan se paremminkin kannustaa ulkoa oppimiseen, eikä ymmärtävään oppimiseen. [5] Lisäksi eri teorial oppimisesta suosittelvat aktiivisen ympäristön luomista hyvän oppimistuloksen saamiseksi. [2]

## 2.4 Käsitteellinen ymmärrys fysiikan opetuksessa

Knight näkee käsitteellisen oppimisen tärkeyden seuraavasti: Ilman käsitteellistä ymmärrystä aiheesta ja kykyä soveltaa sitä, oppilaat eivät voi edetä ulkolukua pidemmälle eivätkä he voi kehittää itselleen taitoja ratkaistakseen avoimia, epämääräisiä, todellisia ongelmia. [5] Erilaiset tutkimustulokset fysiikan pedagogiikan saralta osoittavat oppilaiden oppivan tehokkaammin, kun he voivat yhdistää teorioita ilmiöihin tai kokeisiin. [1, 5, 6, 7] Auttaakseen oppilaita saavuttamaan hienostuneemmat ongelmanratkaisukyvyt, fysiikan peruskurssien tulisi antaa nykyistä oppikirjatarjontaa parempi tasopaino kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen opetuksen välillä. Käytännössä oppitunneissa pitää

- käyttää ylimääräistä huomiota keskustelulle, fysiikan käsitteiden perusteluille ja selvennykselle sekä painottaa vähemmän matemaattisia johdantoja.
- antaa esimerkkejä kvalitatiivisesta päättelystä ja selityksistä.
- kehittää selkeitä ongelmanratkaisustrategioita, jotka painottavat kvalitatiivisia analyysivaiheita tilanteen kuvaamisesta ja selventämisestä, matematiikan tullessa mukaan vasta lopussa.
- antaa kotitehtäviä, jotka vaativat analysointia ja tulkintaa.

Näin ollen, kvantitatiivisen analyysin ja ongelmanratkaisukyvyyn pitää olla tasapainossa painotettuna käsitteellisellä ymmärryksellä ja kvalitatiivisella päättelyllä. [5]

## 2.5 Vertaisopetus

Vertaisopetus (peer instruction)- luennointi on professori Eric Mazurin kehittämä opetusmenetelmä, joka on alun perin suunniteltu yliopistoluennoille korvaamaan fysiikan peruskurssien perinteinen luennointimenetelmä. Menetelmän tarkoituksena on ollut kasvattaa erityisesti opiskelijoiden käsitteellistä ymmärtämystä, interaktiivisuutta luennoilla sekä lisätä opiskelijoiden kiinnostusta fysiikkaan (tai oikeastaan estää kiinnostuksen katoamista). [1]

Luennoilla luennoitsija olettaa, että opiskelijat ovat aina ennalta tutustuneet luennolla käsiteltävään aiheeseen luentomateriaalista. Luennoilla uusi asia esitetään suhteellisen nopeasti ja se käydään läpi vain käsitteellisesti. Kaavoja ei johdeta luennolla, korkeintaan selitetään mitä ne tarkoittavat. Kun asia on käyty läpi, luennoitsija esittää monivalintakysymyksen, joka testaa opiskelijoiden käsitteellistä osaamista luennon asiasta. Kysymykset käydään läpi luennoilla seuraavasti:

1. Luennoitsija esittää kysymyksen perustuen opiskelijoiden ennalta lukemaan materiaaliin. 1 min
2. Opiskelijat pohtivat itsenäisesti kysymystä. 1 min
3. Opiskelijat vastaavat itsenäisesti kysymykseen.
4. Opiskelijat keskustelevat omasta näkemyksestä keskenään pienryhmissä, luennoitsija kiertelee samalla keskustellen opiskelijaryhmien kanssa tehtävästä. 1-2 min
5. Opiskelijat vastaavat taas itsenäisesti kysymykseen.
6. Luennoitsija esittelee vastaukset ennen ja jälkeen keskustelun.
7. Luennoitsija käy lävitse kysymystä tarkemmin. 2+ min [1]

Mazurin toimintamalli vastaa melko hyvin Vygotskyn esittämää oppimiskulun mallia, joka kuvassa 1 on esitetty. Luennoitsija antaa ryhmälle tehtävän, jota he saavat ensin itse pohtia. Tämän jälkeen hän käy tiedustelemassa osalta ryhmää mitä mieltä he ovat asiasta ja sen jälkeen ryhmä voi vielä keskenään pohtia asiaa. Lopulta luennoitsija arvio saadut vastaukset ja viimeistelee tehtävän käyden sen läpi.

Varsinaisille kysymyksille Mazur asettaa seuraavat ohjeet: Kysymykset tulisi keskittyä aina yhteen asiakokonaisuuteen. Kysymyksiä ei pitäisi pystyä ratkaisemaan kaavojen avulla. Vastausvaihtoehtoja tulisi olla riittävästi ja kysymysten muotoilu vastauksineen pitäisi olla yksiselitteisesti muotoiltuja. Lisäksi kysymykset eivät saisi olla liian vaikeita tai helppoja. [1] Kuvioissa 2 ja 3 on esitetty kaksi esimerkkikysymystä ja niiden vastausvaihtoehdot. [8]

### Reikä astiassa

Kun vesiastian kylkeen tehdään reikä, vesi suihkuaa ulos ja kaartuu alaspäin. Jos astia päästetään vapaaseen putoamisliikkeeseen,

- a) vesisuihku heikkenee
- b) vesisuihku loppuu tykkäänään
- c) vesi suihkuaa astian kyljestä suoraan sivulle
- d) vesi suihkuaa kaartuen ylöspäin

(Unohdetaan ilmanvastus.)

**Kuvio 2.** Tyypillinen vertaisopetuksessa käytetty aktivointikysymys neljällä erilaisella vastausvaihtoehdolla.

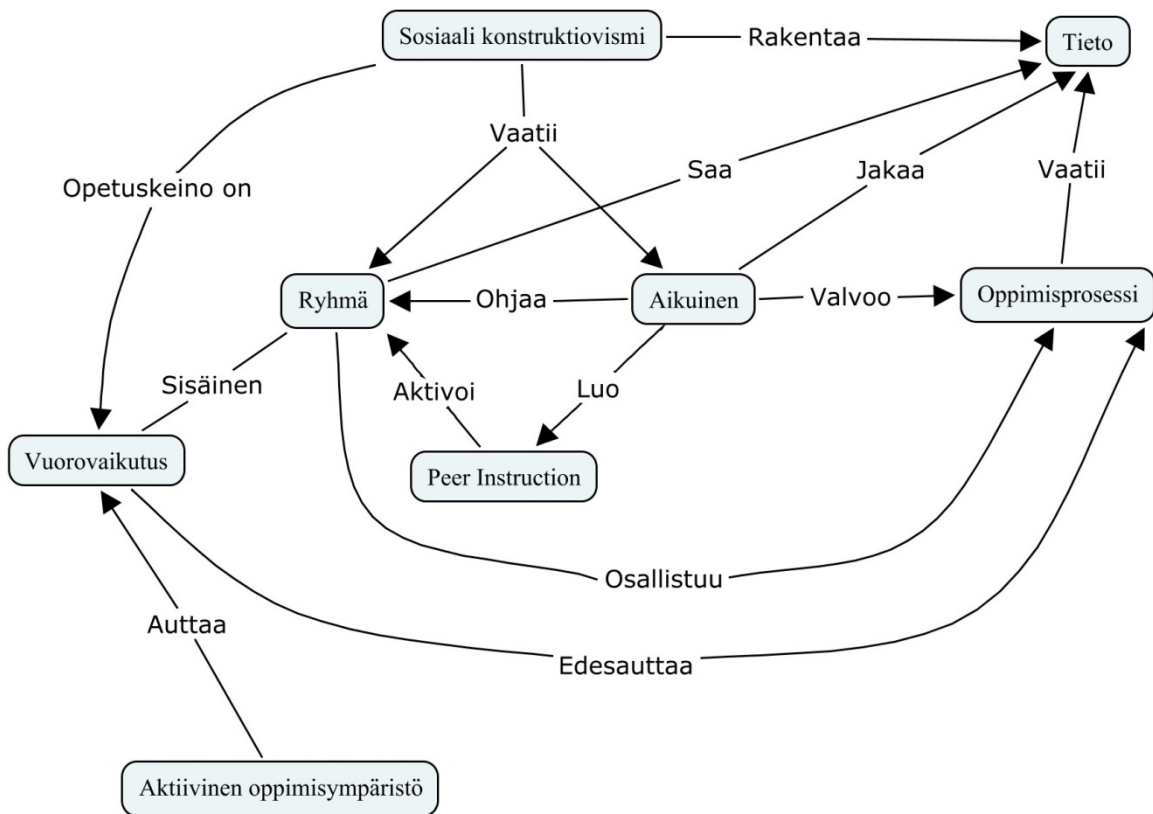
### Kelluvat jääpalat

Kahdessa täsmälleen samanlaisessa lasissa on vettä siten, että vedenpinnat ovat samalla korkeudella. Toisessa lasissa on kuitenkin jääpaloja kellumassa. Kumpi lasista painaa enemmän?

- a) Lasi, jossa on jääkuutioita.
- b) Lasi, jossa ei ole jääkuutioita.
- c) Lasit painavat yhtä paljon.

**Kuvio 3.** Toinen tyypillinen vertaisopetuksessa käytetty aktivointikysymys vastausvaihtoehtoineen.

Suurena etuna tässä opetustyyliässä verrattuna tavalliseen luennointiin on, että luennoitsija saa jatkuvaa palautetta opiskelijoilta siitä mitä he tietävät ja osaavat käsiteltävästä asiasta ja miten heidän käsityksensä muuttuvat. Luennoitsijan on helpompi korjata opiskelijoiden olemassa olevia ja syntyneitä virhekäsityksiä, koska hän on jatkuvassa vuorovaikutuksessa opetettavan ryhmän kanssa. Koska fysiikassa painotetaan käsitteellistä oppimista, vertaisopetus tukee paljon paremmin käsitteellistä oppimista luennoilla verrattuna perinteiseen luennointiin. [9] Tiedon rakentuminen käyttämällä vertaisopetusta on esitetty kuviossa 4.



**Kuvio 4.** Kaaviossa on esitetty kuinka tieto rakentuu sosiaalisen konstruktivismin ympärille, ja miten vertaisopetusta käytettiin aktivointikeinona tiedon välityksenä opetettavalle ryhmälle.

### 3 Tutkimuskysymykset

Teoriat osoittavat, että aktiivisten keskusteluiden kautta tapahtuu tehokkainta käsitteellistä oppimista [4, 10, 11, 12, 13], joka on fysiikan oppimisen kannalta erittäin tärkeää. Tämä avaa ensimmäisen tutkimuskysymyksen 1) millaiset tehtävätyypit ovat potentiaalisimpia eksploraatiivisen keskustelun [luku 4.4.3] syntymiselle ja miten eksploraatiivisen keskustelun määrää voisi lisätä laskuharjoituksissa. Tämä myös palvelee Interaktiivinen opetus ja - oppiminen-projektia [14], jossa tarkoituksena on kehittää yliopisto-opetusta enemmän interaktiivisemmaksi sekä luentojen, että laskuharjoitusten osalta. Lisäksi tieto on tärkeää palautetta kurssin vetäjälle, jotta hän osaa suunnitella ja tehdä opiskelijoille paremmin keskusteluun kannustavia tehtäviä. Toisena tutkimuskohteena katsoin 2) vaikuttaako tilaisuutta ohjaavan assistentin mukanaolo keskusteluiden luonteeseen ja jos näin, niin millä tavalla. Tästä tuleva palaute soveltuu taas laskuharjoituksia ohjaaville assistenteille, jotta hekin voivat kehittää omaa toimintaansa itse laskuharjoitustilanteissa enemmän palvelemaan opiskelijoiden oppimista.

## 4 Metodi

### 4.1 Tutkittava kurssi

Tutkittavana kurssina toimi Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen mekaniikan peruskurssin jatkokurssi. Aineiston keräys tapahtui Interaktiivinen oppiminen ja - opetusprojektin yhteydessä, jossa Fysiikan laitos oli yhtenä osallisena. Projektin tarkoituksena on kehittää yliopisto-opetusta Jyväskylän Yliopistossa enemmän interaktiivisemmaksi erityisesti peruskursseilla. Kurssi järjestettiin syksyllä 2011 ja pääsääntöisesti osallistujakanta muodostui ensimmäisen vuoden fysiikan pääainelukijoista, mutta kurssi oli avoin myös sivuaineopiskelijoille. Tutkittava kurssi oli suoraan jatkoa mekaniikan peruskurssille ja molemmilla kursseilla oli sama luennoitsija ja sama laskuharjoitushenkilöstö. Kurssikirjana kurssilla oli Randall D. Knightin [15]. Kurssi koostui 14 luennosta ja seitsemästä laskuharjoituskerrasta. Luennot olivat kestoltaan 2x45 min ja tuntien välissä oli 15 minuutin tauko. Luentoja oli viikossa kahtena eri päivänä, tiistaina ja torstaina. Laskuharjoitusten ryhmäkoot olivat maksimissaan 25 henkilöä ryhmää kohti. Laskuharjoituksille oli varattu aikaa 105 minuuttia ja tilaisuudet pidettiin ilman taukoja, mutta tilaisuudesta sai poistua kunhan opiskelijat saivat käytyä läpi käsiteltävät tehtävät omasta mielestään tyydyttävästi. Opiskelijoilla oli noin viikko aikaa ratkaista laskuharjoitustehtäviä ennen niiden läpikäymistä. Laskuharjoitukset olivat kerran viikossa, tiistaisin, paitsi viimeiset kaksi laskuharjoitusta, jotka olivat tiistaina (kuudes laskuharjoitus) ja heti perään torstaina (seitsemäs laskuharjoitus). Tutkittavan kurssin luennointityyli toteutettiin vertaisopetuksella ja laskuharjoitukset toteutettiin ryhmäkeskustelun kautta kuten ensimmäinenkin mekaniikan kurssi. [9]

Tieto kurssilla rakentui kuitenkin perinteisellä tavalla. Uusi asia käsiteltiin ensin luennoilla, mihin opiskelijat toivottavasti olivat tutustuneet ennalta (tässä tarkoitetaan lähinnä silmäilyä, asiaa ei tarvinnut opetella etukäteen luennoille). Kun asiat oli käyty luennoilla, opiskelijat saivat aiheisiin liittyviä tehtäviä 6-7 kappaletta, jotka käytiin ryhmäkeskustelumuotoisesti läpi laskuharjoitustilaisuuksissa.



## 4.2 Laskuharjoitusten toteutus

Laskuharjoituksissa opiskelijat merkkasivat ensin mitä tehtäviä he olivat tehneet. Merkattujen tehtävien ei tarvinnut olla kokonaan tehtynä tai oikein ratkaistu, kunhan opiskelija oli valmis esittelemään oman näkemyksensä ratkaisusta tai sen mahdollisesta yritteestä muulle ryhmälle. Tämän jälkeen heidät jaettiin aina 4-5 hengen pienryhmiin, kuten kuvissa 1 ja 2 on esitetty, siten, että jokaiselle laskuharjoitustehtävälle saataisiin oma vastuhenkilö ja että jokaisen ryhmän yhteenlaskettu tehtävien määrä olisi mahdollisimman tasainen. Ryhmäjakoa varten oli olemassa oma tietokoneohjelma, jolla ryhmät jaettiin yllämainituilla parametreilla jokaisen tilaisuuden alussa. Kokonaisuosallistujamäärä laskuharjoituksissa oli 25 opiskelijaa yhtä tilaisuutta kohden. Opiskelijat saivat valita mihin järjestettävistä laskuharjoitustilaisuuksista he osallistuvat, mutta oli toivottavaa, etteivät he vaihtaisi omaa tilaisuutta kesken kurssin.



**Kuva 1.** Kuva laskuharjoitustilanteesta, jossa osallistujat on jaettu neljään eri ryhmään. Taustalla assistentti on juuri keskustelemassa yhden ryhmän kanssa.

Tehtävien vastuuhenkilöiden tuli esitellä muulle ryhmälle oma ratkaisunsa tehtävästään. Lopulta kun ryhmä oli päässyt esittelyyn ja siitä seuraavan mahdollisen keskustelun jälkeen yhteisymmärrykseen siitä kuinka tehtävä tulisi ratkaista, assistentti antoi ryhmälle oman ratkaisunsa kyseisestä tehtävästä ja ryhmä pääsi vertaamaan oman ratkaisunsa assistentin vastaavaan. Assistentin rooli harjoituksissa oli lähtökohtaisesti lähinnä tarkkailla ja tarvittaessa tarjota apuaan keskusteluissa ja tehtävien läpikäynneissä. Ideaalitalanteessa opiskelijat hoitivat kaiken keskustelun ja assistentti hoiti vain käytännön asioita. Toisinaan assistentti kävi tilaisuuden lopussa jonkun vaikeamman tehtävän läpi taululla yhteisesti, jos ryhmällä oli ollut vaikeuksia sen toteutuksessa.



**Kuva 2.** Kuva laskuharjoitustilanteesta. Äänitykseen käytetty ääninauhuri (musta suorakulmion muotoinen laite) voidaan nähdä kuvan etulaidassa olevan ryhmän keskellä.

### 4.2.1 Laskuharjoitusten tehtävistä

Kuudessa ensimmäisessä laskuharjoituksessa oli kuusi tai seitsemän tehtävää ja viimeisessä laskuharjoituksessa oli vain neljä eri tehtävää. Tehtävillä saattoi olla eri alakohtia. Jokaisen laskuharjoituksen ensimmäisessä tehtävässä oli esitetty erilaisia fysikaalisia väittämiä, joiden paikkansapitävyyttä opiskelijoiden tuli kommentoida. Ainoastaan laskuharjoitusten ensimmäistä tehtävää voidaan verrata suoraan muiden eri laskuharjoituskertojen ensimmäiseen tehtävään, sillä ne olivat luonteeltaan samanlaisia. Ensimmäinen tehtävä pääsääntöisesti keskittyi käsitteelliseen osaamiseen ja tehtävän tarkoituksena oli haastaa oppilaita keskustelemaan.

Muut tehtävät olivat erilaisia laskutehtäviä: kuvaajien tulkintaa ja sen avulla laskemista, yksinkertaisia sijoittamisia valmiisiin kaavoihin tai sovelluksia, jotka olivat yleisesti ottaen teknisesti haastavimpia tehtäviä. Lisäksi noin puolessa tehtävissä oli jonkinlaisia alakohtia ja joissakin tehtävissä alakohtien kysymyksissä testattiin myös opiskelijoiden käsitteellistä osaamista. Tehtävän numero ei itsessään kertonut mitään sen vaikeudesta, mutta yleensä viimeinen tehtävä oli bonustehtävä, joka tarjosi vähän enemmän haastetta kuin muut laskuharjoituksen tehtävistä. Kaikki laskuharjoitusten tehtävät ovat kokonaisuudessaan liitteistä. [Liite]

### 4.3 Aineiston keräys

Tutkittava aineisto kerättiin Jyväskylän yliopiston Fysiikan laitoksen mekaniikan peruskurssin jatkokurssilta. Kaikki luennot kuvattiin kahdella eri kameralla, edestä ja takaa. Lisäksi luennoitsijan ja yhden opiskelijan puheet äänitettiin luennoilta. Kuusi ensimmäistä laskuharjoitustilannetta kuvattiin kahdella kameralla ja jokaisen pienryhmän keskustelut äänitettiin. Seitsemäs ja viimeinen laskuharjoitustilaisuus oli luonteeltaan erilainen, tilaisuudessa oli läsnä kaikki kurssilaiset ja assistentit ja se järjestettiin luentosalissa. Viimeinen laskuharjoitustilaisuus kuvattiin vain yhdellä kameralla ja ainoastaan yhden (tutkittavan) ryhmän keskustelut äänitettiin. Tässä tutkielmassa perehdytään vain laskuharjoituskeskusteluiden analysointiin. Koska jokaisessa laskuharjoitustilaisuudessa pien-

ryhmät vaihtuivat, päätettiin tutkittava ryhmä kiinnittää yhden helposti äänestä tunnistettavan henkilön ympärille muodostuvaan ryhmään.

Aineiston keräämisessä pyrittiin luomaan mahdollisimman huomaamatonta, jotta opiskelijoiden ei tarvitsisi kiinnittää liikaa huomiota kuvaamiseen. Vaikka kahta jalustalla olevaa kameraa onkin hyvin vaikeaa saada huomaamattomaksi, niin kesken laskuharjoitustilaisuuksia kameroiden asetuksia ei muutettu eikä kameroiden takana ollut kuvaajia. Ääninauhurit oli asetettu tilaisuuden aluksi pöydille valmiiksi ja vaikka vain yhden henkilön ryhmää tutkitaan, niin halusimme nauhoittaa kaikkien ryhmien puheet pääasiassa kahdesta eri syystä. Projektissa on mukana monta eri tahoja, joten halusimme mahdollisimman kattavan aineiston. Toinen syy oli luoda tasavertaisuuden tunne opiskelijoille tarkkailusta tarkkailemalla kaikkia ryhmiä. Tällöin opiskelijat eivät tienneet käytetäänkö juuri heidän ryhmänsä keskusteluita tutkimuksiin/analyysiin.

#### **4.4 Analysoinnin valinta**

Aineiston analysointi suunniteltiin tehtäväksi alun perin Mortimer ja Scottin nelidimensioisella [13] luokituksella joko autoratiiviseksi tai dialogiseksi ja interaktiiviseksi tai non-interaktiiviseksi. Tämä analysointikeino osoittautui kuitenkin tähän tutkimukseen epäkäytännölliseksi muutamasta syystä. Luokittelu on suunniteltu lähinnä perinteiseen luokahuonekeskusteluun, jossa on selvä opettaja-oppilas-asetelma. Vaikka jokaisella tehtävällä on aina oma vastuhenkilönsä, jonka voisi mieltää toimivan keskusteluissa puheenjohtajana, ja jonkinlaisena auktoriteettina, niin käytännössä tämä ei kuitenkaan näkynyt. Vastuhenkilö lähinnä esitteli oman tehtävänsä ratkaisua ja esittely oli avoin kaiken ajan tarkentaville kysymyksille tai kommenteille, jolloin keskusteluiden luokittelu interaktiiviseksi tai noninteraktiiviseksi ei ole mielekästä. Ainoastaan tilaisuutta vetävällä assistentilla oli havaittavissa auktoriteettiasema ryhmäläisten yli, mutta koska tutkittavana kohteena on ryhmäkeskustelu ja assistentin mahdollinen vaikutus sen luonteeseen, tätä ei voida pitää merkittävänä asiana analyysin kannalta.

Toisena analysointikeinona kokeiltiin Neil Mercerin kolmijakoista luokitusta [4] erilaisille keskusteluille. Toisin kuin Mortimerin ja Scottin jaottelussa, Mercerin luokituksessa keskusteluissa kenelläkään ei ole oletuksena minkäänlaista auktoriteettiasemaa muiden keskustelijoiden yli. Luokituksessa keskustelut jaetaan kolmeen kategoriaan: disputatiiviseen, kumulatiiviseen ja eksploratiiviseen. Analyysimenetelmän valinnasta käytiin keskustelu luokakeskustelun analysointiin erikoistuneen Sami Lehesvuoren kanssa ja lopputuloksena päädyimme yksimielisesti siihen, että analyysi kannattaa suorittaa Mercerin esittelemällä tavalla. Laskuharjoitusten eri keskustelumuotojen jakautuminen on esitetty kuvioissa 5-11 [luvut 5.1 - 5.7] ja analyyseissä katsottiin millaista keskustelun luonne on ja osallistuuko tilaisuudesta vastaava assistentti keskusteluihin vai ei.

#### **4.4.1 Disputatiivinen keskustelu**

Disputatiivisella keskustelulla tarkoitetaan keskustelua, jossa on mukana jonkinlaista riitelyä, toisten mielipiteiden huomioon jättämistä, ylimielisyyttä toisen henkilön kommenteille/mielipiteille tai yksinkertaista juupas-eipäs-väittelyä. [4] Hyvin usein disputatiivista keskustelua on vaikea mieltää varsinaiseksi keskusteluksi. Tämä johtuu disputatiivisen keskustelun luonteesta, jossa yhden tai useamman keskustelijan ääni jätetään kuulematta tai heille ei anneta minkäänlaista arvoa. Disputatiivinen keskustelu on merkitty kuvaajiin nimellä 'dispu'.

#### **4.4.2 Kumulatiivinen keskustelu**

Kumulatiivisessa keskustelussa ei välttämättä ole missään vaiheessa mukana minkäänlaisia kysymyksiä ja niitä seuraavia vastauksia tai väittämiä. Kumulatiivisessa keskustelussa keskustelijat pyrkivät johonkin yhteiseen päämäärään rakentaen keskustelua yhteisesti eteenpäin. Keskustelussa ei yleensä ole mukana toisen keskustelijan väittämien kritisointia vaan keskustelu rakentuu yhteisesti luodun tiedon päälle. Kumulatiivinen keskustelu on hyvin yleinen keskustelumuoto, kun keskustelijat tekevät jonkinlaista yhteistyötä ja haluavat päästä nopeasti päämääräänsä. [4] Kumulatiivinen keskustelu ei ole oppimisen kannalta hedelmällisintä, sillä toisten kommentteja ei tutkita kriittisesti. Kumulatiivisessa

keskustelussa asioiden käsittely voi jäädä hyvinkin pintapuoliseksi ja tällöin oppiminen ei ole parasta mahdollista. Kumulatiivinen keskustelu on merkitty kuvaajiin nimellä “cumu”.

Alla on ote tyypillisestä kumulatiivisesta keskustelusta. Keskustelu on otettu kolmannen laskuharjoituksen toisen tehtävän b-kohdasta [Liite] käydystä keskustelusta. Keskustelussa kurssiivilla esitetyt kirjaimet kuvaavat eri fysiikan suureita.

### Laskuharjoitus 3 tehtävä 2

- 1 **Vastuuhenkilö (mies)** B:ssä *\*viittaus tehtävään\**... vaihekulma elikkä tuo missä se lähtee... mä en oo ihan varma teinks mä tätä ihan oikein. Mä sain jotain  $-\pi/3$  siitä.
- 2 **M1** Mä en tiiä b-kohtaa.
- 3 **N1** Mää sain taas sitten, totanoin... mä sain  $2\pi/3$ .
- 4 **N2** Mistä te sen  $\pi$ :n saatte siihen?
- 5 **N1** No MAOLista.  
*\*naurua\**
- 6 **N2** Aaa
- 7 **Vastuuhenkilö** Mikä sulla on se, mistä sä oot saanu...
- 8 **N1** Mä laitoin, että  $\cos$ ... mikä toi on toi
- 9 **Vastuuhenkilö** -1
- 10 **N1** Et  $\cos$  on  $-1/2$ .
- 11 **N2** Joo
- 12 **N1** Sit mää katoin milloin se kulma on  $-1/2$ , ni sit se on niinku että  $2\pi/3$ . MAOLista katoin, et mikä... mikä toi on? *\*kysymys esitetään muulle ryhmälle\**
- 13 **Vastuuhenkilö** Niin  $-\pi$  toi on.
- 14 **N1** Nii, milloin toi on  $\cos \pi$  on  $-1/2$  radiaaneina, niin tai siis en mä tiiä, mut siis sit se on  $2\pi/3$ . Mä en tiiä yhtään onks toi oikein.
- 15 **Vastuuhenkilö** Okei, on se varmaan oikein, mulla oli vaan puolikas itelläni, niin se on se miinus puol.
- 16 **N1** Ku, tota... eiks toi  $x_0$  tavallaan, voiks sen ajatella, kun se on tuolla täällä alapuolella, että se on miinusta. Eiks se sovittu, että yläpuolella se menee niinku oikealle ja sit ku se menee niinku vasemmalle, nii sit se menee täällä alhaalla. Onks se, sit mä laitoin toi  $x_0$  on niinku miinuksen puolella et.
- 17 **Vastuuhenkilö** Joo
- 18 **N2** Okei, eli mitenkä te ootte sen sitten saanu? Mullon  $-1/2$ , mistä sä oot sen  $-1/2$ :n saanut?
- 19 **N1** No siis, kun mä aattelin, että...
- 20 **Vastuuhenkilö** Sä teit sen sillä  $x$  on  $\cos$ ini tai  $A$  kertaa  $\cos$ ini.
- 21 **N2** Mistä te ootte sen puolikkaan...?
- 22 **N1** No siis, siellä kirjassa on toi kaava, että  $x$

23 N2  
24 N1

Aaa

$x_0$  on  $\text{Acos}\varphi$ , nii siitä mä sit ratkaisin ton kulman.

*\*Keskustelu jatkuu opiskelijoiden käyden läpi tarkemmin mil-  
laisten välivaiheiden kautta N2 on ratkaisunsa saanut.\**

Keskustelussa vastuuhenkilö ensin esittää oman tuloksen, jonka jälkeen yksi ryhmäläisistä kertoo oman tuloksensa ja miten on sen saanut kommentoissa 1-3. Tämän jälkeen opiskelijat yhteisesti käyvät läpi miten tehtävää tulee ajatella ja miten oikea vastaus saadaan kommentoissa 4-24. Vaikka vastuuhenkilöllä ja toisella ryhmäläisessä on eri vastaukset tehtävästä ja erilainen lähestymistapa tehtävään, kumpikaan osapuoli ei kyseenalaista toisen ratkaisua, vaan vastuuhenkilö suoraan hyväksyy toisen ryhmäläisen ratkaisutavan. Ryhmäläiset eivät lähde tarkemmin tutkimaan fysiikkaa tehtävän takana ja onko N2:n esittelemä ratkaisutapa oikea. Tämän kaltainen kritiikin puute on ominaista kumulatiivisessa keskustelussa.

#### 4.4.3 Eksploratiivinen keskustelu

Eksploratiivisella keskustelulla, eli tutkivalla keskustelulla, tarkoitetaan sellaista keskustelua, jossa keskustelijat osallistuvat kriittisesti, mutta samalla rakentavasti toistensa esittämiin ideoihin. Keskustelussa asiaankuuluva informaatio tuodaan esiin yhteisen pohdinnan alaiseksi. Esiin tulevat ehdotukset voidaan haastaa ja edelleen nämä taas uudelleen haastaa keskustelun alle, kuitenkin aina tarjoten perusteluja ja vaihtoehtoja. Yhteisymmärrys perustuu aina yhteisen kehityksen pohjalle. Tietämys asetetaan julkisen arvostelun alaiseksi ja päättelyt ovat näkyvästi esillä keskusteluissa. [4]

Oppimisen kannalta eksploratiivista keskustelua voidaan pitää merkittävimpana keskustelumuotona, sillä keskustelussa henkilöt joutuvat tarkoin perustelemaan näkemyksensä. Tämä auttaa sekä kuuntelijan että puhujan oppimista, sillä puhuja joutuu jäsentämään sanomansa huolella ja tällöin epäselvyyksien syntymiseen jää vähemmän mahdollisuuksia. [13] Eksploratiivinen keskustelu on merkitty kuvaajiin nimellä 'explo'.

Alla on esitetty esimerkkikeskustelu eksploratiivisesta keskustelusta, joka on poimittu ensimmäisen laskuharjoituskerran ensimmäisen tehtävän [Liite] lopusta käydystä keskustelusta. Kursiivilla esitetyt kirjaimet keskusteluissa kuvaavat eri fysiikan suureita.

#### Laskuharjoitus 1 Tehtävä 1

- 1 **Vastuuhenkilö (nainen)** *\*lukee e-kohdan väittämän\** niin mä tulín siihen tulokseen, että se lyhyempi kaatuu ensinnä, koska.. niillä muuten samat ne hitausmomentit, mutta se  $l$  on siinä niin kuin eri kun, jos ajatellaan  $1/3 ml...$ , niin se  $l$  on siinä niin kuin pienempi, jolloin sen hitausmomentti on pienempi ja silloin se kaatuu nopeammin.
- 2 **N1** Mitäs, vaikuttiko siihen jotenkin se, kun niihin vaikuttaa painovoima, kun ne kaatuu tai siis en mä tiä...
- 3 **Vastuuhenkilö** Se on helppo ajatella silleen, että kun, jos on suoraviivainen liike, massa on se, joka hidastaa sitä. Kummalla on suurempi massa, sitä heikommin se lähtee liikkeelle. Niin, suurempi massa, heikommin liikkeelle. Jos on suurempi hitausmomentti, se lähtee heikommin liikkeelle pyörimises. Mä aina aattelin sen silleen massa ja hitausmomentti on niin kuin vastaavat hitausmomentti on pyörimises.
- 4 **N1** Niin just. Eli tavallaan aattelit, että niihin ei kohdistu sit mitään voimia sitten kun ne on tönässä...
- 5 **M1** Mutta kun sehän on pitänyt keppinsä, tai siis sillä on todennäköisesti suurempi massa, sillä on suurempi gravitaatiovoima ja se on kauempana se massakeskipiste siitä pyörimisakselista.
- 6 **Vastuuhenkilö** Se on kyllä totta! Silloin, kumpi silloin tulis... hetkonen, ootahan... sehän tosiaan se massakeskipiste on kyllä korkeammalla. Minä vaan aattelin sitä hitausmomenttia, mutta kun massakinhan on isompi. Hetkonen. Ni eellä(?) on samat vastaukset, empä tiiäkkään enää, apua. *\*ajattelee ääneen\** Kumpi osuu ensin lattiaan, massa on isompi... osuiskohan ne samaan aikaan jopa? Koska se massa on niin kuin suhteessa siihen pituuteen ja jolloin se massa... eikä kun, apua! Eikä kun, mutta jos se massa on isompi silloinhan se hitausmomentti on edelleenkin isompi. Mut jos se on niin kuin, mie jostain sain, äh, puol...  
7 **M1** Niinhän se on, mut silloin se gravitaatiovoimakin kasvaa, mikä vetää sitä alaspäin. Silloin se massa myös siirtyy kauemmaksi siinä kepilläkin, siihen tulee suurempi vääntömomentti.
- 8 **Ohjaaja** Entäs jos pudotetaan pieni kivi ja iso kivi kumpi putoo...
- 9 **Vastuuhenkilö** Yhtä aikaa, niin joo se olis yhtä aikaa.
- 10 **M1** Sittenhän siinä olis taas se vääntömomentti. En minä tiä.
- 11 **Ohjaaja** Mun mielestä sillä ei ole merkitystä sillä kepin massalla
- 12 **Vastuuhenkilö** Niin niin.
- 13 **Ohjaaja** vaan enemmänkin sillä tota pyörimisellä, että kumpiko on hel-



- pompi saattaa pyörimään.
- 14 Vastuuhenkilö** Se lyhyempi, minun mielestä. Sama juttu, et sulla olis valtava torni ja sit et'... Vaikka oveaki, sä työnnät sitä sisäreunalta, ni se on paljo vaikeampaa kuin ulkoreunalta. Silloinhan... apua... En minä tiä! *\*nauraa\** Minä luovutan nyt. Mikä se on?
- 15 Ohjaaja** Mä heitin arvauksen ja laskin sen ja sit siitä tulee toi.
- 16 Vastuuhenkilö** Okei, lyhyempi. Noniin, olin minä oikeassa.
- 17 N1** Ehkä tässä ei pitäis ajatella liian monimutkaisesti.  
*\*Keskustelu etenee palaten muiden väittämien tarkistukseen.\**

Esimerkki alkaa sillä, että vastuuhenkilö esittelee oman näkemyksensä tehtävästä kommentissa 1 ja perustelee oman vastauksensa kommentissa 3. Tämän jälkeen hän saa muulta ryhmäläiseltä vasta-argumentin kommentissa 5, jolloin ryhmä alkaa pohtia tehtävää syvemmin kommentteissa 6 ja 7. Tämän kaltainen eri argumenttien kriittinen vertailu on ominaista eksploraatiivisessa keskustelussa. Lisäksi ohjaajan rooli keskustelun ylläpitäjänä on merkittävässä osassa, sillä ohjaaja ei suoraan lähde tarjoamaan oikeaa vastausta opiskelijoille, vaan hän tarjoaa vaihtoehtoja tapaa ajatella ongelmaa, kommentti 8, ja täten antaa opiskelijoiden itse oivaltaa käsiteltävää asiaa.

#### 4.4.4 Tehtävän esittely, muu luokitus ja ohjaajan puhe

Analyysiä tehdessä neljänneksi luokituksiksi valittiin ns. monologi eli käsiteltävän tehtävän oman ratkaisun esittely. Tällä tarkoitetaan sellaista puhetta, jossa vastuuhenkilö esittelee omaa ratkaisunsa tehtävään ja muut ryhmäläiset eivät yleensä keskeytä tehtävän esittelyä lainkaan tai heidän tarkentavista kysymyksistä tai kommentteista ei synny syvällisempää keskustelua. Tyypillisiä tarkentavia kysymyksiä olivat mm. ”Mitä saitkaan tästä vastaukseksi?” tai ”Mitä kaavaa käytit tässä tehtävässä?”, yleensä näihin kysymyksiin vastattiin muutamalla sanalla tai lauseella, jonka jälkeen esittely jatkui. Koska luokittelu tapahtui episodeittain, joissain tapauksissa kumulatiivinen ja tehtävän esittely otettiin samaksi episodiksi. Tehtävän esittely on merkitty kuvaajiin nimellä ”mono”.

Kaikki muu keskustelu, joka ei suoranaisesti liity käsiteltäviin tehtäviin laitettiin kategoriaan muu. Tyypillisesti jokaisen harjoitustallenteen alussa oli muutaman minuutin ryhmien- ja tehtävienjako-ohjeistus. Assistentin mahdollisesti taululla käymät ratkaisut lai-

tettiin myös tähän kategoriaan. Lisäksi analyysissä katsottiin osallistuuko tilaisuudesta vastaava assistentti keskusteluihin ja onko assistentin läsnäololla vaikutusta keskustelun laatuun. Assistentin läsnäolo keskusteluissa on merkitty kuvaajiin nimellä 'ohjaaja' ja muu keskustelu on merkitty nimellä 'muu'.

#### **4.5 Analysoinnin toteutus**

Aineiston analysointikeinoksi päätin ottaa episodikohtaisen merkintätavan. Episodilla tarkoitetaan yhtämittaista keskustelupätkää, jossa opiskelijoiden puhetyyli ei muutu. Lisäksi tehtävien vaihtuessa episodi vaihtui vaikka puhetyyli pysyisi samana. Episodikohtainen lajittelu oli hyvä ratkaisu erityisesti koodattaessa tapauksia, joissa opiskelijat olivat puoli minuuttia tai pidempään hiljaa korjaten/täydentäen tehtäviään tai sanoen vain puolikkaita lauseita. Hiljaisen hetken jälkeen keskustelu kuitenkin jatkui siitä mihin opiskelijat olivat jääneet. Mekaaniset laskutehtävät, erityisesti hankalahkot integroinnit, olivat hyvin yleisiä tämäntyyppisiä tehtäviä, joissa oli mukana paljon hiljaisia kirjoitushetkiä. Kuitenkin kuvaajia tehdessä järkevimmäksi ja selkeimmäksi tavaksi esittää ryhmätyökeskustelut muodostui ajan suhteen kuvatut kuvaajat, joista voi paremmin nähdä episodien pituudet.

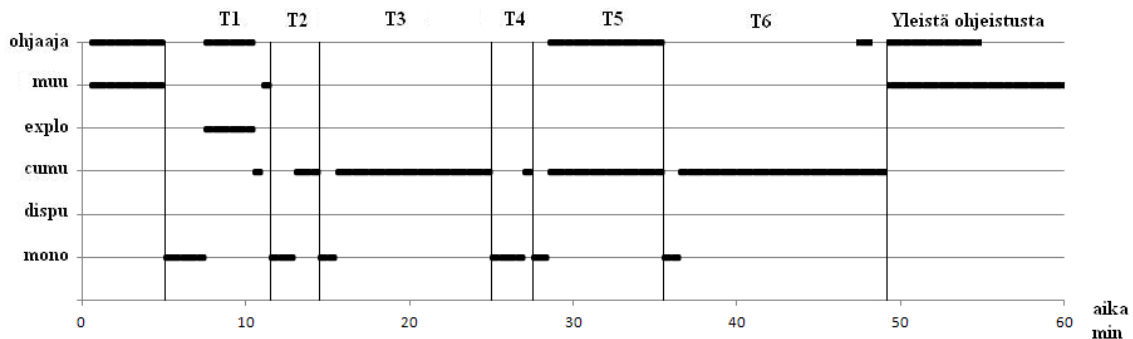
Hyvin usein analyysiä tehdessä monia episodeja ei voinut jaotella mitenkään järkevästi eri luokituksiksi, vaan oli selkeämpää laittaa jokin episodi kahteen eri kategoriaan. Erityisesti tämä tuli esiin, kun vastuuhenkilö esitteli omaa ratkaisua. Tällöin usein kumulatiivinen keskustelu ja tehtävän esittely menivät lomittain. Kuitenkin katsottaessa asiaa kokonaisuutena keskustelut voidaan nähdä yhtenä episodina.

Selkeimmät episodivaihdokset olivat tehtävien vaihdoissa, joissa vastuuhenkilö (yleensä) vaihtui. Muita selkeitä vaihdoksia olivat, kun vastuuhenkilö lopetti oman tehtävänsä esittelyn ja kysyi mitä mieltä muut ryhmäläiset olivat asiasta, tai muiden ryhmäläisten kommentit käsiteltävästä tehtävästä, jotka johtivat pidempiin keskusteluihin.

## 5 Tulokset

### 5.1 1. laskuharjoitus

Ensimmäisen laskuharjoitustilaisuuden alussa ohjaaja oli varannut noin viisi minuuttia aikaa, jotta opiskelijat voisivat esitellä itsensä muille ryhmäläisille. Vaikka suurin osa opiskelijoista oli jatkanut toiselle kurssille ensimmäiseltä kurssilta, laskuharjoitusryhmät olivat hyvin todennäköisesti muuttuneet, koska opiskelijat saivat valita missä laskuharjoitusryhmässä käyvät. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 5.



**Kuvio 5.** Kuviossa on esitetty ensimmäisen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käydyn keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

#### Yleinen kuvaus

Laskuharjoituksen vallitsevana keskustelumuotona oli kumulatiivinen keskustelu. Tehtävät käsiteltiin hyvin kaavamaisesti, vastuuhenkilö esitteli ensin muulle ryhmälle oman ratkaisunsa suurpiirteisesti ja tämän jälkeen ryhmäläiset vertailivat eri tavalla saatuja vastauksia. Toisinaan osa ryhmäläisistä selosti yhteisesti muulle ryhmälle oman ratkaisutapansa vaihe vaiheelta, jos osalla ryhmäläisistä oli ongelmia tehtävän hahmottamisen suhteen. Esimerkiksi tehtävässä kolme ryhmäläistä käyttivät pitkän ajan siihen, kuinka tehtävän mekaaninen osuus, eli integrointi, tulisi suorittaa. Tehtävän kuusi jälkeinen puhe liittyy kurssin yleiseen ohjeistukseen ja käytäntöjen selvittämiseen.

## **Eksploratiivinen osuus**

Ensimmäisen tehtävän käsittely alkoi eksploratiivisesti, sillä vastuuhenkilö antoi kaksi eri ajatusmallia kuinka tehtävän voisi ajatella. Hän ei kuitenkaan antanut tarpeeksi tilaa muille ryhmäläisille esittää omia ajatuksiaan ja mielipiteitään, eivätkä muut ryhmäläiset olleet tarpeeksi rohkeita keskeyttämään vastuuhenkilöä, vaan vastuuhenkilö jatkoi suoraan eteenpäin seuraavaan väitteeseen. Tämä on sinänsä harmillista, koska eksploratiivinen keskustelu on oppimisen kannalta mitä hedelmällisintä [4, 10, 11, 12, 13] ja oletuksena opiskelijat kuitenkin pyrkivät oppimaan kurssin asiat.

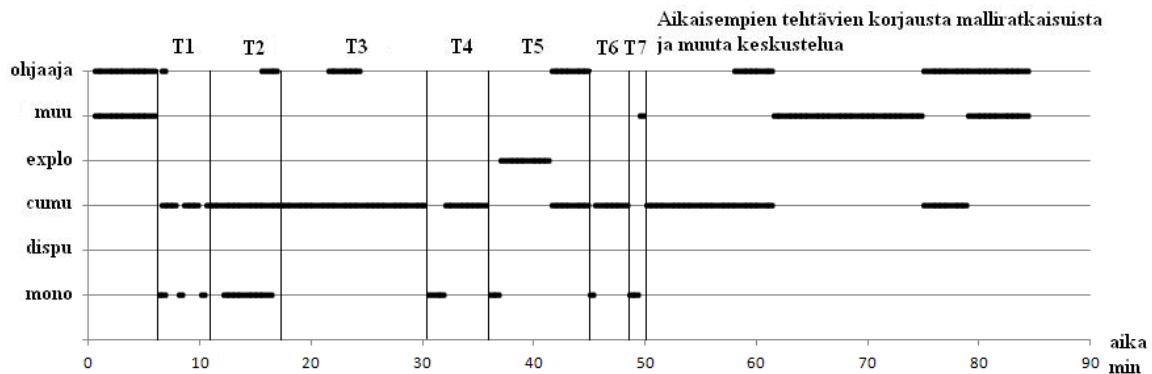
Ensimmäisen tehtävän lopussa oleva eksploratiivinen keskustelu löytyy kirjattuna ja analysoituna luvussa 4.4.3 Eksploratiivinen keskustelu. Keskustelu oli hyvin tyypillistä eksploratiivista keskustelua, vaikka koko ryhmä ei osallistunut keskusteluun.

## **Ohjaajan vaikutus keskusteluihin**

Ensimmäisessä tehtävässä ohjaaja toimi hyvin mukana keskustelun ylläpitäjänä tarjoten ryhmälle toisenlaisen lähestymisen ongelmaan. Ohjaaja ei pyrkinyt dominoimaan keskustelua, vaan antoi opiskelijoiden itse hoitaa ongelmanratkaisun. Vasta lopuksi, opiskelijoiden päädyttyä umpikujaan keskustelussa, ohjaaja tarjosi oman näkemyksensä tehtävään. Tehtävässä viisi vastuuhenkilö ensin esitteli omaa vastaustaan, jonka jälkeen ryhmä kävi ohjaajajohtoisesti läpi miten tehtävää tulisi lähestyä. Ohjaajan rooli keskustelussa muistutti perinteistä opettajamaista neuvomista. Tehtävän kuusi lopussa oleva osuus oli lähinnä hiljaista tehtävien tarkistusta mallivastauksista, missä oli mukana muutama tarkentavia kysymyksiä suunnattuna ohjaajalle.

## 5.2 2. laskuharjoitus

Vaikka toinen laskuharjoitus kesti ajallisesti kaikista pisinään tutkittavista laskuharjoituksista, varsinainen ryhmäkeskustelu kesti vain vähän yli 50 minuuttia. Tilaisuuden alussa ohjaaja jakoi opiskelijat ryhmiin ja samalla kertoi eri tehtävien vastuuhenkilöt. Lopussa osa ryhmäläisistä jäi kopioimaan ohjaajan tekemiä malliratkaisuja ja varsinaista keskustelua ei ollut. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 6.



**Kuvio 6.** Kuviossa on esitetty toisen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käytön keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

### Yleinen kuvaus

Tämän laskuharjoituksen ensimmäisen tehtävän keskustelu oli rakenteeltaan perinteinen. Vastuuhenkilö kertoi oman näkemyksensä väitteisiin ja muut ryhmäläiset kertoivat oman näkemyksensä tämän jälkeen. Puheissa ei ollut mukana minkäänlaista kyseenalaistamista, eikä keskusteluista syntynyt mitään syvällisempiä pohdintoja. Toisessa tehtävässä keskustelu muodostui lähinnä eri laskentatapojen vertailemisesta sekä saman suureen erilaisista merkintätavoista eri koulutusasteilla, jotka muodostavat helposti sekaannuksia.

Kolmatta tehtävää kukaan ryhmäläisistä ei ollut merkinnyt tehdyksi ja ryhmä kävi tehtävän läpi mallivastausten sekä ohjaajan avulla. Keskustelun luonne ennen ohjaajan apua oli hyvin tyypillistä kumulatiivista keskustelua. Yksi ryhmäläisistä, joka oli yrittänyt rat-

kaista tehtävää, esitteli omia ajatuksiaan tehtävästä ja sen mahdollisesta ratkaisusta. Neljäs ja kuudes tehtävä olivat luonteeltaan samanlaiset, molemmissa oli ensin pieni vastuuhenkilön esittely ratkaisustaan, mitä seurasi kumulatiivinen keskustelu muun ryhmän kanssa vertailemalla muun ryhmän ratkaisutapoja ja neuvomista miten tehtävä tulisi ratkaista.

Viimeinen tehtävä käytiin melko poikkeuksellisesti läpi, sillä vastuuhenkilön ratkaisun esittelyä ei seurannut minkäänlaista keskustelua. Tämä johtui luultavasti siitä, että vastuuhenkilö oli ainoa, joka oli tehnyt kyseisen tehtävän. Lopussa osa ryhmäläisistä jäi tarkistamaan tehtäviä malliratkaisuista.

### **Eksploratiivinen osuus**

Viidennessä tehtävässä käyty keskustelu oli varsin mielenkiintoinen, vaikka tehtävä oli vain hieman tavallista haastavampi laskutehtävä. Tehtävän eksploratiivinen keskusteluosuus, joka oli tällä kertaa enemmänkin matemaattinen, löytyy kirjattuna alta.

		<i>*vastuuhenkilö esittelee omaa ratkaisuaan kunnes eräs ryhmäläinen keskeyttää hänet*</i>
<b>1</b>	<b>Vastuuhenkilö (nainen)</b>	...musta tää on 4 senttimetrin korkeudella tää massakeskipiste.
<b>2</b>	<b>M1</b>	Ei oo
<b>3</b>	<b>Vastuuhenkilö</b>	Eikö ole?
<b>4</b>	<b>M1</b>	Mää laskin sen tällä integroimalla, niin se on 2,4 sentin korkeudessa.
<b>5</b>	<b>Vastuuhenkilö</b>	Eiks sen silloin pitäis olla vielä vakeempi, jos se on niinko vielä matalammalla.
<b>6</b>	<b>M1</b>	Eiii... siis joo, hetkinen.
<b>7</b>	<b>Vastuuhenkilö</b>	Mitä korkeammalla se on, niin...
<b>8</b>	<b>M1</b>	Niin on joo, mutta mää sain silti täks kulmaksi ni, että ois vähän yli 20-astetta, 21,3 astetta.
<b>9</b>	<b>Vastuuhenkilö</b>	Ihan näin niin kuin ajatuksena niin tuota. Siis, kun on kolmio, jonka massakeskipiste on, eikö se ku mediaanien leikkauskohta.
<b>10</b>	<b>M2</b>	On
<b>11</b>	<b>Vastuuhenkilö</b>	Jos on tasasivuinen kolmio, niin se on $2/3$ siitä.
<b>12</b>	<b>M1</b>	Joo mut täähän ei ole tasasivuinen, tää on tasakylkinen.
<b>13</b>	<b>Vastuuhenkilö</b>	Mut tasasivuisellakin se toimii, kolmioitten lainauspiste(?)

- on siis mediaanien leikkauspiste. Eikö oo?
- 14 M2** Kyllä mun mielestä.
- 15 M1** Mutta mää myös sanoin, tää esimerkki oli ihan samanlainen.
- 16 Vastuuhenkilö** Se on kyllä totta.
- 17 M1** Tää oli niinku, pituudetkin oli ihan samat, mutta tässä oli vaan 2,5-kertasena.
- 18 Vastuuhenkilö** Oliko tuo, mitäs tuosta tuli? Eiks siitäki tullut 2/3?
- 19 M1** Öö...
- 20 Vastuuhenkilö** Tulihan tuostakin 2/3.
- 21 M1** Niin muuten tulikin.
- 22 Vastuuhenkilö** Eikös se oo.  
*\*nauraa\**
- 23 M1** Voi olla.
- 24 Vastuuhenkilö** Minen laskenut sitä, mä vaan aattelin, että tän saa päätellä.
- 25 M1** Se voi olla.
- 26 Vastuuhenkilö** Koska silloin tämä jäi tosi alas tämä painokeskipiste, koska tämä yllättävän niinku, aika niinku kuitenkin alhaalla se painokeskipiste. Jos se olis niinku ollut tällainen tötsä se olis varmasti kaatunut aiemmin, ku se massakeskipiste silloin se olis ollut helpompi. Se on tuon kuvan mukkaan mennee.
- 27 M1** Joo
- 28 Vastuuhenkilö** Ja silloin mä sain, että sen pitäis olla yli 45 astetta, joka on isompi kuin 42. Mutta minä oisin ite ajatellut, että tän on pakko kaatua 90, 0,80, tää kitkakerroin ei se voi liukua. En minä tiä. Minä sanoisin, että väärin, mutta missä se virhe on, sitä en tiedä.
- 29 M2** En mä sitä 42 astetta oo mistään. Mää kyllä sain 45 ja mieltii sitä, jos se on ollu 0,9.
- 30 Vastuuhenkilö** Niinii
- 31 M1** Ei kyl se on varmaan toi neljän sentin korkeudella.
- 32 Vastuuhenkilö** Niinku minä vaan mietin sitä, että 2/3 on se kolmiolla tai 1/3 täältä ylhäältä, ku mä mietin, että se jää tosi alas. Mut se, ettäkun mä meinasin, että mä rupeen integroimaan sitä, kun minun pitäis niitäkin harjoitella, kun mä en osaa sitä.
- 33 M1** Mmm
- 34 Vastuuhenkilö** Tuota, tänne alas jää tuota neljä senttiä, kun se oli puolet tosta ja sitte tohon jääpi kanssa neljä senttiä ja tuosta se kulma, 45 asetta maksimissaan saa olla. Sit sen jälkeen se kaatuu ja 42, että se lähtis liukummaan, joka ei minusta oo... Kyllä mä ymmärrän, että jos laskin on jo 90, se... 90 se kitkakerroin, niin täähän ei kaadu, se lähtee ennemmin liukummaan ku kaatuu, koska massahan on täällä alhaalla.
- 35 M1** Mmm
- 36 Vastuuhenkilö** Se, että se ois näin päin ja liukuu, niin silloinhan se kaatuu. Se vaan, että minusta tämän siltikin pitäis kaatua mieluummin. Tai siis, kuitenkin tää on kohtalaisen korkea. Minun

- järki sanois ainakin.
- 37 M1 Joo
- 38 Vastuuhenkilö Mä en tiiä, mä laskin sen näin ja sain tuloksen, mutta minun mielestä tämä on väärin.
- 39 M1 Noh, toi kuulostaa ihan pätevältä perustelulta kyllä.
- 40 Vastuuhenkilö Joo, mutta tuota, se idea on tämmönen, mutta missä mulla on se virhe, koska minun mielestä tämä ei voi olla näin, ei ikinä.
- 41 M2 Näytä
- 42 Vastuuhenkilö Niinkun, onko mulla joku vaikka väärin. Oonko mä väärää kulmaa laskenut siinä kaatumisessa tai jotakin, koska noinhän se mennee, mutta... *\*pitkähkö hiljaisuus\** mutta minun mielestä se pitäis kaatua.
- 43 M2 On se tukeva kuitenkin mun mielestä.
- 44 Vastuuhenkilö Niin kyllä, se on totta, että se on aika matalalla se piste. Se pistehän sen ratkaisee kumpi se on, mutta se, että niinku kuitenkin se on kyllä aika korkealla, siis silleen se ei ihan... en minä tiiä. Minä voisoin tietty katsoa noita ohjaajan vastauksia.” *\*pyytää ohjaajan paikalle\** ”Saisiko vitoseen vastauksen?”
- 45 Ohjaaja Onko teillä neloseen vastausta?
- 46 Vastuuhenkilö Ei ole, katsotaan nelonen ensin.  
*\*ryhmä tarkistaa ensin nelostehtävän malliratkaisuista ohjaajan avustuksella ja sen jälkeen M2 toteaa, että vastuuhenkilö oli ratkaissut vitostehtävän oikein\**

Tehtävän eksploraatiivinen keskustelu sai alkunsa, kun toinen ryhmäläinen oli saanut erilaisen lähestymistavan avulla erilaisen vastauksen tehtävästä, kommentit 1-4. Tilanteesta seurasi pieni käsitteellinen keskustelu tehtävän kuvaamasta fysikaalisesta tilanteesta kommentteissa 5-8, jonka jälkeen keskustelu jatkui matemaattisempaan tehtävän kuvaamasta kolmiosta, ja keskustelijat antoivat hyvin muotoiltuja ja perusteltuja kommentteja, 9-23. Mielenkiintoisena sivuhavaintona voidaan huomata, kuinka paino ja massa menevät sekaisin ainakin puhekielessä vastuuhenkilöllä kommentissa 26, ja kuinka vahvat ennakkokäsitykset estävät vastuuhenkilöä hyväksymästä laskemalla saamaansa vastausta, kommentti 38. Keskusteluiden päätyttyä vastuuhenkilö pyysi ohjaajalta mallivastausta tehtävään ja ryhmä kävi ohjaajajohtoisesti läpi tehtävät neljä ja viisi.



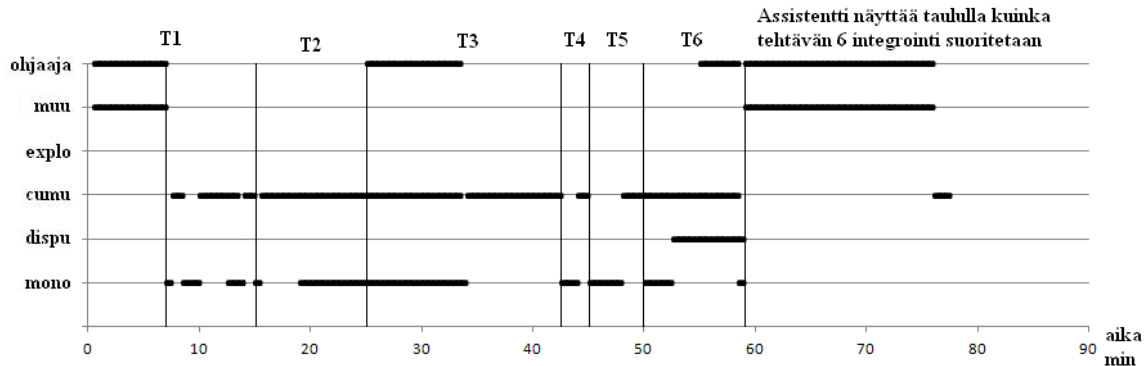
## **Ohjaajan vaikutus keskusteluihin**

Ensimmäisen tehtävän ohjaajan kommentti oli lähinnä lyhyt selvennys tehtävänantoon, eikä siihen liittynyt muuta keskustelua. Toisen tehtävän lopussa ohjaaja selvitti ryhmälle millaisissa tilanteissa eri pyörimismäärään liittyviä suureita tulee käyttää. Keskustelu oli erillinen edeltävästä tehtävästä ja ohjaajan kommentti oli enemmänkin selventävä. Kolmannen tehtävän keskustelu ohjaajan kanssa oli lähes kokonaan ohjaajan monologia siitä, kuinka tehtävän mekaaninen osuus, eli tässä tapauksessa ristitulo, tulisi suorittaa. Ohjaajan poistumisen jälkeen ryhmä jatkoi pohdintaa siitä kuinka tehtävä tulisi ratkaista.

Viidennessä tehtävässä ohjaaja ei ollut tietoinen opiskelijoiden syvällisemmästä keskustelusta tullessaan pöytään, eikä hän tällöin pystynyt hyödyntämään näitä pohdintoja. Toisaalta ohjaaja ei myöskään tiedustellut opiskelijoiden ajatuksia tehtävistä, kommentit 44-46. Tästä seurasikin, että ryhmän eksploratiivinen keskustelu päättyi ja keskustelu muuttui luonteeltaan kumulatiiviseksi. Laskuharjoituksen lopussa olevassa vapaammassa keskusteluissa ohjaajan mukana oleminen keskusteluissa oli lähinnä opettajamaista neuvomista, siitä kuinka tehtävät tuli ajatella ja ratkaista.

### 5.3 3. laskuharjoitus

Tilaisuuden aluksi ohjaaja jakoi taas opiskelijat ryhmiin. Lopussa ohjaaja näytti yhteisesti kaikille opiskelijoille miten viimeisen tehtävän integroinnit tuli suorittaa. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 7.



**Kuvio 7.** Kuviossa on esitetty kolmannen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käydyn keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

#### Yleinen kuvaus

Ensimmäisessä tehtävässä vastuuhenkilö esitteli hyvin perustellen omat näkemyksensä tehtävän väitteistä, mutta vaikka eriäviä mielipiteitä lyhyillä perusteluilla esitettiin joihinkin tehtävän kohtiin, vastaväitteistä ei syntynyt syvällisempää keskustelua. Vastuuhenkilö hyväksyi eriävät mielipiteet eikä hän lähtenyt puolustamaan omia kantojansa. Syy saattoi olla tapa, jolla eriävät mielipiteet ilmaistiin. Vastamielipiteet kerrottiin hyvin voimakkaalla luottamuksella omaan näkemykseen ja fysiikan tuntemukseen.

Toinen tehtävä alkoi vastuuhenkilön tehtävän esittelyllä, mutta pian hän totesi, ettei hän ollut varma kuinka loppukohdat tehtävästä tulisi tehdä. Tästä seurasi tyypillinen kumulatiivinen keskustelu ryhmän sisällä, jonka osa on kirjattu luvussa 4.4.2. Kolmannen tehtävän vastuuhenkilö aloitti oman ratkaisun esittelyllä ja keskustelu jatkui pian ryhmäläisten verratessa vastauksiaan. Ohjaaja tuli mukaan keskusteluun ja selitti miten tehtävä tulisi

ratkaista ryhmäläisten samalla esittäessä tarkentavia kysymyksiä tehtävästä. Ohjaajan poistuttua ryhmä kävi lopun tehtävästä läpi yhteisesti vertaillen toistensa vastauksia ja korjaten tekemiään laskuvirheitä.

Neljäs ja viides tehtävä olivat hyvin samanlaiset. Molemmissa tehtävissä oli vastuuhenkilön tehtävän ratkaisun esittely, jota seurasi pieni yhteiskeskustelu vastausten vertailusta. Viimeisessä tehtävässä tehtävänä oli tarkastella erilaisista integraaleista millaisista kappaleista on kyse. Tehtävä alkoi vastuuhenkilön hieman epävarmalla esitellyllä tehtävästä ja muut ryhmäläisistä auttoivat tehtävän läpikäynnissä. Tehtävän edetessä vastuuhenkilön selostus ja kommentit jäivät muiden ryhmäläisten keskusteluiden alle, minkä takia keskustelu on luokiteltu myös disputatiiviseksi keskusteluksi. Lopussa ohjaaja esitteli taululla yhteisesti kaikille ryhmille kuudennen tehtävän integroinnit, jonka jälkeen osa ryhmäläisistä jäi katsomaan vielä mallivastauksia.

### **Eksploratiivinen osuus**

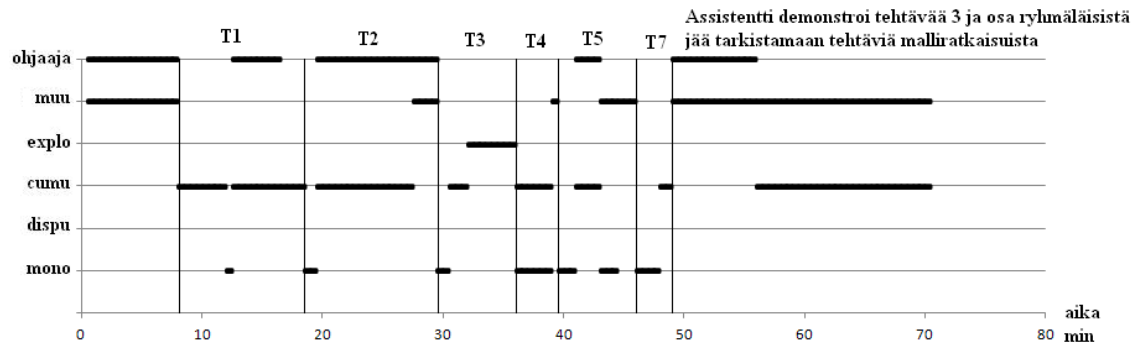
Tässä laskuharjoituksessa ei ollut mukana eksploratiivista keskustelua.

### **Ohjaajan vaikutus keskusteluihin**

Kolmannen tehtävän keskustelu ohjaajan kanssa alkoi siitä, kun opiskelijat pyysivät apua ohjaajalta miten tehtävää tulee ajatella. Ohjaajan kanssa käyty keskustelu muistuttaa luonteeltaan hyvin paljon opettajamaista neuvomista, missä ohjaaja kertoi kuinka tehtävä tulisi ajatella ja opiskelijat kysyivät tehtävään liittyviä kysymyksiä joihin ohjaaja antoi suoraan vastauksen. Kuudennessa tehtävässä ohjaaja ei varsinaisesti osallistunut itse tehtävän läpikäyntiin ja keskusteluihin, vaan häneltä kysyttiin vain muutama tarkentava kysymys liittyen tehtävään.

## 5.4 4. laskuharjoitus

Tilaisuuden alussa ohjaaja jakoi opiskelijat ryhmiin ja määräsi vastuuhenkilöt tehtäville. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 8.



**Kuvio 8.** Kuviossa on esitetty neljännen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käydyn keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

### Yleinen kuvaus

Ensimmäisen tehtävän keskustelut olivat hyvin lähellä eksploratiivista keskustelua, sillä erilaisia näkökantoja esitettiin, mutta kuitenkin niitä ei perusteltu tarpeeksi eivätkä keskustelijat lähteneet tutkimaan esitettyjä väitteitä sen paremmin. Kun yksi ryhmäläisistä kysyi kuinka varma vastuuhenkilö oli omasta perustelustaan yhteen väitteistä, vastuuhenkilö vastasi olevansa täysin varma omasta kannastaan, jolloin keskustelu päättyi ilman vaihtoehdoisen näkökannan kuulemista. Ohjaajan kommentit liittyivät lähinnä tehtävänannon kommentointiin ja sen selventämiseen.

Toinen tehtävä alkoi vastuuhenkilön esittämällä ratkaisulla, jonka jälkeen yksi ryhmäläinen esitti oman ratkaisunsa ryhmälle ja tilannetta seurasi tyypillinen kumulatiivinen keskustelu. Lopulta ryhmä päätyi ajatuksiinsa umpikujaan ja pyysivät ohjaajalta apua kuinka tehtävä tulisi ajatella. Kuvaavaa tehtäville yksi ja kaksi on, että niissä on monta potentiaalista keskustelukohdasta, josta olisi helposti saanut hyviäkin tutkivia keskusteluja, mutta niitä ei syntynyt ryhmän sisällä.

Kolmas tehtävä alkoi taas vastuuhenkilön tehtävän esittelyllä, jonka pian yksi ryhmäläisistä keskeytti pyytäen tarkempaa selostusta siitä, miten vastuuhenkilö oli ajatellut tehtävää. Keskeytys johti kumulatiiviseen keskusteluun ryhmän sisällä. Kolmannen tehtävän toinen osio johti eksploraatiiviseen keskusteluun ryhmän sisällä. Neljännen tehtävän ongelma oli enemmän käsitteellinen luonteeltaan ja ryhmä kävi tehtävän läpi sujuvasti yhteisen pohdinnan avulla vastuuhenkilön kertoessa omaa ratkaisua. Keskustelu oli tyyppistä kumulatiivista ryhmäkeskustelua.

Viidennen tehtävän ryhmä kävi läpi kuuntelemalla ensin vastuuhenkilön ratkaisun, jonka ryhmä pian totesi oikeaksi. Ryhmä alkoi tämän jälkeen keskustella b-kohdan väittämästä, mutta keskustelu keskittyi pian epäolennaiseen tehtävän kannalta. Kuudetta tehtävää ei ollut kukaan ryhmästä tehnyt ja ryhmä päätti jättää sen tarkistamisen omalle vastuulle tilaisuuden jälkeen.

Viimeisen tehtävän vastuuhenkilö esitteli vain oman ratkaisunsa, jota seurasi pieni tulosten vertailu yhden ryhmäläisen kanssa. Tehtävä itsessään ei synnyttänyt mitään keskustelua ryhmän sisällä. Lopun ajasta assistentti ensin esitteli taululla kolmannen tehtävän ratkaisun yhteisesti kaikille ryhmille, minkä jälkeen osa ryhmäläisistä jäi tarkistamaan tehtäviä malliratkaisuista.

### **Eksploraatiivinen osuus**

Kolmannen tehtävän toinen osio käsitteli puhtaasti käsitteellistä ymmärtämistä tilanteesta, jossa tutkittiin kappaleen liikkumista kitkallisella pinnalla kahden erilaisen jousen ollessa kiinnitettynä tutkittavan kappaleen päihin. Keskustelu löytyy kokonaisuudessaan kirjattuna alta.

- 1 Vastuuhenkilö** Ja sitten b-kohta, tähän mulla on ihan sanallinen versio, ei hajuakaan tästä. Mä luulisin, että se värähtelyn vaimeneminen näkyis nopeammin sillä puolella, jossa on pienempi jousivakio ja silloin se vetävävoima, koska suhteessa niinku ois sitte...

- niinku, pienemmässä voimassa näkyis pienempi tuota, että se voima ehtii nopeammin...
- 2 M1 Joka kuitenkin, kun se on kappaletta, jota välissä on molemmilla puolilla jousi, ni kumpaan tahansa suuntaan kun mennäänkin, niin molemmat jouset tekee siinä jotain.
- 3 Vastuuhenkilö Nii, en mä tiiä, mä vaan aattelin.
- 4 M1 Jeep... ei toi sitten oikein toimi, että aatellaan toiseen suuntaan jousi vaan vaikuttaa.
- 5 N1 Mites sit siinä ei periaattees näkyis mihinkään, tai sit se vaimenis silleen tasaisesti?
- 6 M1 Mä itte väittäisin noin.
- 7 Vastuuhenkilö En mää tiiä.
- 8 M? Kitkahan pysyy vakiona koko ajan.
- 9 N1 Sit se vaimentaa sitä silleen... saman verran joka heilahduksella tai siis joka värähtelyllä.
- 10 Vastuuhenkilö Nii, en mää tiiä, vaikuttaako se sitten mitenkään siihen?
- 11 N1 Mut niinku... värähteleekö ne erilailla?
- 12 Vastuuhenkilö Mä mietin, et meneeks se kappale nopeemmin toiseen suuntaan? Ei
- 13 M1 Molempiin suuntiin vaikuttaa molemmat jouset.
- 14 Vastuuhenkilö Nii, se on kyllä totta.
- 15 M1 Se niitten yhteisvaikutus, mikä sitä heiluttaa edestakaisin. Toiseen suuntaan ku mennään, niin ei se toinen jousi vaan lakkaa olemasta ja toinen jousi vaikuttaa ja sitten se tulee taas olemaan ja toinen lakkaa olemasta.
- 16 Vastuuhenkilö Niin niin, ei se kyllä. Mä vaan yritän miettiä miten tää, ku minä en oikein tiiä.
- 17 N1 Joo, en tiiä. Eli siis, mikä nyt on ratkasu? Olitteks te nyt fikset siellä, kerrotteko te ratkasun?
- 18 M2 Katto ihan vaan tohon suuntaan, älä katto tännepäin yhtään. Mä en...
- 19 M1 Nii, pitääks tähän kohtaan sanoa, että mä oon osannut vaan ykkösen ja nelosen?  
*\*naurua\**
- 20 N1 Mitä paskaa?
- 21 Vastuuhenkilö Se on esittävinään vaan niin fikset. No ei tosissaan. Totaa...
- 22 M2 Mä voin sanoa, että mä en edes lukenut koko tehtävää, enkä mä kyllä tehnytkään.
- 23 N1 Nonni
- 24 M2 Mä aattelin tehdä ton pilkkimistehtävän...
- 25 Vastuuhenkilö Entäs, mitäs sinä veikkaat?
- 26 N1 Ei hajuakaan.
- 27 Vastuuhenkilö Siis ku, että oli vaan niin erilainen tilanne, minen niinku oikeasti tiiä. Minä vaan ajattelin, että se...
- 28 M1 Mut siis, mä nyt olin vaan sitä mieltä, että ne kumpikaan jousi ei lakkaa vaikuttamassa missään kohtaa siihen liikkeeseen.

- 29 **Vastuuhenkilö** Mmm, kyllä, mut silloin...
- 30 **M2** Onko tää nyt erilainen tilanne, kun sä et tiedä vai?  
\*naurua\*
- 31 **Vastuuhenkilö** Niinku, minä vaan mietin sitä, että niinku kun, kun kitkahan on, vaikuttaa silloin, kun...
- 32 **M1** Molempiin suuntiin.
- 33 **Vastuuhenkilö** Kyllä, mutta se, että tota, kun nopeus on suurimmillaan, niin silloin se vaikuttaa eniten. Eikös se niin ollut?
- 34 **M1** Mmm joo-o
- 35 **Vastuuhenkilö** Koska se ei liiku, niin silloin se vaikuttaa vähiten.
- 36 **N1** Kitka?
- 37 **Vastuuhenkilö** Niin, joku tämmönen oli. En muista.
- 38 **M1** Paitsi, että periaatteessa, jos aletaan oikein pilkkua nussimaan, siitähän tulee tota tää staattinen kitka jossain kohtaa, kun se pysähtyy.
- 39 **Vastuuhenkilö** Niin no joo, mut siis tota. Niinku mä vaan mietin, että eikö tää muka mitenkään eroa sitten siitä? Täs on kaks jousta, jotka on erilaista ja sitten kappale liikkuu niitten välillä.
- 40 **M1** No ne molemmat jouset vaikuttaa koko ajan.
- 41 **N1** Olit sä ajatellut, et se tasapainoasema siirtyis sen toisen jousen vähä niinku tai toiseen suuntaan, kun se vaimenee. Vai mitä sä olit ajatellut?
- 42 **Vastuuhenkilö** Niin mä ajattelin tai siis, mutta eihän se minun ajatus meni ihan pilalle, kun M1 tyrmäsi sen ihan kokonaan.  
\*naurua\*
- 43 **M2** Jos se teidän oloa yhtään helpottaa, *\*epäselvä kommentti\**
- 44 **Vastuuhenkilö** Tai sitten me odotamme ohjaajan tuomiota, minulle, mä en osaa lisätä yhtään mitään tähän.  
*\*ryhmä jatkaa seuraavaan tehtävään ja tarkistaa myöhemmin tehtävän ohjaajan avulla\**

Vastuuhenkilö aloitti kertomalla oman näkemyksensä tehtävään, jonka ryhmä pian totesi virheelliseksi toisen ryhmäläisen näkökannan avulla, kommentit 1-9. Kommenteissa 1-17 ja 31-42 voidaan nähdä hyvää eksploratiivista keskustelua, erilaisia mielipiteitä annetaan ja niille esitetään perusteluja ja vastaperusteluja. Lopulta ryhmä päätyi umpikujaan pohdinnoissansa ja ryhmä päätti kysyä apua ohjaajalta, kommentti 44.

### **Ohjaajan vaikutus keskusteluihin**

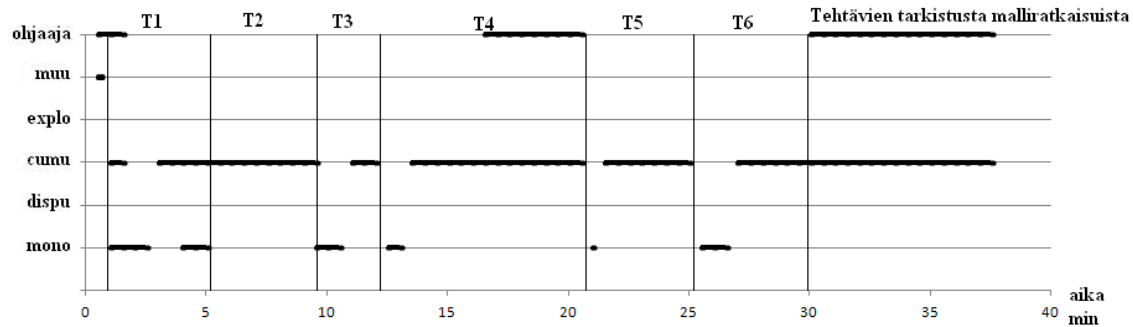
Ensimmäisen tehtävän keskustelu ohjaajan kanssa ei ole merkittävä ryhmän keskustelun kannalta, sillä ohjaaja antoi vain muutaman selventävän kommentin liittyen tehtävänan-

toihin. Toisessa tehtävässä taas ryhmä pyysi ohjaajalta apua miten tehtävä tulisi ratkaista ja tehtävä käytiin ohjaajajohtoisesti läpi loppuun, jossa ohjaaja oli pääsääntöisesti äänessä selittäen ratkaisua ryhmälle. Viidennen tehtävän ohjaajan kommentti liittyi eri lähteistä saatujen luonnonvakioiden vertailuun eikä sinänsä liity käsiteltyihin keskusteluihin.



## 5.5 5. laskuharjoitus

Viides laskuharjoitus alkoi kuten muutkin, ohjaaja jakoi opiskelijat ryhmiin ja määräsi vastuuhenkilöt tehtäville. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 9.



**Kuvio 9.** Kuviossa on esitetty viidennen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käydyn keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

### Yleinen kuvaus

Viides laskuharjoituskerta oli hyvin kaavamainen luonteeltaan. Tehtävät neljä, viisi ja kuusi alkoivat vastuuhenkilön oman ratkaisun esittelyllä ja sitä seuranneella yhteisellä pohdinnalla, tämä oikeastaan päti myös tehtäviin yksi ja kolme, mutta niissä oli mukana myös yhteistä pohdintaa heti tehtävän alussa.

Tehtävän yksi käsittely oli hyvin suoraviivainen ja ainoastaan yksi väittämä (c-kohta) tuotti pohdiskelevampaa keskustelua, muut väittämät käytiin läpi melko selvinä tapauksina. Assistentin läsnäolo tehtävän alussa ei vaikuttanut juurikaan keskusteluun, hän ainoastaan selvensi tehtävän väittämiä ja niissä käytettyjä oletuksia. Neljännessä tehtävässä assistentti selvensi tehtävien kolme ja neljä ratkaisua johtaen keskustelua selityksellään opiskelijoiden vain esittäessä muutamia tarkentavia kysymyksiä.

Ainoastaan tehtävän kaksi keskustelurakenne poikkesi merkittävästi muista tämän laskuharjoituksen tehtävistä, jossa ei ollut läsnä oikeastaan ollenkaan vastuuhenkilön puhetta,

vaan muut ryhmäläiset hoitivat puhumisen. Tehtävä oli luonteeltaan yksinkertainen sijoita kaavaan -tehtävä (kaava löytyi valmiina johdettuna kirjasta, tai sen pystyi vaihtoehtoisesti johtamaan) ja tehtävän vastuuhenkilöllä ei ollut ongelmia tehtävän ratkaisun suhteen joten hän vain ilmoitti vastaukset. Muut ryhmäläiset puolestaan pohtivat enemmän miten tarvittavat kaavat pystyttiin johtamaan, mistä keskustelu pääasiassa muodostui.

### **Eksploratiivinen osuus**

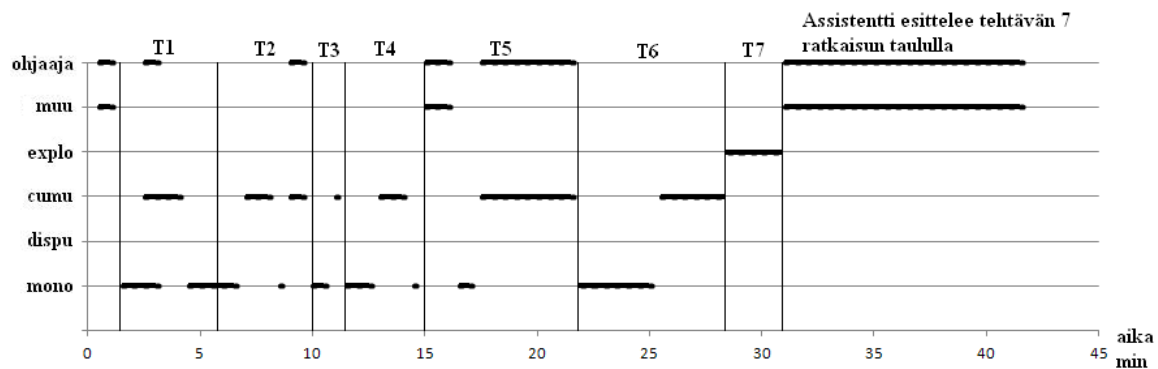
Tässä laskuharjoituksessa ei ollut mukana eksploratiivista keskusteluosuutta.

### **Ohjaajan vaikutus keskusteluihin**

Ainoastaan neljännessä tehtävässä ohjaaja oli aktiivisesti mukana ryhmän keskusteluissa. Ohjaaja kysyi onko opiskelijoilla ollut ongelmia tehtävissä ja ryhmä pyysi ohjaajalta tarkentavaa selostusta käsiteltyihin tehtäviin kolme ja neljä. Ohjaaja selosti kuinka tehtävät tuli ajatella ja selostus keskeytyi ainoastaan muutamaan ryhmän tekemään tarkentavaan kysymykseen.

## 5.6 6. laskuharjoitus

Tilaisuuden alussa ohjaaja jakoi taas pienryhmät ja antoi vastuuhenkilöt eri tehtäville. Poikkeavaa on, että viimeiselle tehtävälle ei ollut omaa vastuuhenkilöä tässä ryhmässä. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 10.



**Kuvio 10.** Kuviossa on esitetty kuudennen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käydyn keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

### Yleinen kuvaus

Kuudennen laskuharjoituksen ensimmäinen tehtävä ei vastannut täysin sisällöltään muiden laskuharjoitusten ensimmäisiä tehtäviä. Jotta väitteisiin pystyi vastaamaan, oli opiskelijoiden melkein pakko käyttää hyväkseen eri fysiikan kaavoja, jolloin tilaa syvällisemmälle keskustelulle ei juuri ollut. Vastuuhenkilö kertoi vain omat ratkaisunsa ja lyhyt kumulatiivinen keskustelu esiintyi tehtävän yhteydessä. Ohjaajan puhe ei ollut tallentunut tarpeeksi voimakkaana, jotta sitä voisi kommentoida.

Toisen, kolmannen, neljännen ja kuudennen tehtävän käsittelyt olivat lähes samanlaiset. Vastuuhenkilö esitteli ratkaisunsa jota seurasi pieni erilaisten tulosten vertailu, mitkä olivat johtuneet joko vääristä suureiden tulkinnoista (säde-halkaisija) tai pyöristettyjen väliarvojen käytöstä. Viidennessä tehtävässä kumulatiivinen keskustelun osuus koostui eri vastausten vertailusta, minkä jälkeen assistentti selitti koko ryhmälle kuinka tehtävä olisi pitänyt ajatella ja laskea.

## Eksploraatiivinen osuus

Seitsemättä tehtävää, joka oli myös bonustehtävä, ei kukaan ryhmässä ollut tehnyt, mutta moni oli pohtinut sitä. Ryhmä alkoikin pohtia tehtävän lähtökohtia ja fysiikan käyttäytymistä eksploraatiivisesti. Opiskelijat keskustelivat siitä, miten ääni käyttäytyy yhdistettynä liikkuvaan objektiin. Keskustelu löytyy kirjattuna kokonaisuudessaan alta.

*\*Tehtävällä ei ollut vastuuhenkilöä, koska kukaan ei ollut merkanut sitä tehdyksi.\**

- |    |    |   |
|----|----|---|
| 1  | N1 | Seiska, oliko sitä kellään?   |
| 2  | N2 | Kysyitteks te luennoitsijalta onko sitä mahdollista ratkaista?  |
| 3  | N1 | Joo kysyttiin, mutku meidän kuva oli väärin. Siitä se johtuu, että P:n perustelu oli...   |
| 4  | N2 | Aaa   |
| 5  | N1 | Jos kuvaus olis ollut oikein, niin P:n perustelu olisi ollut oikea. Mutta se kuva oli väärin.   |
| 6  | M1 | Mikä teillä oli ongelma tossa hahmotuksessa?  |
| 7  | N1 | Koska. Siis minä en tajunnut sitä, että niinku. Minä käsitin, että silloin kun lentokone on tossa pään yläpuolella, niin se ääni on lähtenyt silloin.   |
| 8  | M1 | Eeei  |
| 9  | N1 | Niin, niin, koska minä en tajunnut sitä, että se on lähtenyt sitä ennen. Koska, koska siinä on sanottu, että t-ajan kuluttua siitä, kun se oli yläpuolella.   |
| 10 | M1 | Niin, sä kuulet sen t-ajan jälkeen, kun se on ollut yläpuolella.  |
| 11 | N1 | Nii   |
| 12 | M1 | Eliikkä se on jossain täällä jo siinä kohtaa.   |
| 13 | N1 | Niin on. Mutta se, että se ääni on lähtenyt jo ennen ennekuin se on minun kohdalla, ni sitä mä en tajunnu.  |
| 14 | M1 | Siis se ylääänipamausaaltohan lähtee joka tapauksessa täältä, jos se lentokone on täällä kärjessä ja täällä on maanpinta ja sä oot tossa.   |
| 15 | N1 | En minä sitä tiennyt, mut se mä aattelin et se lähtee silloin kohtisuoraan, kun minun yläpuolella. Tässä sanotaan näin, että ku minä en ymmärrä mistä kohti tuo pitäis tietää. Tästä tehtävänannosta tuo pitäis tietää. Kun kuulet ylääänipamauksen ajan t kuluttua siitä, kun kone oli täsmälleen yläpuolella. |
| 16 | M1 | Oli. Oli.   |
| 17 | N1 | Niin oli ja sen jälkeen se on mennyt ohi. Eli mä kuvittelin...  |
| 18 | M1 | Ja sit kuluu aika t ja sit ku se on jossain täällä hukassa, ni sä kuulet sen pamauksen.   |
| 19 | N1 | Kyllä, mutta mistä mä tiedän, että se...  |
| 20 | M2 | Se aika mikä siinä nyt oli ongelmana se, että me tiedettiin se,   |

- että me kuullaan se vasta sitten. Jos tässä on meidän suora linja, me kuullaan
- 21 N1 Joo
- 22 M2 kyllä vasta täällä vasta sitten täällä. Sen N1 tajus. Sä kuvittelit,
- 23 N1 Nii *\*nauraa\**
- 24 M2 että se lähtee tästä. *\*lisää naurua\**
- 25 N1 Jatka.
- 26 M2 Mutta ku se ongelma oli siinä, että me kuviteltiin se, että se pamaus lähtee tästä vaikka sehän lähtee täällä se ääni. Se ääni, mikä me kuullaan on lähtenyt täältä. Eliikkä tämä on se äänen kulkema matka.
- 27 N1 Nii, mä en tajunnu. Siis, koska, mä oon kuvitellu, että se on lähtenyt silloin kun se on minun yläpuolella ja menny minusta ohi se. Ja okei, mä tiän ne. Mulla oli pelkkä kolmio tämmönen ja se oikea kolmio on siis tämän näköinen, et se on lähtenyt täällä se ääni.
- 28 M1 Mm-m
- 29 N1 Ja
- 30 N2 Ainiin siis se ääni, joka on lähtenyt täällä, sä kuulet sen tossa vai?
- 31 N1 Ei, kun mä kuulen sen, kun se lentokone on täällä.
- 32 N2 Aa-a
- 33 N1 Tässä on niin kuin kaks kolmioo.
- 34 N2 Jasso
- 35 M1 Siis sä kuulet sen äänen, jos lentokone vetää ylääntä, ni sä kuulet sen äänen aina sen jälkeen, kun se on vetänyt sun ohitte hyvän aikaa sitten.
- 36 N1 Ni kyllä, mutta onko se ääni lähtenyt silloin, kun se on minun yläpuolella vai ennen sitä? Sitä mä en saanut tästä tehtävänannosta selväksi, koska se luennoitsija sanoi, että se on lähtenyt sitä ennen. Mistä kohtia tuosta tehtävänannosta se kerrotaan? Mää ainakin menin siinä sekaisin.
- 37 M1 Joo-o
- 38 N1 Koska mulla toi kuva oli väärin, niinku oli P:lläkin.  
*\*nauria ja ohjaaja kysyy taustalta onko kukaan laskenut viimeistä tehtävää\**
- 39 N1 Noku minä en tajua tuota tehtävänantoa.
- 40 M2 Se on siinä ku se on, tai se on kartion muotoinen se.
- 41 N1 Se, se meneeki paremmin järkeen se sinun versio. Mutku, mutku, niinku minä vaan sitä tehtävänantoa, kun jos ajatellaan, että se lähtee sellaisena aaltona eikä mieti sitä kartiota. Missä vaiheessa tästä tietää sen, että...
- 42 M2 En mä siitä sitä tietäiskään.
- 43 N1 Koska, mulla oli toi kuva väärin. Eihän tätä voi, niinku, mitenkään... Mutta sittenhän tulee kaksi t, kun me ei tietä sitä, niinku...

- 44 M2 Mmm
- 45 N1 Nii, et se ei oo samanpitäinen se niinku se välttämättä se matka, joka lentokone on niinku pamahti...
- 46 M2 Tää on just niinku sulla oli se kuva jossain nii...
- 47 N1 Se oli jossain.  
*\*nauraa\**
- 48 N1 Mutta, se että, tuossa se on, mutta se, että kyllähän sen tosta varmaan saa ratkastua hauskasti, mutta...  
*\*keskustelu päättyy, kun ohjaaja alkaa näyttämään taululla viimeisen tehtävän ratkaisua kaikille ryhmille\**

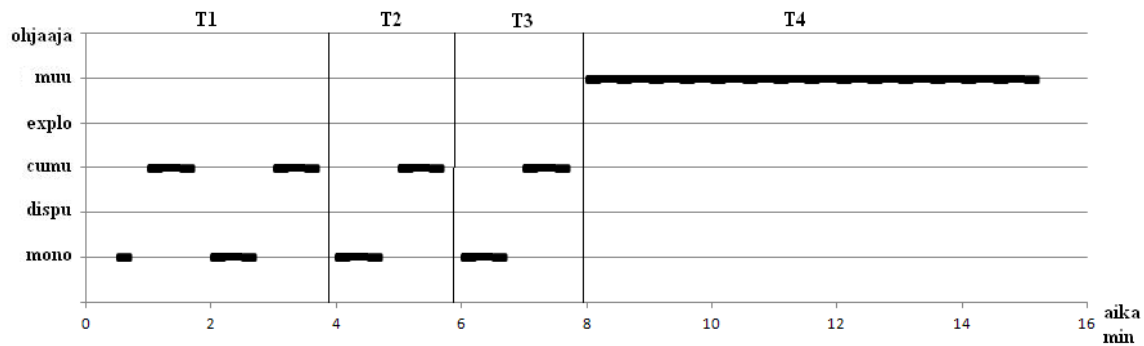
Eksploraatiivinen keskusteluosuus alkoi N1:n kommentista 7 ja jatkui M2:n kommenttiin 42. Varsinkin N1:n kommentteista 7 ja 15 voi huomata, että ajatusprosessit olivat hyvin pitkälle kehittyneitä ja jalostuneita. Keskustelut lopuivat, kun ohjaaja näytti tilaisuuden lopuksi kaikille ryhmille yhteisesti taululla miten viimeinen tehtävä tulisi ajatella ja ratkaista.

### **Ohjaajan vaikutus keskusteluihin**

Toisen tehtävän lopussa oleva ohjaajan puhe oli kommentointia ensimmäisen tehtävän väittämiin. Keskustelu käytiin toisen ja kolmannen tehtävien käsittelyiden välissä, eikä siihen liittynyt muuta keskustelua. Viidennessä tehtävässä ohjaaja aloitti kumulatiivisen osuuden selittämällä tehtävässä käytettyjen termien eroja. Tehtävän käsittely jatkui ohjaajan toimiessa puheenjohtajana ryhmän vertaillessa vastauksiaan ja lopussa ohjaaja selitti tehtävän koko ryhmälle yhteisesti.

## 5.7 7. laskuharjoitus

Seitsemäs ja viimeinen laskuharjoituskerta oli monella tapaa poikkeava muista tilaisuuksista. Ensinnäkin, tilaisuus järjestettiin isossa luentosalissa, jossa opiskelijat joutuivat istumaan vieretysten ja varsinaista ryhmätyötilaa ei ollut. Toiseksi, tilaisuudessa olivat läsnä kaikki kurssilaiset ja vastaavat assistentit, joten tilaisuutta ei voinut pitää mitenkään rauhallisena ja salissa vallitsi melko suuri meteli. Kolmanneksi, opiskelijoilla oli tavallista lyhyempi aika tehdä ennakkoon käsiteltäviä tehtäviä, mutta tämä oli huomioitu tehtävien lukumäärässä. Keskusteluiden jakautuminen on esitetty kuviossa 11.



**Kuvio 11.** Kuviossa on esitetty seitsemännen laskuharjoituksen jokaiseen tehtävään käytetty aika ja käydyn keskustelun luonne jokaisessa tehtävässä. Lisäksi kuviossa näkyy onko ohjaaja ollut mukana keskustelussa.

### Yleinen kuvaus

Varsinaisia ongelmatehtäviä oli vain kolme ja neljännessä tehtävässä piti kertoa jostain vaikeasta tai hankalasta tehtävästä, joka oli jäänyt kurssilta mieleen ja miksi näin. Kuvaaava viimeiselle laskuharjoitukselle oli, että vallitsevana keskustelumuotona oli kumulatiivinen keskustelu. Vastuuhenkilö kertoi oman vastauksensa, jota seurasi vain pieni tulosten vertailu ja tämän jälkeen ryhmä siirtyi seuraavaan tehtävään.

### Eksploratiivinen osuus ja ohjaajan vaikutus keskusteluihin

Kuten kuvioista 11 voidaan nähdä, tässä laskuharjoituksessa ei ollut eksploratiivista keskustelua eikä ohjaaja osallistunut ryhmän keskusteluihin.

## 5.8 Yleisiä havaintoja

Kuvaavaa laskuharjoitusten ensimmäisille tehtäville oli, että tehtävien väittämiä pohtiessa piti ensin tehdä muutamia oletuksia ja sen jälkeen argumentit joko pitivät paikkaansa tai eivät. Yleensä näiden oletuksien luomisen puute, ja siitä seuraavat väärinkäsitykset, saivat aikaan pohdiskelevimmat keskustelut opiskelijoiden kesken. Keskustelut eivät kuitenkaan automaattisesti olleet tutkivia, vaan yleensä opiskelijat hyväksyivät toisten selitykset paremman tiedon puutteessa.

Yhteistä keskusteluissa oli, että esittäessään perusteluita omille mielipiteilleen ja ratkaisuilleen, naisilla oli tarvetta ilmaista epävarmuutta, toisinaan hyvinkin voimakkaasti. Tämän voi huomata erityisesti kumulatiivisen keskustelun esimerkkikeskustelusta luvusta 4.4.2, kun seuraa N1:n puhetta. Miehet puolestaan esittivät omat näkemyksensä yleensä hyvin varmasti ja suurella itseluottamuksella omaan fysiikan tuntemukseensa.

## 5.9 Eksploratiivisten keskusteluiden jakautuminen

Jokaisen tehtävän alakohdat mukaan luettuna, laskuharjoituksissa oli yhteensä 96 eri tehtävää. [Liite] Näistä 96 ongelmasta neljä tehtävää tuotti eksploratiivista keskustelua opiskelijoiden kesken. Ensimmäisen ja neljännen laskuharjoituksen tehtävät, joissa eksploratiivista keskustelua oli mukana, ovat puhtaasti käsitteellisiä eikä niissä ole mukana minäänlaista laskuosiota. Toisen laskuharjoituskerran tehtävä on haastavampi laskutehtävä, jossa eksploratiivinen keskustelu syntyy enemmän geometrasta käsitteistä kuin fysikaalisista käsitteistä. Kuudennen laskuharjoituksen seitsemäs tehtävä oli puolestaan haastava ongelmatehtävä, jossa itse laskuosuus ei ollut teknisesti vaikea. Tehtävässä fysikaalisen tilanteen hahmottaminen tuotti eksploratiivisen keskustelun.



## 5.10 Assistentin vaikutus keskustelun luonteeseen

Kuten kuvioista 5-11 voidaan nähdä, episodit, joihin assistentti osallistui, luokiteltiin pääasiassa kategorioihin kumulatiivinen tai muu keskustelu. Tämä toteutui aina, jos assistentti oli mukana keskustelussa heti episodin alussa. Kuitenkin, jos assistentti tuli keskusteluihin mukaan kesken episodin, keskusteluiden luonne ei muuttunut. Assistentin mukana oleminen keskusteluissa muutti keskustelun yleensä luonteeltaan neuvomammaksi ja johdattelevammaksi.

## 5.11 Johtopäätöksiä

Tässä tutkimuksessa olevassa aineistossa oli yhteensä neljä eksploratiivista keskusteluepisodia 96 eri tehtävässä. Voidaankin sanoa, että eksploratiivisen keskustelun syntyminen on melko harvinaista laskuharjoituksissa. Toisaalta tämä voi viitata siihen, että jokainen ryhmäläinen oli ymmärtänyt käsiteltävän tehtävän riittävän hyvin, joten eksploratiiviselle keskustelulle ei jää tilaa tai sille ei ole tarvetta. Kuitenkin, ryhmät pyrittiin kokoamaan mahdollisimman heterogeenisesti, jotta tämän kaltaisia tilanteita ei syntyisi jokaisen tehtävän osalta. Lisäksi kaikki tehtävät itsessään eivät antaneet mahdollisuutta eksploratiivisen keskustelun syntymiselle. Esimerkiksi toisen laskuharjoituksen toisen tehtävän b- ja c-kohdissa pääpaino oli laskemisella eikä niinkään käsitteellisellä ymmärtämisellä. [Liite]

Yhteistä kaikille neljälle eksploratiivisen keskustelun episodille oli, että kaikissa keskusteluissa oli taustalla käsitteellinen ongelma, josta opiskelijoilla oli erilaiset mielipiteet. Laskutehtävä poisluettuna, muut tehtävät, joissa eksploratiivista keskustelua syntyi, testasivat hyvin vahvasti opiskelijoiden käsitteellistä osaamista ja ymmärrystä. Tämä vastaa ensimmäisen tutkimuskysymyksen ensimmäiseen kohtaan. Tehtävät, jotka testaavat opiskelijoiden käsitteellistä ymmärrystä, ovat potentiaalisempia tehtäviä eksploratiivisen keskustelun syntymiselle, joka taas puolestaan edistää oppilaiden käsitteellistä ymmärrystä. [4]

Edellytyksenä eksploraatiivisen keskustelun syntymiselle on muiden keskustelijoiden argumenttien haastaminen, jos itsellä on erilainen näkemys asiasta. Toisen argumenttien ja ajatusten haastamaan lähtemistä puolestaan edesauttaa tuttu ja turvallinen ympäristö, jossa kunnioitetaan toisten mielipiteitä ja annetaan tilaa toisten ajatuksille. [16] Koska laskuharjoitusten pienryhmät arvottiin jokaisen laskuharjoituskerran alussa, oli täysin mahdollista, että opiskelijat saivat jonkun tuntemattoman henkilön ryhmäänsä jokaisella kerralla ja tutun/turvallisen oppimisympäristön syntyminen tuli mahdolliseksi.

Vaikka pienryhmäkeskuselu ei opetusmenetelmänä varmasti ole täysin vieras opiskelijoille, monet opiskelijat tuskin kuitenkaan tietävät miten pienryhmäkeskustelut saadaan toteutettua oppimisen kannalta mahdollisimman tehokkaasti. Opiskelijoita tulisi kannustaa kurssin alussa antamaan enemmän tilaa toisten mielipiteille ja näkemyksille, varsinkin jos itsellä on epäselvä näkemys asiasta. Lisäksi opiskelijoiden ei tulisi pelätä olla väärässä, vaan sanoa rohkeasti oma näkemyksensä. Jotta tilaisuutta ohjaava assistentti voisi auttaa eksploraatiivisen keskustelun syntyä pienryhmissä, hänen kannattaisi aina tullessaan mukaan keskusteluihin tiedustella mitä opiskelijat ovat puhuneet ja käyttää hyväkseen mahdollisesti kuulemiaan näkemyksiä. Assistentin ei myöskään kannattaisi antaa suoraan oikeita vastauksia, vaan tarjota vaihtoehtoisia tapoja ajatella asiaa.

## Lähteet

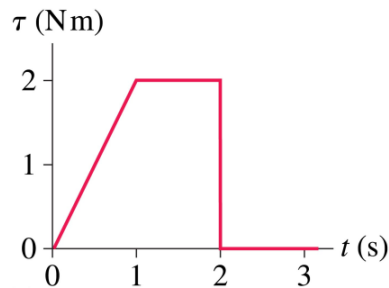
- [1] E. Mazur *Peer Instruction: A User's Manual* Prentice Hall, inc. 1997
- [2] A. Pollard et al *Reflective teaching : evidence-informed professional practice 2nd Edition* Continuum International Publishing Group 2006
- [3] L. S. Vygotsky *Mind in Society* Cambridge, MA: Harvard University Press. 1978
- [4] N. Mercer *Words&Minds How we use language to think together* Routledge 2003
- [5] R. D. Knight *Five Easy Lessons - Strategies for Successful Physics Teaching* Addison Wesley 2002
- [6] S. Tobias *They're Not Dumb, They're Different: Stalking the Second Tier*, Tuscon, AZ: Research Corporation 1990
- [7] R. R. Hake, *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. 66, 64 1998
- [8] P. Koskinen *Mekaniikan Peruskurssi 2 - Mekaniikan jatko-osa luentomuistiinpanot* 2011
- [9] P. Koskinen *Jäähvyäiset luennoinnille* ARKHIMEDES 3/2012
- [10] L. Resnick et al *Discourses, Tools and Reasoning: Essays on Situated Cognition* Berlin, Springer Verlag 1997
- [11] S. Lyle *An Investigation in which children talk themselves into meaning* Language and Education vol 7, no 3 1993
- [12] D. Barnes, F. Todd *Communication and Learning Revisited* Portsmouth, NH, Heinemann 1995
- [13] E. F. Mortimer, P. H. Scott *Meaning Making in Secondary Science Classroom* McGraw-Hill International 2003
- [14] Jyväskylän yliopisto, *Interaktiivinen opetus ja oppiminen - yhdessä parempaa pedagogiikkaa*, <<https://www.jyu.fi/hankkeet/interaktiivinen>>, viittauspäivä 22.10.2012
- [15] R. D. Knight *Physics for Scientists and Engineers with modern physics Second Edition International Edition* Pearson Addison Wesley 2008
- [16] S. Hart, V. K. Hodson *The Compassionate Classroom: Relationship Based Teaching and Learning* PuddleDancer Press 2004

## **Liitteet**

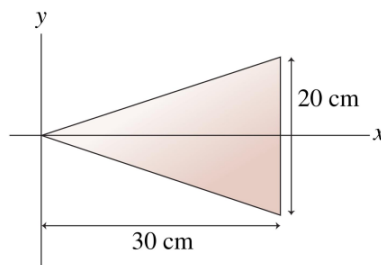
# FYSP102 Fysiikka 2

## Laskuharjoitus 1 (demoissa tiistaina 1.11)

- Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.
  - Sinulle annetaan kaksi kilon painoista, jalkapallon kokoista ja identtisen näköistä metallipalloa. Toinen palloista on ontto ja toinen ei. Voitko siltä seisomalta päätellä kumpi on kumpi?
  - Jos kappaleeseen kohdistuvien voimien summa on nolla, kappaleeseen kohdistuva vääntömomentti ei välttämättä ole nolla.
  - Jos kappaleeseen, joka pääsee pyörimään tietyn akselin ympäri, kohdistuu kaksi yhtä suurta voimaa, niin akselin suhteen kauemmaksi kohdistuva voima aiheuttaa kappaleeseen suuremman vääntömomentin.
  - Bumerangi on Australian aboriginaalien käyttämä kuun sirpin muotoinen metsästysväline. Onko bumerangin massakeskipisteen oltava sen sisällä?
  - Sahaat metrin mittaisen suoran kepin kahteen, 30 cm pitkään ja 70 cm pitkään osaan. Laitat kepit lattialle vierekkäin pystyyn ja tönäiset ne samanaikaisesti kumoon. Kumpi osuu ensin lattiaan?
- (Knight 12-26) Kappaleen hitausmomentti pyörimisakselin suhteen on  $4.0 \text{ kg m}^2$ , ja se kokee oheisen kuvan mukaisen vääntömomentin ajan funktiona. Mikä on kappaleen kulmanopeus hetkellä  $t = 3.0 \text{ s}$ ? Oleta, että aluksi kappale on levossa.

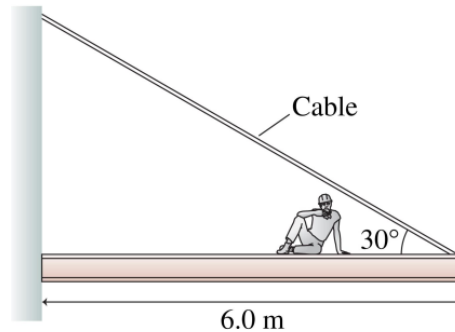


- (Knight 12-53) 800-grammainen teräslevy on tasakylkisen kolmion muotoinen, kuten kuvasa. Missä on levyn massakeskipiste  $\vec{R}_{cm}$ ? Vihje: jaa kolmio  $dx$ -levyisiin suikaleisiin ja kirjoita  $dm$   $x$ :n ja  $dx$ :n avulla.

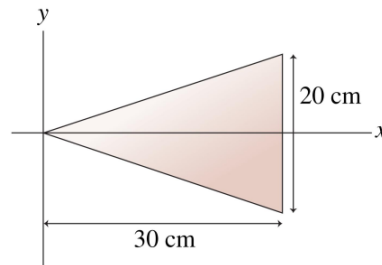


4. (Knight 12-63\*) 80-kiloinen rakennustyöläinen istuskelee 1450 kg painavan teräspalkin päällä jota kannattelee teräsvaijeri. Työläinen on 2.0 m:n päässä palkin päästä ja syö nallekarkkeja. Vaijerin maksimijännitykseksi on ilmoitettu 15 000 N.

- Piirrä kaikki vaijeriin ja palkkiin kohdistuvat voimat.
- Tulisiko työläisen huolestua vaijerin katkeamisesta?

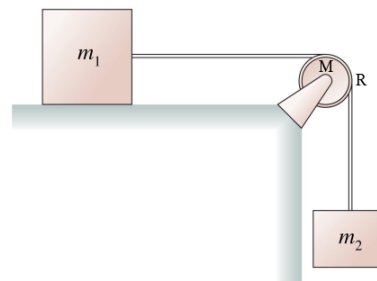


5. 800-grammainen teräslevy on tasakylkisen kolmion muotoinen, kuten kuvassa. Mikä on levyn hitausmomentti sen pyöriessä  $x$ -akselin ympäri? *Vihje:* jaa kolmio  $dy$ -korkeisiin suikaleisiin ja kirjoita  $dm$   $y$ :n ja  $dy$ :n avulla.



6. (Knight 12-71) Liukkaalla alustalla oleva kappale (massa  $m_1$ ) on yhdistetty kevyellä köydellä kitkattomasti pyörivän väkipyörän kautta punnukseksi toimivaan kappaleeseen (massa  $m_2$ ).

- Laske kappaleen 1 kiihtyvyys oikealle ensin olettamalla että väkipyörän hitausmomentti voidaan unohtaa.
- Laske kappaleen 1 kiihtyvyys oikealle ottamalla väkipyörän hitausmomentin huomioon. Väkipyörä on tasapaksu levy, massa  $M$ , säde  $R$ , ja naru ei luista väkipyörän päällä. Rajalla  $M \rightarrow 0$  sinun on saatava sama tulos kuin a-kohdassa. *Vihje:* narun eri osien jännitysten ero  $T_1 - T_2$  aiheuttaa väkipyörään vääntömomentin, ja kulmakiihtyvyys  $\alpha = -a/R$ , missä  $a$  on kappaleen 1 kiihtyvyys oikealle.



# FYSP102 Fysiikka 2

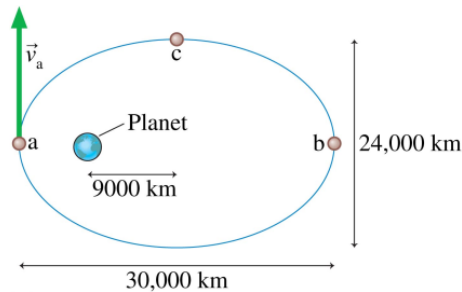
## Laskuharjoitus 2 (demoissa tiistaina 8.11)

1. Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.

- Homogeeniset, samanpainoiset ja samansäteiset pallo ja sylinteri lähtevät vierimään alas kaltevaa tasoa. Ne ehtivät alas samanaikaisesti.
- Pyörimismäärävektori osoittaa kaikille pyöriville kappaleille samaan suuntaan kuin kulmanopeusvektori.
- Mikä on geosynkroninen rata ja kuinka korkealla se on maasta?
- Satelliitti on maan kiertoradalla. Siihen lisätään osia, kunnes sen massa kaksinkertaistuu. Tällöin maan satelliittiin kohdistuva gravitaatio kaksinkertaistuu, mutta kiertorata ei muutu.
- Maata kiertävien satelliittien kineettinen energia on yhtä suuri kuin niiden gravitaatio-potentiaalienergia.

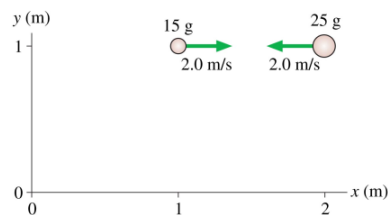
2. (*Knight 12-81*) Satelliitin kiertorata on ellipsin muotoinen kuvan mukaisesti. Ainut satelliittiin kohdistuva voima on planeetan gravitaatiovoima. Satelliitin vauhti pisteessä  $a$  on  $8000 \text{ m/s}$ .

- Kohdistuuko satelliittiin väntömomenttia? Selitä.
- Mikä on satelliitin vauhti pisteessä  $b$ ?
- Mikä on satelliitin vauhti pisteessä  $c$ ?

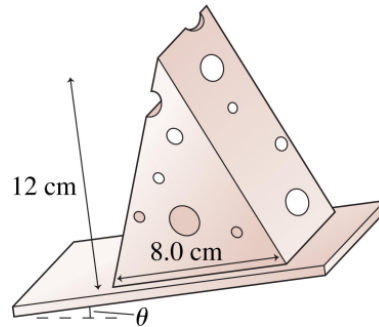


3. (*Knight 12-82*) Alla olevassa kuvassa kaksi savimöykkyä törmää toisiinsa.

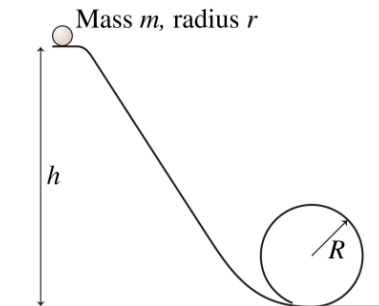
- Laske kokonaispyörimismäärävektori origon suhteen kuvan hetkellä.
- Laske kokonaispyörimismäärävektori origon suhteen juuri ennen törmäystä.
- Laske kokonaispyörimismäärävektori origon suhteen heti törmäyksen jälkeen.
- Perustele  $c$ -kohdasta saamasi vastaus. Muuttuisiko tilanne, jos olisit laskenut pyörimismäärän jonkin toisen pisteen suhteen? Entä mitä möykkyjen pyörimismäärille erikseen tapahtuu (kvalitatiivisesti) ja miksi?



4. (*Knight 13-39*) Voit hypätä maan pinnalla 50 cm ylöspäin. Pääsisitkö siten pakenemaan asteroidilta, jonka läpimitta on 4.0 km ja massa  $1.0 \times 10^{14}$  kg?
5. (*Knight 12-92*) Puulaudan päällä on tasakylkisen kolmion muotoinen ja pahanhajuinen juustoklöntti. Lautaa kallistettaessa juusto saattaa joko kaatua tai liukua alas. Haluat arvata mitä tapahtuu ja löydät netistä kyseisen juuston ja puun välisen staattisen kitkan kertoimeksi 0.90. Mitä arvelet tapahtuvan lautaa kallistettaessa?



6. (*Knight 12-91*) Marmorikuula vierii alas kaltevaa tasoa ja edelleen  $R$ -säteisen silmukan ympäri. Marmorikuulan säde on  $r$  ja massa  $m$ . Miltä korkeudelta  $h$  kuulan olisi vähintään lähdettävä, jotta se ei putoaisi silmukasta? Kuula on aluksi levossa ja se vierii kitkatta.



7. *Bonustehtävä.* Homogeeninen  $m$ -massainen ja  $R$ -säteinen sylinteri vierii tasaisella lattialla, kunnes törmää kynnykseen, jonka korkeus on  $h$ . Mikä sylinterin nopeuden olisi vähintään oltava ennen törmäystä, jotta se pääsisi nousemaan kynnyksen päälle? Törmäys kynnyksen reunaan on *epäelastinen*.



# FYSP102 Fysiikka 2

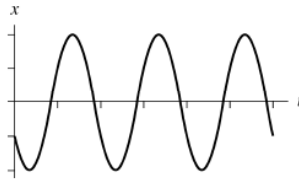
## Laskuharjoitus 3 (demoissa tiistaina 15.11)

1. Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.

- Jousen päässä värähtelevän kappaleen jaksonaika ja maksiminopeus eivät riipu liikkeen amplitudista.
- Yhden jakson aikana heilurin suurin nopeus ja samalla suurin kiihtyvyys saavutetaan heilurin ollessa alimpana.
- Jouseen kytketty kappale värähtelisi samalla taajuudella maassa ja maata kiertävässä sateliitissa, mutta heilurille sateliitissa mitattu taajuus ei olisi sama.
- Kun matemaattisella heilurilla maksimikulma  $\theta_{max} = 85^\circ$ , heilurin liike ei ole periodista.
- Tasaisesti pyörivän, halkaisijaltaan metrisen kokoisen vauhtipyörän kehälle on kiinnitetty 2.0 metriä pitkä tanko, joka toisesta päästään liukuu pitkin suoraa, voideltua kiskoa. Systemi muuntaa siten pyörivän liikkeen harmoniseksi yksiulotteiseksi liikkeeksi.

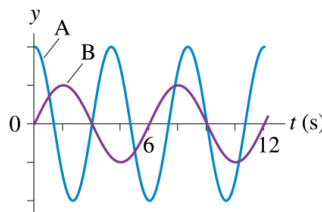
2. Kuvaaja esittää paikkaa ajan funktiona jousen päässä värähtelevälle kappaleelle. Kopioi kuvaaja, ja piirrä sen alapuolelle kolme tyhjää kuvaajaa siten, että niiden aika-akselit ovat päällekkäin.

- Piirrä ensimmäiseen kuvaajaan kappaleen nopeus ajan funktiona.
- Mikä on värähtelyn vaihekulma  $\phi_0$ ?
- Piirrä toiseen kuvaajaan kappaleen paikka ajan funktiona, kun vaihekulma muutetaan  $\phi_0 \rightarrow -\phi_0$ .
- Piirrä kolmanteen kuvaajaan kappaleen paikka ajan funktiona, kun jousivakio kasvaa nelinkertaiseksi.

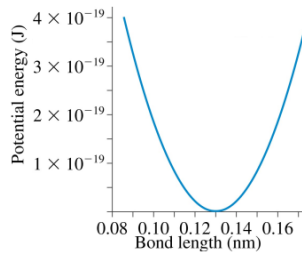


3. (Knight 14-33) Allaoleva kuva esittää kahta vertikaalista massa-jousi -systemiä.

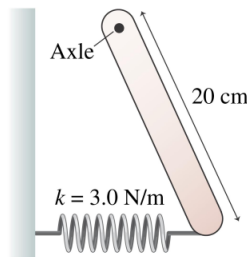
- Mikä on systeemin A taajuus? Milloin kappale ensi kertaa saavuttaa maksimivauhtinsa ylöspäin mennessään?
- Mikä on systeemin B jaksonaika? Milloin systeemin energia on kokonaan potentiaalienergiaa?
- Jos molemmilla systeemeillä on sama massa, mikä on jousivakioiden suhde  $k_A/k_B$ ?
- Jos molemmissa systeemeissä on sama jousivakio, mikä on kokonaisenergioiden suhde  $E_A/E_B$ ?



4. (Knight 14-65) Molekyylejä voidaan approksimoida jäykällä jousella yhteen kytkettyinä massoina. Kuvassa on esitetty HCl-molekyylin potentiaalienergia sidoksetäisyyden funktiona. Koska klooriatomi on paljon vetyä raskaampi, liikettä voi kuvata vetyatomin värähtelynä paikallaan olevan kloorin suhteen. Käytä kuvaajaa arvioidaksesi HCl-molekyylin vibraatio-  
taajuuden. Selitä sanallisesti miten toistaisit laskun  $H_2$ -molekyylille, kun molemmat vetyatomit liikkuvat.



5. (Knight 12-80) Kuva esittää 200-grammaista tasapaksua tankoa, jonka yläpäässä on akseli, ja joka alapäästään on kiinnitetty vaakasuoraan jouseen. Jousi on lepopituudessaan tangon ollessa ala-asennossa. Mikä on tangon värähtelytaajuus? Käytä pienen kulman approksi-  
maatiota.



6. *Bonustehtävä, joka tällä kertaa ei ole tarkoitettu antamaan haastetta, vaan rutiinia integraalien muodostamiseen.* Kuvaile sanallisesti mitä kohdissa a-d olevat integraalit merkitsevät fysikaalisesti? Mitä integrandi merkitsee eli mitä alkioita integraalissa summataan? Kirjoita integraalin lauseke kohdissa e ja f; integraaleja ei tarvitse laskea.

a)  $\int_{x=0}^A \int_{y=0}^B \int_{z=0}^C dx dy dz$

b)  $\int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{r=0}^R \sigma r d\theta dr$

c)  $\int_{x=-A/2}^{A/2} \int_{y=-B/2}^{B/2} \int_{z=-B/2}^{B/2} (x^2 + y^2) \rho dx dy dz$

d)  $\frac{1}{M} \int_{x=-R}^R \int_{y=0}^{\sqrt{R^2-x^2}} y dx dy$

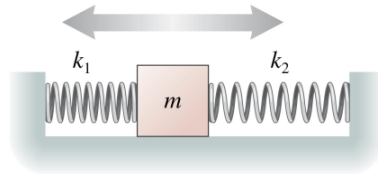
e) Hitausmomentti kuutiolle, jonka yksi nurkka on origossa, kolmen  $L$ -pituisen särmän osoittaessa positiivisten  $x$ -,  $y$ - ja  $z$ -akselien suuntaan, ja joka pyörii  $z$ -akselin ympäri.

f) Hitausmomentti  $L$ :n pituiselle tangolle, joka toisesta päästään kiinnitettynä pyörii  $xy$ -tasossa  $z$ -akselin ympäri. Tanko ei ole homogeeninen, vaan sen massatiheys pituusyksikköä kohti riippuu etäisyydestä  $z$ -akseliin kaavan  $\lambda(r) = a + br$  mukaan.

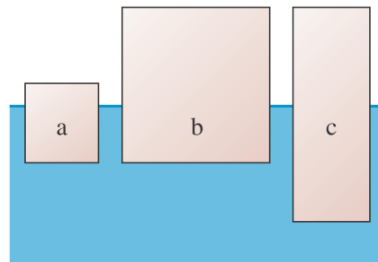
# FYSP102 Fysiikka 2

## Laskuharjoitus 4 (demoissa tiistaina 22.11)

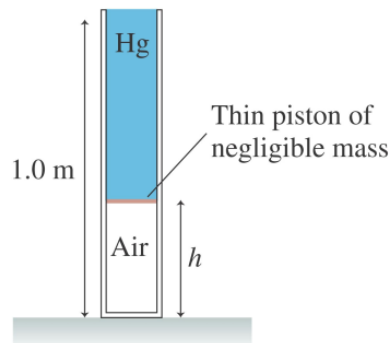
- Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.
  - Mitä tapahtuisi jos resonanssissa olevalle pakotetulle värähtelijälle vastustoima häviäisi ( $b = 0$ ) ja miksi?
  - Triangeli-soittimen  $Q$ -arvo tuskin on suurempi kuin  $\sim 10$ .
  - Mitä eroja ja yhtäläisyyksiä on vaimenevan värähtelijän luonnollisella taajuudella  $\omega_0$  ja pakotustaajuudella  $\omega$ ?
  - Yhdistä käsitteet nimismiehen kiharat (tai pyykkilautatie; katso netistä mikäli kuulos-  
taa oudolta), resonanssi, auton jousitus, luonnollinen taajuus, pakotustaajuus ja ajono-  
peus.
  - Kun hydrostaattinen paine meressä tietyssä syvyydessä on 2 atm, kaksi kertaa sy-  
vemmillä paine on 4 atm.
- (Knight 14-30) 500-grammainen pallo roikkuu katosta jousen ( $k = 15.0 \text{ N/m}$ ) varassa. Palloa poikkeutetaan tasapainosta 6.0 cm, minkä jälkeen pallo värähtelee vaimenevasti siten, että amplitudi pienenee 30 värähtelyn aikana 3.0 cm:iin. Mikä on värähtelijän aikavakio  $\tau$  sekä  $Q$ -arvo?
- (Knight 14-73\*) Kitkattomalla pöydällä oleva  $m$ -massainen kappale on kiinni kahdessa jousessa (jousivakiot  $k_1$  ja  $k_2$ ).
  - Osoita, että kappaleen luonnollinen värähtelytaajuus on  $f = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$ , missä  $f_1$  ja  $f_2$  ovat värähtelytaajuudet kappaleen ollessa kiinnitettynä jousiin yksi kerrallaan.
  - Jos pöydän ja kappaleen välillä olisi kitkaa, millä tavalla värähtely vaimenisi eri ta-  
voin kuin luennon esimerkeissä? Millä tavalla värähtelyn erilaisuus ilmenisi etenkin  
pienellä amplitudilla?



- (Knight 15-6\*) Järjestä allaolevien kappaleiden tiheydet suuruusjärjestykseen. Osaatko järjestää suuruusjärjestykseen myös kappaleiden painot? Mihin kappaleeseen mahtaisi kohdistua suurin noste ja miksi?



5. Suomalainen Mies (80 kg) pilkkii jäällä keskellä Jyväsjärveä huhtikuun lopulla. Vesi nousee kairatussa reiässä 3 cm jään pinnan alapuolelle.
- Kuinka paksua jää on? (Jätetään tässä miehen oma paino huomiotta.)
  - Maanjäristys rikkoo Jyväsjärven jään yllättäen kolmen neliömetrin kokoisiin palasiin. Voisiko pilkkijä päästä kuivin jaloin takaisin rantaan?
6. (*Knight 15-47*) Vesialtaan reunalla on pato, jonka leveys on  $w$  ja korkeus  $h$ . Piirrä kuvaaja paineesta syvyyden funktiona mitattuna padon yläreunasta. Mikä on veden patoon kohdistaman paineen keskiarvo? Mikä on veden patoon kohdistama kokonaisvoima? Kuinka suuri voima on, jos  $w = 60$  m ja  $h = 100$  m? *Vihje: tämä ongelma vaatii integrointia tai osuvia perusteluja.*
7. *Bonustehtävä. (Knight 15-71)* Metrin korkuinen sylinterin muotoinen astia sisältää ilmaa normaalissa ilmanpaineessa. Astian päälle asetetaan kevyt kalvo, joka estää ilmaa karkaamasta. Kalvon päälle kaadetaan hiljalleen elohopeaa, joka painaa kalvoa alaspäin kunnes astia on aivan täynnä. Mikä on puristuneen ilmapatsaan korkeus  $h$ ? *Ohje: Tällaisille ideaalikaasujen isoteremisille prosesseille  $p_1V_1 = p_2V_2$  kemiasta tutun Boylen lain mukaan.*



# FYSP102 Fysiikka 2

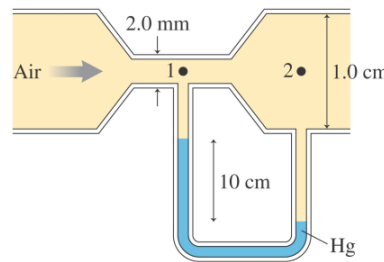
## Laskuharjoitus 5 (demoissa tiistaina 29.11)

1. Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.

- Vesi virtaa putkessa, jonka paksuus vaihtelee. Paksujen kohtien läpi virtaa enemmän vettä, koska niissä kohdissa on enemmän tilaa virrata.
- Vedenalaisella kuplalla on sama paine kuin sitä ympäröivällä vedellä. Kun kupla nousee pintaan, sen tilavuus kasvaa.
- Mitä suurempi elastinen moduuli materiaalilla on, sitä suurempi on vastaavan myötymän suhde jännitykseen.
- Aalto liikkuu pitkin tasaista naruja. Aallon nopeus on vakio, mutta narussa olevien hiukkasten nopeudet muuttuvat ajan kuluessa.
- Synnytät jännitettyyn naruun eteneviä aaltoja heiluttelemalla narun toista päätä. Jos äkkiä alat heiluttelemaan nopeammin, myös aallot lähtevät etenemään nopeammin.

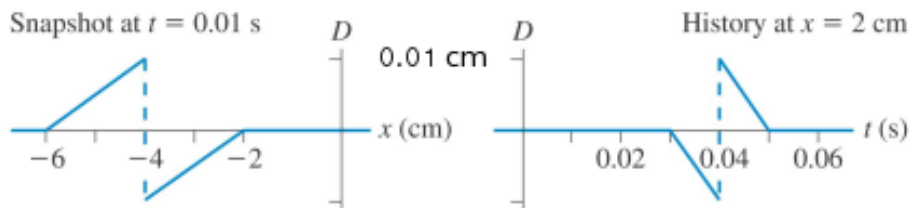
2. (*Knight 15-65*) Ilma virtaa kuvassa näkyvän putken läpi. Oleta, että ilma käyttäytyy ideaalisen fluidin tavoin.

- Mitkä ovat nopeudet  $v_1$  ja  $v_2$  kohdissa 1 ja 2?
- Mikä on tilavuusnopeus  $Q$  (virtaama aikayksikössä)?

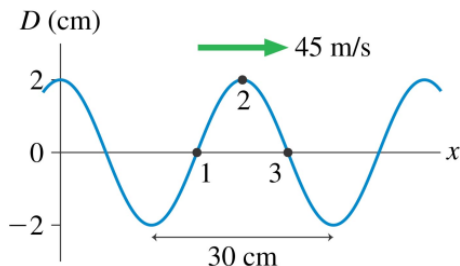


3. (*Knight 20-4\**) Oheinen kuva esittää sekä jännitettyssä jousessa etenevän pulssin muotoa että historiaa pisteessä  $x = 2$  cm.

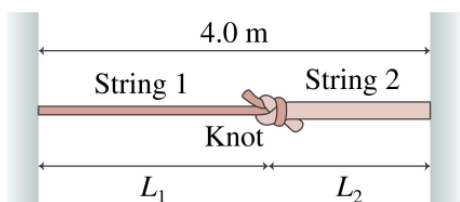
- Mihin suuntaan aalto etenee?
- Mikä on aallon nopeus?
- Jos aaltoa ajanhetkellä  $t = 0.01$  s kuvaa funktio  $D(x + 4 \text{ cm})$ , niin muodosta etenevää aaltoa kuvaava funktio  $D(x, t)$ .



4. (Knight 20-60) Oheinen kuva esittää 45 m/s nopeudella oikealle etenevää aaltoa. Mitkä ovat pisteiden 1, 2 ja 3 nopeudet (vauhti ja suunta) kuvan hetkellä?



5. (Knight 20-45) Jousi 1 ( $\mu_1 = 2.0 \text{ g/m}$ ) ja jousi 2 ( $\mu_2 = 4.0 \text{ g/m}$ ) on solmittu yhteen ja kiinnitetty seinään oheisen kuvan mukaisesti. Opiskelija tönäisee solmukohtaa, lähettäen molempiin jousiin etenevää aallon. Mitkä pituudet  $L_1$  ja  $L_2$  jousilla tulisi olla, jotta aallot ehtisivät seiniin yhtäaikaaisesti?



6. Sukellusvene on tehty 1.0 cm paksuista teräslevyistä. Kuinka suuri on sukellusveneen suhteellinen tilavuuden muutos (veden paineen aiheuttamien levyjen puristumisten vuoksi) sen sukeltaessa 1.0 km syvällä meren pohjassa? Oleta, että sukellusvene on kuutio, jonka särmän pituus on 10 m. (Oleta myös, että se myös säilyy kuution muotoisena, mikä sinänsä on huono oletus.)
7. Bonustehtävä. (Knight 15-76\*) Merenpinnan korkeudella ilmanpaine on  $p_0$  ja ilman tiheys  $\rho_0$ . Ylöspäin mentäessä sekä ilmanpaine että tiheys pienenevät ideaalikaasulain  $p = kTN/V$  mukaisesti. Osoita, että kun lämpötila oletetaan vakioksi, paine korkeuden funktiona on muotoa  $p(z) = p_0 \exp(-z/z_0)$ , missä  $z_0$  on vakio. Mikä on  $z_0$ :n arvo? Ohje: kun tarkastelet paineen muuttumista pienessä korkeuden muutoksessa  $dz$ , saat differentiaaliyhtälön joka tulee ratkaista.

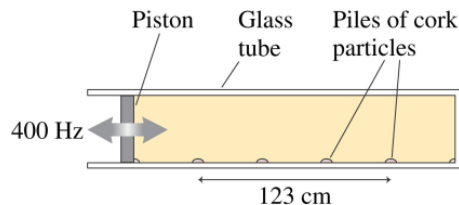
# FYSP102 Fysiikka 2

## Laskuharjoitus 6 (demoissa vasta tiistaina 13.12)

- Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.
  - Havainnoitsija A on 2.0 m:n päässä hehkulamputa, kun havainnoitsija B on 8.0 m:n päässä samasta lamputa. A:n havaitsema intensiteetti on siten 16-kertainen B:n havaitsemaan intensiteettiin nähden.
  - Olettamalla luentosali avaraksi tilaksi, arvioi kuinka suuri on paasaavan luennoijan aiheuttama intensiteettitaso luokan etu- ja takaosien välillä?
  - Valon taitekerroin ei riipu taajuudesta.
  - Kaksi metriä pitkä jousi on kiinnitetty molemmista päistään ja värähtelee neljättä harmonista värähtelyä huoneen lämpötilassa. Jousesta lähtevän äänen aallonpituus on metri.
  - Kun molemmista päistään suljettu putki on 1.6 m pitkä, pisimmän putken aikaansaaman seisovan aallon pituus on 1.6 m.
- (*Knight 20-28\**) Kolmen metrin päässä olevan äänilähteen lähettämä intensiteettitaso 93 dB kuulostaa jo melko kovalta ääneltä. Tärykalvon halkaisija on 6 mm. Kuinka suuren energian korvasi ottaa vastaan, kun kuuntelet tällaista ääntä minuutin verran? Kuinka kauaksi sinun tulisi vähintään lähteestä mennä, jotta intensiteettitaso putoaisi 80 dB:iin.
- (*Knight 20-72*) Innokas proffa demonstroi Dopplerin ilmiötä kiinnittämällä 600 Hz:n äänilähteen metrin mittiaseen köyteen ja pyörittämällä sitä vaakatasossa luokan edessä 100 kierrosta minuutissa. Mitkä ovat korkeimmat ja matalimmat oppilaiden kuulemat taajuudet? Kuulevatko oppilaat muita taajuuksia?
- (*Knight 21-8*) Oheinen kuva esittää seisovaa aalto taajuudella  $f_0$ .
  - Kuinka monta antinodia syntyy, jos taajuus kaksinkertaistetaan arvoon  $2f_0$ ?
  - Millä taajuudella kuvan mukainen seisova aalto värähtelee, kun jousen jännitys kasvatetaan nelinkertaiseksi?



- (*Knight 21-50\**) Vuonna 1866 saksalainen tiedemies Adolph Kundt kehitti tekniikan äänen nopeuden mittaamiseksi eri kaasuissa. Siinä pitkä lasiputki on toisesta päästä suljettu, ja toisessa päässä on liikuteltava ja värähtelevä mäntä. Ennen koetta putken pohjalle laitetaan pieniksi jauhettuja korkin palasia. Kun mäntää hiljalleen työnnetään eteenpäin, korkin palaset kerääntyvät säännöllisesti pieniin kasoihin putken pohjalle. Kuva esittää koetta, jossa putkessa on happea ja männän värähtelytaajuus on 400 Hz. Selitä laitteen toimintaperiaate. Mikä siten on äänen nopeus puhtaassa hapessa? Pohdiskele saamaasi tulosta muistaen että äänen nopeus ilmassa on 343 m/s.



6. (*Knight 21-49*) Huoneenlämpötilassa olevan ohuen putken havaitaan resonoivan taajuuksilla 390 Hz, 520 Hz ja 650 Hz. Muita resonanssitaajuuksia näiden välissä ei havaita, eikä käyttäytymistä 390 Hz pienemmillä ja 650 Hz suuremmilla taajuuksilla tiedetä.

- Onko putki avoin vain toisesta päästä vai molemmista päistään?
- Kuinka pitkä putki on?
- Piirrä poikkeuman kuvaaja putkessa olevalle 520 Hz:n seisovalle aallolle.
- Putkessa oleva ilma korvataan hiilidioksisilla, jossa äänen nopeus on 280 m/s. Mitkä ovat ylläolevien ominaismoodien uudet taajuudet?

7. (*Bonustehtävä.*) Näet kirkkaana päivänä suihkukoneen lentävän yläpuolellasi. Arvioit, että kone lentää vakiokorkeudella  $h$ . Kuulet ylääänipamauksen ajan  $T$  kuluttua siitä kun kone oli täsmälleen yläpuolellasi. Osoita, että jos äänen nopeus  $v$  ei riipu korkeudesta, niin suihkukoneen nopeus on

$$v_s = \frac{hv}{\sqrt{h^2 - v^2 T^2}}.$$

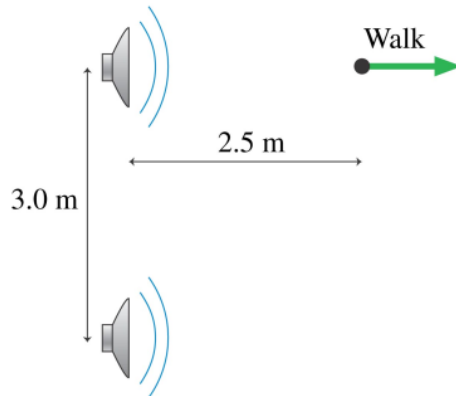
*Vihje:* trigonometrisistä relaatioista saattaa olla apua.



# FYSP102 Fysiikka 2

Laskuharjoitus 7 (demoissa torstaina 15.12)

- Vastaa kysymyksiin tai kommentoi väittämiä lyhyesti perustellen.
  - Ohut kalvo, jossa valon taitekerroin on 1.4 peittää lasia, jonka taitekerroin on 1.5. Jos valo, jonka aallonpituus on 600 nm, osuu kalvoon kohtisuoraan, täytyy kalvon paksuus destruktiivista interferenssiä varten olla vähintään 150 nm.
  - Edessäsi on kaksi kaiutinta. Tietyllä hetkellä ensimmäisestä kaiuttimesta saapuu korviisi aallon harja, ja toisesta kaiuttimesta saapuu korviisi aallon pohja. Kaiuttimien vaihe-ero on  $\pi/2$ .
  - Suoraan edessäsi on kaksi kaiutinta, toinen kymmenen metrin ja toinen yhdentoista metrin päässä. Kaiuttimet lähettävät ääniaaltoja, joiden aallonpituus on 0.74 m. Jos siiryt 0.25 m eteen- tai taaksepäin, et voi kuulla suurta eroa äänen intensiteetitasossa.
- (Knight 21-68) Kaksi kaiutinta on 3.0 m:n etäisyydellä toisistaan, ja seisot suoraan toisen kaiuttimen edessä 2.5 m:n etäisyydellä. Molemmat kaiuttimet lähettävät ääntä 686 Hz:n taajuudella samassa vaiheessa. Kun lähdet kävelemään toisesta kaiuttimesta poispäin, millä kohdin kuulemasi ääni on hiljaisimmillaan?



- (Knight 21-77) Istuskelet tienvieressä ja kuuntelet radiokanavaa, joka lähettää ääntä 400 Hz:n taajuudella. Ohitsesi ajaa auto, jossa luukutetaan samaa radiokanavaa. Auton etääntyessä kuulet äänenvoimakkuuden heilahtelevan kahdeksan kertaa sekunnissa. Mikä oli auton nopeus?
- Kerrataan kurssin asioita.
  - Etsi kurssin laskutehtävistä itsellesi vähintään yksi tehtävä jonka koit vaikeaksi, perehdy siihen uudelleen syvällisesti, ja selitä se pienryhmässä muille tai pyydä heiltä apua tehtävän ratkaisussa.
  - Valitse kurssin laskutehtävistä tai yleisistä aiheista yksi tai useampi asia, jonka mielestäsi opit hyvin ja jonka oppimisesta olit iloinen; asiat voivat olla myös pieniä juttuja. Selitä asia pienryhmän muille jäsenille.