

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Haridusteaduste instituut
Õpetajahariduse õppekava

Epp Joab

10. KLASSI MATEMAATIKA JA FÜÜSIKA LÕIMIVA ÕPPEMATERJALI
KOOSTAMINE JA SELLE KASUTAMINE KOOSÕPETAMISEL ÜHISTUNNIS

Magistritöö

Juhendaja: õpetajahariduse nooremlektor Pihel Hunt

Tartu 2023

Kokkuvõte

10. klassi matemaatika ja füüsika lõimiva õppematerjali koostamine ja selle kasutamine koosõpetamisel

Antud töö käsitleb perioodil 2021-2022 (õppeaastatel 2010/2022 ja 2022/2023) läbiviidud tegevusuuringut, kus 10. klassi matemaatika ja füüsika kursuste raames koostati mõlemat ainet lõimivad õppematerjalid ning viidi läbi koos õpetades ühistunnid. Andmekogumiseks kasutati nii uurija (matemaatikaõpetaja) mõttepäevikut, intervjuud füüsikaõpetajaga ning rühmaintervjuud ühistunnis osalenud õpilastega. Andmed analüüsiti kvalitatiivse induktiivse sisuanalüüsi meetodil. Tulemustest selgus, et peamiseks takistuseks olid õpetaja vähesed ainealased teadmised teisest õppeainest, õppematerjalide ja tundide ettevalmistuse suur töö- ja ajamahutus, õpetajate koostööks vajaliku ühise aja leidmine. Oluliste toetusteguritena tulid esile õpetajate ühine eesmärk, piisav aega materjalide ja tundide ettevalmistamiseks ning kooli juhtkonna toetus. Õpilased tõid välja, et nende arusaamine ainetest oli parem ja õpetajatel jagus neile rohkem tähelepanu. Töö suurimaks praktiliseks väärtuseks on loodud matemaatika ja füüsika lõimivad õppematerjalid.

Võtmesõnad: õppeainete lõimimine, koosõpetamine, matemaatika ja füüsika õppematerjal, tegevusuuring

Abstract

Designing a teaching material integrating 10th grade mathematics and physics and using it in co-teaching

This thesis concerns an action research study carried out in the period 2021–2022 (academic years 2021/2022 and 2022/2023), in which, within the framework of the 10th grade mathematics and physics courses, teaching materials integrating both subjects were prepared and joint lessons were conducted. Data collection was performed using the researcher's (maths teacher's) reflective diary, interviews with the physics teacher and group interviews with students who participated in the joint lesson. The data were analysed using qualitative inductive content analysis. The results revealed that the main obstacles were the teacher's lack of subject knowledge of the other subject, the high labour and time consumption of preparing teaching materials and lessons, and finding time for teachers to work together. The common purpose of the teachers, sufficient time to prepare materials and lessons, and the support of the school leadership were identified as important enabling factors. Students pointed out that their understanding of the subjects was better and that teachers paid more attention to them.

The greatest practical value of the work lies in the created teaching materials integrating mathematics and physics.

Keywords: integration of subjects, co-teaching, mathematics and physics teaching material, action research

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Teoreetiline ülevaade	6
1.1. Lõiming	6
1.2. Koostöine õpetamine	9
2. Tegevusuuring	13
2.1. Valitseva olukorra kaardistus	13
2.2. Õppematerjali loomine ja rakendamine ühistunnis	14
2.3. Andmete kogumine	16
2.3.1. <i>Valim</i>	16
2.3.2. <i>Andmekogumismeetodid ja -protsess</i>	16
2.4. Andmete analüüs	17
2.4.1. <i>Andmeanalüüsimetodid ja -protsess</i>	17
2.4.2. <i>Tulemused ja arutelu</i>	18
Tänuõnad	29
Autorluse kinnitus	29
Kasutatud kirjandus	30
Lisad	
Lisa 1. Tunnikava vektorid ja liikumine	
Lisa 2. Tunnikonspekt vektorid ja liikumine	
Lisa 3. Tööleht vektorid ja liikumine	
Lisa 4. Tunnikava resultantjõud ja vektorid	
Lisa 5. Tunnikonspekt resultantjõud ja vektorid	
Lisa 6. Tööleht resultantjõus ja vektorid	
Lisa 7. Intervjuukava (füüsikaõpetaja)	
Lisa 8. Intervjuukava (õpilased)	

Sissejuhatus

Gümnaasiumi riiklik õppekavas on kirjas, et „gümnaasiumi ülesanne on noore ettevalmistamine toimimiseks loova, mitmekülgse, sotsiaalselt küpse, usaldusväärse ning oma eesmärged teadvustava ja saavutada oskava isiksusena erinevates eluvaldkondades: partnerina isiklikus elus, oma kultuuri kandja ja edendajana, tööturul erinevates ametites ja rollides ning oma ühiskonna ja looduskeskkonna jätkusuutlikkuse eest vastutava kodanikuna” (Gümnaasiumi riiklik õppekava, 2011, § 3 lg 1).

Tänapäeval ei omandata teadmisi teadmiste endi pärast, järjest olulisem on oskus õpitud teadmisi kasutada. Õppeainete vaheliste seoste loomine muutub järjest olulisemaks (Aru & Jaani, 2010). Õppeainete seostamise ehk lõimingu eelduseks on õpetajate koostöö. TALIS (*The Teaching and Learning International Survey*) 2018 uuringus (Taimalu *et al.*, 2020) on välja toodud, et sagedamini professionaalset koostööd tegevatel õpetajatel on kõrgem tööga rahulolu ja enesetõhusus ning nad kasutavad enam õpilaste kognitiivset aktiveerimist toetavaid ülesandeid. Õpetajatevaheline süsteemne koostöö on väga tähtis ka õpilastele eeskujuna pakkumiseks, kuna meie haridussüsteemis kehtiva õpikäsituse järgi on koosõppimine ja õpilaste koostööoskuste kujundamine üks olulisemaid ülesandeid, samuti on sel positiivne mõju õpilaste saavutustele (Taimalu *et al.*, 2020).

Töötan õpetajana Kehra Gümnaasiumis. Kooli arengukavas 2018-2022 on ka ühe väljakutsena kirjas, et õppeainetevaheline lõiming on vähene ja see tuleneb õpetajate ebapiisavast koostööst. Samas dokumendis on kirjas ootus, et õpetajad teevad omavahel aktiivset koostööd (Kehra Gümnaasiumi arengukava..., 2018). Samuti olen oma töös tajunud vajadust seostada matemaatikat teiste õppeainetega, et õpilased näeksid olemuselt abstraktse matemaatika kursuse (matemaatika matemaatika enda pärast) vajalikkust ja praktilisi väljundeid, mis aitaks suurendada õppijate motivatsiooni matemaatikat õppida (rohkem ainesse sisuliselt süveneda). Konkreetselt aga kerkis esile probleem 10. klassi füüsika ja matemaatika kursuste raames. Füüsikaõpetaja väitel peab ta kulutama aega matemaatika õpetamisele füüsika tunnis. Sellele probleemile sai lahenduse leida ainult koostöös.

Antud töö käsitleb perioodil 2021-2022 (õppeaastatel 2020/2022 ja 2022/2023) läbiviidud tegevusuuringut, kus 10. klassi matemaatika ja füüsika kursuste raames koostati mõlemat ainet lõimivad õppematerjalid ning viidi läbi ühised tunnid.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1. Lõiming

Eesti viimaste õppekavade üks olulisi märksõnu on lõiming. Praeguses pidevas informatsiooni ülekülluses orienteerumine on järjest keerulisem. Selline informatsiooniküllus toob kaasa teadmiste killustatuse, mistõttu muutub järjest olulisemaks terviklik teadmiskäsitlus. Ei piisa teatud asjade ära õppimisest, vajalik on oskus kriitiliselt mõelda valikuid tehes ja otsuseid langetades. Oskus näha ja lahendada probleeme. Vastukaaluks õppeainete suurele mahule ja õppijate raskustele seostada erinevates õppeainetes õpitut, on ainepõhist õppekava mitmel erineval viisil püütud muuta. Nende muudatuste eesmärk on olnud õppeainete sisu lõimimine, et see oleks õppijate jaoks kergemini omandatav ja õppetegevus oleks huvitav ning motiveeriv (Kuusk, 2010).

Reaalses koolitöös lõimingu praktiline teostus on olnud problemaatiline. Koolis nõutakse õpetajatelt lõimingu teostamist, kuid pole üheselt selge, mida lõiming täpselt tähendab ja kuidas seda ellu viia. Ühe definitsiooni järgi on lõiming ühes aines saadud teadmiste kasutamine teises aines ehk seoste loomine erinevate õppeainete vahel (Kuusk, 2010).

Mida mõeldakse õppekava lõimingu sõltub ka sellest, mis on lõimingu eesmärk. Kuuse (2010) järgi on lõimingu üheks eesmärgiks ühes õppeaines omandatud teadmiste ülekandmine teise õppeainesse. Õpilased ei seosta tavaliselt erinevaid õppeaineid vaid näevad neid eraldiseisvate tervikutena. Selliste seoste puudumine on üheks õpiraskuste põhjuseks (Kuusk, 2010). Seda tõendab koolielus väga levinud nähtus: teadmised ühest õppeainest „ei tule meelde“ kui neid teises õppeaines vaja läheb (Käis, 2018). „Seose puudumine õppetöös mõjub häirivalt ka õpilase mõtlemisele ja huvidele“ (Käis, 2018, lk 181). Matemaatika ja loodusteaduste lõimimine peaks pigem hõlbustama ja täiendama õppimist ja mõistmist matemaatika ja loodusteaduste sees (Treacy & O'Donoghue 2014).

Sõltuvalt dimensioonist eristatakse sisemist ja välist lõimingu ning vertikaalset ja horisontaalset lõimingu.

Sisemine ja väline lõiming. Sisemise lõimingu tähendab seda, et õpilane loob seosed erinevate õppeainete vahel - lõiming toimub õpilase peas. Seoseid luues õpilane õpib erinevates õppeainetes omandatud teadmisi ja oskusi ühendama. Seega on sisemine lõiming õppijas toimuv protsess (Kuusk, 2010).

Kuid lõiming ei toimu ainult õpilases. Erinevate õppeainete õppesisu eesmärgipärane seostamine, mis toetab lõimingu õpilases, on samuti oluline. Selline teadlik tegevus on väline

lõiming. Väline lõiming tähendab teadlikku katset seostada erinevaid õppeaineid, et saavutada õpetuse terviklikkust. Selle eesmärgiks on soodustada sisemist lõimingut. Välise lõimingu puhul luuakse lõiming õppematerjalide kaudu. Selleks, et sisemine lõiming saaks toimuda parimal viisil, peavad õpetajad tegema koostööd nii õppeprotsessi kavandamisel kui läbiviimisel (Kuusk, 2010).

Vertikaalne ja horisontaalne lõiming. Välise lõimingu planeerimisel tuleb mõelda sellele, kuidas teha seda nii, et see toetaks sisemist lõimingut. Arvestada tuleb, väline lõiming võib olla nii horisontaalne kui vertikaalne.

Kuusk (2010) järgi toimub vertikaalne lõiming õpiaja jooksul klasse ja kooliastmeid läbivalt. Vertikaalne lõimingu käigus luuakse terviklik pilt ühest õppeainest viisil, kus üks teema kasvab teisest välja, täiendades eelmist tulenedes aine sisemisest loogikast. Vertikaalne lõiming on ka see, kus aasta-aastalt suureneb aine maht ja raskusaste. See tähendab teatud teemade, mõistete vms korduvat käsitlemist erinevates kooliastmetes, liikudes lihtsalt keerulisele. Vertikaalse lõimingu eesmärk õppeainesiseses terviku loomine kogu õpiaja jooksul.

Vertikaalne lõiming loob aluse horisontaalsele lõimingule, mis toimub ainete vahel. Horisontaalse lõimingu eesmärgiks on, et erinevad õppeained üksteist toetaksid, et õpitut teadmisi saaks edasi arendada, paremini kinnistada ja jõuda terviklikuma teemakäsitluseni. Horisontaalne lõiming loob võimaluse omandatud ainealaseid teadmisi ja oskusi mitmekülgseks kasutada ja mõista paremini reaalses elus toimuvat. Horisontaalse lõimingu tulemusena peaksid kujunema ka aineteüleised pädevused (Kuusk, 2010).

Lõimingu kavandamine. Lõimingu kavandamisel on oluline roll kooli õppekava ja tegevuste planeerimisel ning õpetajate koostööl. Õppeainete lõimimisel tuleb arvestada, et igal õppeainel on oma eesmärgid, õpiväljundid ja õppesisu. Lõimimisel tuleb arvestada iga õppeainega, igaühe sisulise panusega õpilase haridusse. Õppeaineid saab on võimalik loogiliselt üles ehitada erinevatel viisidel. See on oluline õppeainete horisontaalsel lõimimisel, see teeb selle võimalikuks. Kõige mugavam on õpetada õpiku järgi, lähtudes seal olevast teemade järjekorrast, kuid õppeainete lõiminguks teatud teemad ümber korraldada, et oleks võimalik luua teemakeskne tervik. Lõimingu kavandamisel on oluline mõelda, mida plaanitakse lõimida, miks seda tehakse ja kuidas seda on võimalik teha (Kuusk, 2010).

Lõiminguviisid. Kuuse (2010) järgi saab õppeainete lõimingut teostada mitmel erineval moel. See, kuidas seda teha, sõltub lõimimise eesmärgist: kas soovitakse luua seoseid õppeainete vahel, viia läbi ainevaldkonnasisene lõiming või lõimida tervikuks kogu õppekava.

Ainetevahelised seosed. Ainetevahelised seosed tähendavad seoseid erinevate õppeainete vahel, nende õppesisu elementide vahel. Ainetevaheliste seoste puhul kasutatakse ühes aines õpitut teises aines. Ühe õppeaine sisu aitab õpetada mõnes teises aines.

Ainetevaheline seos võib tähendada, et mõni õppeaine on teise õppeaine jaoks teadmiste allikas. See tähendab, et ühes õppeaines antakse eelteadmised teise õppeaine jaoks, aidates kaasa õpetamisele teises õppeaines. Ainetevaheline seos tähendab ka seda, et mõni õppeaine kasutab teistes ainetes omandatud teadmisi (mõiste või teema on eelnevalt mõnes muus õppeaines käsitletud). See tähendab, et õppimine toetub eelnevatele teadmistele.

Ainetevahelised seosed võimaldavad kinnistada õpitut, kasutada oma teadmisi teises situatsioonis. See peaks õppimise tegema huvitavamaks ja peaks tõstma õpimotivatsiooni. Matemaatika annab eelteadmisi teiste ainetes õppimiseks, eelnevalt matemaatikas omandatud teadmisi on vaja kasutada nt keemia ja füüsika õppimisel (Kuusk, 2010).

Ainetevaheliste seoste loomine on õpetajate ülesanne ja see toimub reaalse õppetöö käigus. Luues seoseid teiste õppeainetega, peavad õpetajad lisaks oma ainele omama teadmisi ka teistest õppeainetest. See tähendab, et õpetajad peavad olema ka kursis õppeainetega mida nad ei õpeta. Peavad olema kursis teiste õppeainete ainekavadega ning omama laialdast silmaringi ja laiapõhjalisi teadmisi. Kui me soovime, et õpilane oskab, tahab ja suudab ühes õppeaines omandatud teadmisi ja oskusi kasutada teise aine tunnis, peab õpetaja need seosed nähtavaks tegema ehk neile tähelepanu juhtima (Kuusk, 2010).

Ajaline kooskõla. Ajaline kooskõla tähendab seostada ajaliselt kahte iseseisvat õppeainet nii, et ühes aines õpitu toetaks teises õppeaines õpitavat. Selle puhul erinevate ainetes õpetajat õpetavad üheaegselt ühte ja sama teemat või mõistet. See tähendab, et nad eelnevalt kooskõlastavad oma õppetegevuse. Eesmärgiks ei ole üldistuste tegemine, st aineüleste seoste loomine. Antud juhul ainetes (tunni) sisu ei muudeta, ei looda aineüleste seoseid. Küll võib muutuda ainetes õpetamise järjekord ehk õpetajad viivad sisse muudatused oma esialgsetesse töökavadesse. Näiteks võiks ajaliselt kooskõlastada matemaatika ja füüsika õpetamist nii, et matemaatikas õpitav on samal ajal vajalik füüsika ülesannete lahendamisel (Kuusk, 2010).

Ajalise kooskõla puhul on võib takistuseks saada see, et õpetajate töökavades on keeruline ajalist kooskõla planeerida nii, et see ei lõhu nende ainetes loogilist käsitlusjärjestust. Kui aineid õpetavad erinevad õpetajad, on keerulisem ajalist kooskõla saavutada. See on võimalik, kuid selle eelduseks on õpetajate hea tahe ja piisav aeg selle kavandamiseks. Ajaliselt kooskõlastatud õpetamine eeldab õpetajate koostööd (Kuusk, 2010).

Esile on toodud, et kui ajalise kooskõlale lisaks õpetajad näitavad ka õppeainete vahelisi seoseid, muutuvad õpilaste oskused ja teadmised paremaks. See aitab õpilastel kiiremini märgata kiiresti seoseid erinevate tundide tegevuste vahel ja nad saavad käsitleda ainet erinevatest vaatenurkadest (Kuusk, 2010).

Ainete kombineerimine. Ka õppeainete kombineerimisel püütakse luua seoseid erinevate õppeainete vahel. Kui ajaline kooskõla säilitab ainete nõ iseseisvuse, siis ainete kombineerimise käigus üritatakse luua tervik, mis integreeriks erinevate õppeainete põhivara (Kuusk, 2010).

Eristatakse veel teemakeskset ehk multidistsiplinaarset lõimingut, interdistsiplinaarset lõimingut, valdkonnasisest lõimingut ja valdkondade vahelist lõimingut. Kuna viimati nimetatud lõiminguviisid ei ole antud töö kontekstis relevantsed, siis ei avata ka siin nende täpsemat sisu (Kuusk, 2010).

Eeltoodule toetudes saab öelda, et õppeainete lõiming ehk seoste loomine erinevate vahel on oluline ja vajalik. Lõimingu kitsamas tähenduses ongi õppeainete vaheliste seoste loomine. Lõiming laiemas tähenduses on õppekava lõiming, mis on palju laiem kui üksikute ainete seostamine (Kuusk, 2010). Käesolev töö tegeleb lõimingu kitsamas tähenduses ehk õppeainete vaheliste seostega.

Lõimingu kavandamisel võib olla üheks probleemiks, et õpetajad omavad häid ainealaseid teadmisi enda õppeainest, kuid ei tunne piisavalt seda, mis jääb nende ainealast väljapoole (Kuusk, 2010). Lõimingu eduka rakendamise põhikomponendiks on õpetajate teadmised teisetest õppeainest (Jonston *et al.*, 2016). Teiseks takistuseks on aeg, sest lõimingu kavandamine on aeganõudev. Lõimingu kavandamine eeldab piisava aja olemasolu, et leida erinevate ainete vahelisi seoseid, ühendavaid mõisteid ja teemasid ning koguda nende kohta informatsiooni ning see ka koos läbi töötada. Lõiming on suuresti koostöö küsimus (Kuusk, 2010). Aja ja selle piisavuse olulisus tuli välja ka Jonston jt (2016) uuringust, kus nad uurisid kolme aasta jooksul matemaatika ja loodusteaduste lõimingu kolmes Iirimaa koolis.

1.2. Koostöine õpetamine

Tavaliselt nähakse õpetajate koostööna ühist ainekava väljatöötamist, ühekordse ühisürituse korraldamist ning ainealaste küsimuste arutamist ja materjalide jagamist (Slabina, 2017).

Koostöise õpetamise all mõeldakse palju rohkemat. Eristatakse lihtsat koostööd, mille puhul enamasti tuleb ülesanne väljastpoolt, mis jagatakse osaliste vahel osadeks. Iga osaleja täidab oma ülesande individuaalselt ja saadud tulemused liidetakse. Koostöö kui protsessi osaks on ka ühes õpetamine. Lihtsa koostöö puhul on tegemist ühekordse ja lühiajalise

tegevusega. Koostöö kui protsess sisaldab endas koos töötamist kogu protsessi vältel. See tähendab ühiselt eesmärkide seadmist, tegevuste planeerimist ja läbiviimist. See on pikaajaline protsess, igapäevatöö osa, mitte hetkeline lahendus. See protsess on orienteeritud ühisele teadmiste loomisele ja seda võib vaadata kui koostöist õpetamist (Slabina, 2017).

Koostöine õpetamine tähendab, et koos õpetamises osaleb korraga kaks või enam õpetajat ja see sisaldab koostöö kolme faasi: ühist planeerimist, koos õpetamist ning ühishindamist ehk tegevuse analüüsi. Lähtuvalt õpetamise eesmärgist ja õpetajate koostöö ulatusest ja panusest protsessi juhtimisse eritatakse kuut koos õpetamise viisi (*mudelit*) (Friend & Cook, 2010, viidatud Slabina 2017 j):

- „1) Üks juhib, teine vaatlleb (kasulik juhul, kui üks õpetajaist on kogenum ning teine soovib tema praktikast õppida või enne koosõpetamist klassiruumi dünaamikaga tutvuda;
- 2) Üks juhib, teine assisteerib (üks juhib tunni käiku, teine liigub klassiruumis ringi, aidates õppijaid/ õppijate gruppe);
- 3) Õpetamine nõ „õpijaamades“ (õppijad liiguvad ringi erinevate „õpijaamade“ vahel, kus erinevad õpetajad neid juhendavad);
- 4) Paralleelne õpetamine (õpetajad õpetavad sama materjali paralleelselt erinevatele gruppidele kas samas või eraldi ruumis);
- 5) Alternatiivne õpetamine (võimaldab diferentseerimist: üks õpetaja õpetab näiteks suuremat rühma klassi eesotsas ning teine on hõivatud edasijõudnute/ mahajäänute juhendamisega klassiruumi teises otsas);
- 6) Koosõpetamine (mõlemad õpetajad panustavad võrdselt ning õpetavad klassi tervikuna koos, olles läbi mõelnud spetsiaalsed märguanded, kuidas teineteisele sõna anda või üksteist toetada)“ (Friend & Cook, 2010, viidatud Slabina. 2017 j, lk 68).

„Üks juhib, teine vaatlleb“ ning „üks juhib, teine assisteerib“, on kõige lihtsamad mudelid, nende puhul on üks õpetajaist eestvedaja rollis. Võrdsemal positsioonil on õpetajad „alternatiivse õpetamise“, „paralleelse õpetamise“ ja „õpijaamades õpetamise korral“. Nendel puhkudel õpetavad mõlemad õpetajad sama asja kokkulepitud viisil. Sellisel juhul tehakse koostööd planeerimise faasis, mitte õpetamise faasis. Kõige tõhusamaks koostöiseks õpetamise viisiks peetakse koosõpetamist (Slabina, 2017).

Koostöine õpetamine võib tähendada mitut eri vanuses klassi ja sama aine õpetajat. Samuti võib see tähendada üht klassi ja mitut erineva aine õpetajat. Nagu loimingugi puhul on ka koostöise õpetamise puhul oluline läbi mõelda miks seda tehakse, mida tehakse ning millal ja kuidas seda tehakse. Lähimõeldud koostöine õpetamine mõjub õpilaste motivatsioonile

positiivselt, parandab nende arusaamist ja õpiharjumusi ning ka suhted õpilaste õpetaja vahel muutuvad paremaks. Koos õpetamine mitmekesistab õpetamist ning õpetajatel jätkub tähelepanu rohkematele õpilasele. Samuti on õpilaste jaoks oluline kogemus, näha, kuidas õpetajad koostööd teevad, kuidas erinevad õpetamis- ja suhtlemisstiilid koos toimivad (Slabian, 2017).

Koostöise õpetamine võimaldab õpetajatel vahetada ideid ja igal õpetajal saab keskenduda oma tugevustele. Slabina (2017) toob välja, et õpetajad, kes teevad kootöös tunnetavad oma töökoormust väiksemana kui enamasti omaette tegutsevad õpetajad. Koostöises koolis on ka vähem õpetajate läbipõlemist. Samuti, mida rohkem on koostöist õpetamist, seda parema on koolikliima, seda suurem on usaldus koolipere liikmete vahel (Slabina, 2017).

Õpetajad on välja toonud koostöist õpetamist takistavad asjaolud. Nendeks on õpetajate ebapiisav ettevalmistus, konservatiivne mõtlemine (õpetajate erinev õpetamisfilosoofia ja õpetamiskogemus), samuti eksamitele orienteeritus, liigne keskendumine õpitulemustele (Slabina, 2017). Testide tulemustele orienteerituse, kui üht lõimingut ja koostöist õpetamist piirava asjaoluna toovad oma uuringus välja ka Jonston jt (2016). Koosõpetamisel on võtmekohaks ka õpetajate vastastikune usaldus ja avatus, isikutevaheline sobivus, ainult siis toimub sisuline ja pikaajaline koostöö (Slabina, 2017).

Slabina (2017) toob välja, et koosõpetamine õnnestumise üheks kriitiliseks eduteguriks on aeg. Piisav aeg ühiseks planeerimiseks ja ettevalmistuseks ning ühiste tundide läbiviimiseks. Ajaressursi piiratuse toovad koostöise õpetamise ühe suurima takistusena oma magistrütöös välja ka Mäe ja Tiido (2020). Et oleks piisavalt aega, on vaja koolipäevad ja koolinädalad korraldada nii, et oleks võimalik koostöös õpetada. Siin on võtmekohaks kooli juhtkonna tugi (Slabina, 2017). Koolipoolse toe olulisuse toovad välja nii Mäe ja Tiido (2017) kui ka Jonston jt (2016).

Slabina (2017) viidates erinevatele uuringutele on toonud välja, et koostööst võidavad nii õpilane, õpetaja kui kogu kool. Õpilastel esines arusaamise paranemist, paranesid õpitulemused ja tõusis õpimotivatsioon. Seda kinnitab ka Ross ja Hogaboam-Gray (2011) uuring, mille käigus nad uurisid nad matemaatika, loodusteaduste ja tehnoloogia koosõpetamise mõju õpilastele. Samuti on Slabina (2017) välja toonud, et õpilased saavad õpetajate koostööst uusi kogemusi, paraneb õppimisprotsessi jälgimine ja toimub rohkem õpilaste erinevustega arvestamine. Õpetajate puhul on ta välja toonud, et kolleegidega koostöö on väga mõjus õppimiskeskond, kus õpetajad vahetavad ideid ja kogemusi, loovad ja arendavad uusi materjale, saavad kolleegidelt tagasisidet ning toetada kolleegi. Välja on ka

toodud, et õpetajate töökoormus väheneb (koostöise planeerimise ja koosõpetamise käigus, omavaheline side paraneb, tehnoloogilised oskused arenevad; eraldatus väheneb ning õpetamine muutus õppijakesksemaks. Koostööd tehes tunnevad õpetajad rohkem ühtsustunnet, paraneb koolikliima ja õpilaste vajadused saavad rohkem tähelepanu. Õpetajate koostöö mõjutab kooli tervikuna positiivselt, tõuseb kooli maine.

2018. aastal viidi läbi TALIS uuring kolmanda kooliastme õpetajate ja koolijuhtide seas. Eesti puhul ilmnisid olulised seosed veel ametisse jäämise ja õpetajate vahelise koostöö osas. Uuringus jagati erinevad koostöövormid kahte kategooriasse: professionaalne (sügavam) koostöö ja igapäevane koostöö (lihtsam). Õpetajad teevad sagedamini igapäevast ja harvem professionaalset koostööd. Kõige sagedamini teevad õpetajad koostööd arutlemaks teatud õpilaste õppeedukuse üle (igapäevane koostöö). Märkimisväärselt vähem õpetavad õpetajad kolleegiga koos samas klassis (professionaalne koostöö), tervelt kolmandik õpetajaist ei ole seda kunagi teinud. Võrreldes TALIS 2008 ja 2018 uuringuid, siis õpetajate hinnangutest lähtudes on oluliselt vähenenud koos kolleegiga ühtse meeskonnana õpetamine (7 protsendipunkti) (Taimalu *et al.*, 2020).

TALIS 2018 uuringus on välja toodud, et sagedamini professionaalse koostöö tegemist märkinud õpetajatel oli kõrgem tööga rahulolu ja enesetõhusus. Samuti on õpetajatevaheline süsteemne koostöö on väga tähtis ka õpilastele eeskujuna pakkumiseks, kuna meie haridussüsteemis kehtiva õpikäsituse järgi on koosõppimine ja õpilaste koostööoskuste kujundamine üks olulisemaid ülesandeid. Sellest tulenevalt on koolides vaja mõelda, kuidas õpetajate koostööks aega leida ja mida saaks koolis selle toetamiseks ära teha, kas planeerides igasse nädalasse õpetajatele tunniplaani koostööks ettenähtud kindla aja või jagades häid kogemusi üksteise tunni vaatlemisest või ühisest õpetamisest (Taimalu *et al.*, 2020).

Olen matemaatikaõpetajana kokku puutunud probleemiga, kus loodusainete õpetajad kurdavad, et õpilastel puuduvad vajalikud eelteadmised matemaatikast ja nemad peavad oma ainetunnis tegelema matemaatika õpetamisega. Toetudes teooriale, on selliste probleemide võimalikuks lahenduseks õpeainete lõiming, mis omakorda eeldab õpetajate koostööd.

Minu õpetajatöö praktikas kerkis ühe konkreetse probleemina esile vektorite teema, mida käsitletakse 10. klassi matemaatika V kursuse raames ja mis on oluline eelteadmine 10. klassi füüsika mehhaanika kursuse jaoks. Sellest tulenevalt on käesoleva magistritöö eesmärk koostada matemaatikat ja füüsikat lõimiv õppematerjal, katsetada seda koosõpetamisel ühistunnis ning teada saada erinevate osapoolte arvamused materjali ja ühistunni kohta.

Uurimisküsimused:

1. Milline on matemaatikat ja füüsikat lõimiv õppematerjal ühistunni läbiviimiseks?
2. Millised on õpetajate ühise õppematerjali koostamise ja ühistunnis koosõpetamise kogemused?
3. Millised on õpilaste ühistunnis osalemise kogemused?

2. Tegevusuuring

Tegevusuuring on Löffströmi tegevusuuringu käsiraamatu (2011) järgi teaduslik uuring, mis lähtub praktilistest küsimustest ja mida viivad läbi praktikud eesmärgiga edendada oma erialase tegevus kvaliteeti. Tegevusuuringu eripäraks on praktiline rakendatavus. Edasised tegevused tuginevad rakendamisel saadud kogemustele. Käsiraamatu järgi on tegevusuuring tsükklilise iseloomuga, mis koosneb erinevatest etappidest.

Käesolev töö on tegevusuuring, sest lahendamist (uurimist) vajav probleem tulenes otseselt praktikast, uurija ise on praktik (kooliõpetaja) ja kaasatud on kolleeg (teine õpetaja). Uuring viidi läbi oma kogukonnas ehk koolis, kus õpetajad töötavad ja tulemuseks olid praktiliselt läbiviidud õppeaineid lõimivad ühistunnid.

Tegevusuuringu esimeseks etapiks on Löffströmi (2011) käsiraamatu järgi uuringu alustamine (fokuseerimine ja raamimine). Teiseks etapiks on valitseva olukorra kaardistus, mis on toodud järgmises peatükis. Antud töös alustati tegevusuuringut teisest etapist ehk valitseva olukorra kaardistamisest. Järgnevalt annan ülevaate valitseva olukorra kaardistamisest.

2.1. Valitseva olukorra kaardistamine

Olen õpetanud matemaatikat Kehra Gümnaasiumis kolm aastat, käsil on neljas õppeaasta (varasem õpetajatöö kogemus puudub). Nagu igas kooliastmes, nii ka gümnaasiumis, esitavad õpilased küsimusi, et kus neil matemaatikat vaja läheb. Võrreldes põhikooliga on gümnaasiumi astmes matemaatika ainena veelgi abstraktsem, küll oma kindlate reeglite ja valemitega, kuid veelgi keerulisem on leida seoseid päriseluga ja/või teiste õppeainetega. Õpikutes on küll viiteid ja näiteid konkreetse matemaatika teema kasutamise kohta teistes valdkondades (nii elu- kui ainevaldkondades), kuid ka need jäävad suhteliselt abstraktseteks. Kuna matemaatika õpetajana ma ei tunne neid elu- ega ainevaldkondi piisavalt, siis ei ole võimalik olla ka õppijatele toeks nende seoste loomisel. On õpilasi, kes naudivad matemaatikat ja selle õppimist matemaatika enda pärast, kuid suurema osa õpilaste jaoks on

matemaatika õppimine tüütu kohustus ja liialt palju tuleb ette tuima tuupimist, kui tegemist on kohusetundliku õpilasega. Kuuse (2010) järgi on erinevad uuringud on kinnitanud, et kui õpilastel tekivad matemaatikat õppides praktilised seosed teiste õppeainetega (ka päriseluga), siis on parem nii sisuline mõistmine kui ka õpimotivatsioon.

Rääkides loodusainete õpetajatega olen saanud tagasisidet, et nemad peavad tegelema ka matemaatika õpetamisega. Sellel probleemil võib olla kaks tagamaad: 1) vajalikke eelteadmisi pole veel matemaatikas omandatud (õpetajate töökavade ajaline kooskõla); 2) vajalikud eelteadmised on matemaatikas omandatud, kuid neid teadmisi ei osata kasutada teises õppeaines (konteksti, terminite ja kirjaviisi erinevus).

Ühe kõige konkreetsema teemana kerkis esile vektorite kasutamine füüsikas. Füüsikaõpetaja tõi välja, et tema peab füüsika tunnis tegelema matemaatika alusteadmistega, alusmõistete õpetamisega, konkreetset vektorite õpetamisega. Tuvastasime, et füüsikas on vajalik teada vektori mõistet ning oskust vektoreid geomeetriliselt liita ja lahutada 10. klassi füüsika I kursuse raames, mis toimub sügisel. Matemaatika ainekava järgi käsitletakse vektoreid V kursuse raames ehk alles kevadel. Rääkisime läbi ja leppisime kokku, et õppeaastal 2020/2021 püüan matemaatika töökava ümber teha nii, et matemaatikas teen sissejuhatuse vektorite teemasse enne kui neid on vaja kasutada füüsikas. 2020/2021 õppeaasta sügisel saigi nii tehtud, korrigeerisin oma töökava selliselt, et 10. klassile tegin sissejuhatuse vektorite teemasse enne nende kasutamist füüsikas. Saadud kogemusele tuginedes selline lähenemine ei olnud siiski piisav. Õpetasin seda teemat matemaatikast lähtuvalt ning otsesid seoseid füüsikaga sisse ei toonud. Õpilased olid küll terminit vektor enne füüsika tundi kuulnud, kuid konkreetsete seoste loomine oli ikkagi keeruline, sest füüsikaõpetaja käsitles teemat „omal viisil“, füüsikast lähtuvalt (erinev kontekst, terminoloogia).

2.2. Õppematerjali loomine ja rakendamine ühistunnis

Käesolev peatükk hõlmab Löffströmi (2011) tegevusuuringu kolmandat etappi: tegevuskava loomine ja rakendamine.

Kuna ajaliselt kooskõlastatud vektorite teema käsitlemine matemaatikas ja füüsikas ei andnud soovitud tulemusi, oli vaja teha järgmine samm. Jõudsime füüsikaõpetajaga ühisele arusaamisele, et parim viis seda teha on ühise õppematerjali loomine ja koosõpetamine ühises tunnis. Leppisime kokku, et alustame konkreetsete sammudega augustis 2021. Õppeainete lõimingu ja koostöise õpetamise üheks oluliseks eelduseks on, et mõlemale õpetajatele on see

oluline ning seatud eesmärgid on samavõrra tähenduslikud (Slabina, 2017). Meie ühise vestluse põhjal saan öelda, et need olid meil mõlemal olemas.

Ühise õppematerjali loomise algfaasis selgus, et minul puudusid piisavad ainealased teadmised füüsikast ja füüsikaõpetaja pidi ootamatult võtma enda kanda ka keemiatundide läbiviimise (kokku 30 kontakttundi nädalas). Seega alustasin ühismaterjali loomist füüsika õpiku (Peil, 2017) ja ülesannete kogu (Kask & Reemann, 2015) läbitöötamisest. Saadud teadmiste ja matemaatika õpiku (Kaldmäe *et al.*, 2017) põhjal koostasın tunnikavade ja õppematerjalide esialgsed versioonid ning seejärel vaatasın need füüsikaõpetajaga koos üle ning viisin sisse vajalikud parandused.

Vastus esimesele uurimisküsimusele „Milline on matemaatikat ja füüsikat lõimiv õppematerjal ühise tunni läbiviimiseks?“ ehk valminud õppematerjalid ja tunnikavad on esitatud lisades (Lisad 1 kuni 6). Kuna aeg nende materjalide kasutamiseks jooksval õppeaastal oli möödas, siis otsustasime, et teeme seda järgmise õppeaasta (2022/2023) sügisel. Konkreetsete tunnikavadeni ja õppematerjalideni oli võimalik jõuda ainult tänu sellele, et kooli juhtkonna poolt oli mulle võimaldatud kontakttundidest vaba reede.

Järgmiseks sammuks oli õppematerjalide rakendamine ühistunnis. Viisime füüsikaõpetajaga matemaatikat ja füüsikat lõimivad tunnid läbi 2022/2023 õppeaasta sügisel 10. klassis (32 õpilast).

Esimene ühistund (2 x 45 min) toimus 7. oktoobril. See tähendas seda, et me pidime omad töökavad sättima vastavalt nii, et jõuaksime mõlemas aines teha vajalikud sissejuhatused, et säiliks ainete ülesehituse loogika. Tunni teemaks oli vektori mõiste, vektori koordinaadid, vektori pikkus, vektori mõiste kasutamine füüsikas ja füüsika ülesannete lahendamine vektorite abil. Tunnikava (Lisa 1) oli ülesehitatud viisil, kus vektori mõiste ning pikkuse leidmine avati matemaatikast lähtuvalt ja siis näidati vektorite kasutamist füüsikas konkreetsete näidete ja ülesannete lahendamise kaudu. Tunni läbiviimiseks oli valmistasime ette slaidid (tunnikonspekt) (Lisa 2) ja töölehed õpilastele (Lisa 3). Slaidide (tunnikonspekti) ettevalmistamisel kasutasime GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>) ja OpenBoard (<https://openboard.ch/>) tarkvara. Tunni viisime läbi samuti kasutades OpenBoardi. See võimaldas slaididel olevat infot graafikalaua abil jooksvalt täiendada ning esitada seda osaliselt kaetuna (ülesannete vastuse olid alguses kaetud ja avati alles vastuste kontrolliks). Pärast ühistunni toimumist jätkasime ainete eraldi õpetamist, püüdes küll esile tõsta lõimingu kohti.

Järgmine ühistund (45 min) toimus 9. novembril (24.-30. oktoober oli vaheaeg). Tunni toimumise aeg lähtus füüsika ainekavast, füüsika õpetamise järjekorrast. See tingis selle, et

matemaatika pidi füüsika järgi ootama ja vektorite teemasse tuli paus sisse teha. Tunni teema hõlmas füüsikast jõudude vastastikmõju ehk resultantjõudu ja kehale mõjuvate jõudude ehk jõuvektorite liitmist. Matemaatikast samasihiliste vektorite liitmist ja lahutamist ning samasse alguspunkti rakendatud erisihiliste vektorite liitmist (rööpküliku reegel). Selle tunnikava (Lisa 4) ülesehitus lähtus füüsikast, enne ülesannete juurde minemist tõime sisse matemaatika vastava teema (vektorite geomeetiline liitmine). Ka selle tunni läbiviimiseks valmistasime ette slaidid (tunnikonspekt) (Lisa 5) ja töölehed õpilastele (Lisa 6). Slaidid (tunnikonspekti) ettevalmistamisel kasutasime GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>) ja OpenBoard (<https://openboard.ch/>) tarkvara.

2.3. Andmete kogumine

Tegevusuuringu neljandaks etapiks Löffströmi (2011) järgi on andmete kogumine (praktiseeritava tegevuse kohta teabe kogumine). Enne andmete kogumise kirjeldamist annan ülevaate ka uuringu valimist.

2.3.1 Valim

Antud tegevusuuringu valimisse kuulusin mina ise (õpetajatöö kogemus alla viie aasta), füüsikaõpetaja (õpetajatöö kogemus üle 10 aasta) ning 10. klassi 32 õpilast (19 tüdrukut ja 13 poissi). Tegemist on mugavusvalimiga, sest uuring on läbi viidud koolis, kus ma ise töötan (Rämmer, 2014).

2.3.2 Andmekogumismeetodid ja -protsess

Andmekogumiseks kasutasin kolme erinevat meetodit:

1. Löffströmi (2011) järgi pidasin kogu protsessi vältel mõttepäevikut.

Mõttepäevikusse ma reflekteerisin oma kogemusi ning lähtusin reflekteerimisel samadest küsimustest, mis on füüsikaõpetajaga tehtud intervjuukavas. Refleksiooni kirjutamisel ei lähtunud ma otseselt ühestki refleksiooni mudelist. Mõttepäevikut kasutasin ma vastamaks teisele uurimisküsimusele.

2. Intervjuu füüsikaõpetajaga. Füüsikaõpetajaga viisin läbi poolstruktureeritud intervjuu. Poolstruktureeritud intervjuu võimaldab saada vastuseid püstitatud uurimisküsimustele, samas tulenevalt intervjuu käigust on võimalik paindlikult muuta küsimuste järjekorda ja sõnastust (Lepik *et al.*, 2014). Poolstruktureeritud intervjuu viisin läbi intervjuukava alusel (Lisa 7). Intervjuu kava kvaliteedi tõstmiseks vaatasin selle üle koos juhendajaga. Füüsikaõpetajaga tehtud intervjuu kestis 35 minutit. Intervjuu salvestasin

füüsikaõpetaja nõusolekul. Intervjuu transkribeerimisel kasutasin veebipõhist kõnetuvastussüsteemi (Alumäe *et al.*, 2018). Transkribeeritud teksti kuulasin üle ja korrigeerisin tekkinud vead, kuid jätsin märkimata pausid ja reageeringud, mis uurimisküsimuste seisukohalt ei andnud sisulist informatsiooni.

3. Rühmaintervjuu ühistunnis osalenud õpilastega. Õpilastega viisin läbi poolstruktureeritud intervjuu, mille kava on lisas (Lisa 8). Intervjuukava kvaliteedi tõstmiseks vaatasin selle üle koos juhendajaga. Intervjuud toimusid kahes grupis. Matemaatikas on 10. klass jagatud tempost lähtuvalt kahte gruppi. Intervjuud viisin läbi kohe esimeses matemaikatunnis, mis toimus peale teist, 9. novembril toimunud matemaatika-füüsika ühistundi. Ühes grupis oli 13 õpilast ja teises grupis 17 õpilast ning intervjuud salvestasin. Salvestus toimus õpilaste nõusolekul. Lähtudes heast teadustavast (Tartu Ülikooli Eetikakeskus, 2017) informeerisin õpilasi sellest, et intervjuul osalemine on vabatahtlik ja iga hetkel võivad nad osalemisest loobuda. Samuti said nad kinnituse, et salvestist kasutatakse ainult antud magistritöö raames ja töös tuuakse välja ainult üldistatud kokkuvõtte. Ühe grupi intervjuu kestis 9 minutit ja teise grupi 7,5 minutit. Transkribeerisin mõlemad intervjuud kasutades selleks samuti veebipõhist kõnetuvastussüsteemi (Alumäe *et al.*, 2018). Süsteemi poolt transkribeeritud teksti kuulasin üle ja korrigeerisin tekkinud vead, kuid jätsin märkimata pausid ja reageeringud, mis uurimisküsimuste seisukohalt ei andnud sisulist informatsiooni.

2.4. Andmete analüüs

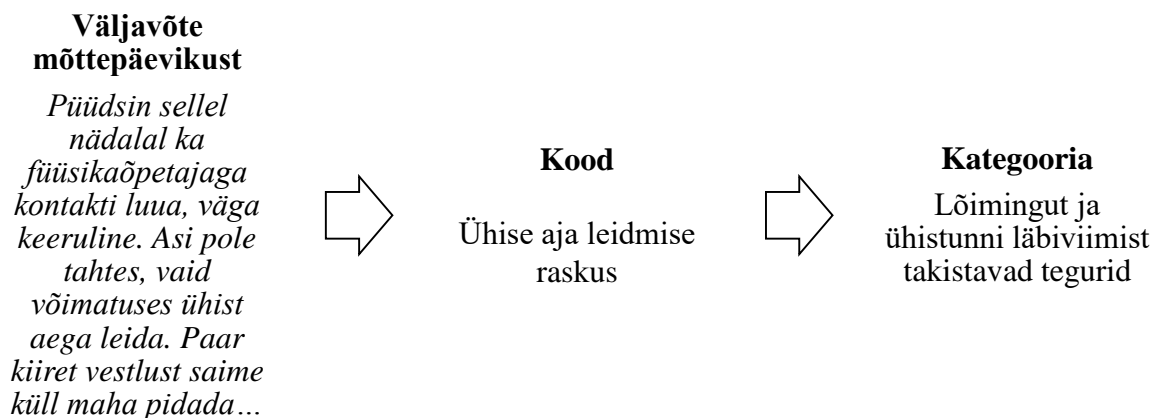
Tegevusuuringu viiendaks etapiks Löffströmi (2011) järgi on andmete analüüs (võtmeküsimuste ja -kogemuste tuvastamine), mille esitan kahes osas: esiteks kirjeldan andmete analüüsi protsessi ning seejärel toon uurimisküsimuste kaupa välja tulemused seostades ning tõlgendades neid varasemate uuringute valguses.

2.4.1 Andmeanalüüsimeetod ja -protsess

Andmeanalüüsiks kasutasin kvalitatiivset induktiivset (andmetest lähtuvat) sisuanalüüsi (Kalmus *et al.*, 2015). Induktiivne lähenemine oli minu töös sobilik, sest mul ei olnud analüüsiks ees konkreetset teooriast tulenevat analüüsiraamistikku. Andmeanalüüsi alustasin andmete mitmekordse läbilugemisega. Järgmiseks sammuks oli kodeerimine, mille käigus määrasin koodid lähtuvalt analüüsitava tekstist, analüüsiühikuks oli ühte mõtet kandev tekstiosa. Kodeerimisel kasutasin MS Wordi dokumendi läbivaatuse funktsionaalsust. Spetsiaalse kodeerimistarkvara kasutamine ei olnud vajalik, sest analüüsitava andmete maht ei olnud suur (kirjastiilis Times New Roman, suurusega 12 ja reavahega 1,5 oli

transkriptsioonide kogumahuks 39 lehekülge). Andmeanalüüsi kvaliteedi tagamiseks korduvkodeerisin andmed veel kahenädalase vahega.

Järgnevalt koondasin sama sisuga koodid kategooriatesse. Teise uurimisküsimuse alla moodustus kolm kategooriat ning kolmanda uurimisküsimuse alla kaks kategooriat. Näide kodeerimise ja kategoriseerimise kohta on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. Näide kodeerimisest ja kategoriseerimisest uurimisküsimuse „Millised on õpetajate ühise õppematerjali koostamise ja ühistunnis koosõpetamise kogemused?“ lõikes

2.4.2 Tulemused ja arutelu

Järgnevalt esitan tulemused teise ja kolmanda uurimisküsimuse kaupa, sidudes ja tõlgendades tulemusi varasemate uurimustulemuste valguses. Tulemusi olen ilmestanud tsitaatidega.

Tsitaatide juurde on märgitud, kas tegemist on väljavõttega minu mõttepäevikust või väljavõttega füüsikaõpetaja intervjuust. Õpilaste tsitaatide juurde pseudonüüme ei lisanud.

Teise uurimisküsimusega soovisin saada teada, millised on õpetajate ühise õppematerjali koostamise ja ühistunnis koosõpetamise kogemused. Analüüsi tulemusena sain kokku 16 erinevat koodi. Saadud koodid jagasin kolme kategooriasse: 1) Lõimingut ja ühistunni läbiviimist takistavad tegurid; 2) Lõimingut ja ühistunni läbiviimist toetavad tegurid; 3) Kogemused, mida kaasa võtta järgmisse arendustsükklisse.

Lõimingut ja ühistunni läbiviimist takistavad tegurid. Ühe takistava tegurina tuli esile asjaolu, et minul puudusid piisavad ainealased teadmised füüsikast. Selleks, et oleks

võimalik planeerida kahe erineva õppeaine tunnikava ja õppematerjalide koostamist ning ühistunni läbiviimist, on teise õppeaine tundmine hädavajalik.

Kuidas ikkagi konkreetset koolis õppeaineid lõimida, korraldada õpetajate koostööd? Tunnetan, et konkreetseks lõimimiseks peavad õpetajad päris hästi tundma ka teisi õppeaineid. Ja see on juba keeruline. (...) Kuid ilmselgelt vajan ise konkreetseid kogemusi füüsikaga, et aru saada ja mõista probleemi detailsel tasemel. Üldine vaade pole piisav, ei aita meid kuidagi edasi. (väljavõte mõttepäevikust, 21.11.2021)

Kuna minu teadmised füüsika õppekavast ja sisust olid täiesti puudu, siis võtsin kooli kodulehelt füüsika ainekava ja kõrvale matemaatika ainekava ning püüdsin sealt leida neid ühisosi (ühiseid teemasid). Sellest võrdlusest polnud üldse abi, sest ainekavad on üldsõnalised ja kui ma füüsika ainesisust midagi ei tea (koolis käimisest möödab ka üle 30 aasta) ei oska ma isegi füüsikaõpetajaga midagi arutada. (väljavõte mõttepäevikust, 21.11.2021)

Ka Kuusk (2010) toob välja, et aineülesete õppematerjalide väljatöötamisel on üheks takistuseks, et õpetajad omavad häid ainealaseid teadmisi enda õppeainest, kuid ei tunne piisavalt seda, mis jääb nende ainealast väljapoole. Õppeainete lõimimise eelduseks on koostöö, koostöö eelduseks on üksteise sisuline mõistmine. Edasiminekuks tuli mul ennast füüsika ainesisuga kurssi viia. See tähendas ajamahukat vastava füüsikakursuse õpiku ja ülesannete kogu läbitöötamist.

Teise takistusena kerkiski ülesse lõimitud õppematerjalide loomise suur töö- ja ajamahukus. See oli ka põhjuseks, et ühel õppeaastal sai välja töötatud tunnikavad ja õppematerjalid ning alles järgmisel õppeaastal oli võimalik läbi viia lõimitud ühistunnid. Järgnevatest mõttepäeviku väljavõtetest on näha, et hetkest, millal ma alustasin füüsika õpiku ja ülesannete kogu läbitöötamist kuni esimese esialgse tunnikava koostamiseni kulus poolteist kuud.

Olen nüüd pea 4 tundi läbi töötanud 10. klassi füüsika õpikut. Töödelnud ja konspekteerinud. Tegemist on siis mehaanika osaga ja jõudsin läbi töötada kolm alapeatükki, (lk 7- 17). Minna on veel vähemalt lk 17 – 57 (õpikus kokku 88 lehekülge). (väljavõte mõttepäevikust, 30.10.2021)

Jätkan 10. klassi füüsika õpikust mehaanika osa läbi töötamist. (...) Selleks kulub veel järgmine reede ja laupäev. Pühapäeviti ma kahjuks panustada ei saa, sest see kulub kontrolltööde parandamisele ja tundide planeerimisele. (väljavõte mõttepäevikust, 5.11.2021)

Lahendasin läbi päris suure portsu kinemaatika ülesandeid. Sain selle osaga lõpuni (väljavõtte mõttepäevikust, 19.11.2021)

Olen nüüd kahel päeval lahendanud füüsika dünaamika ülesandeid. (väljavõtte mõttepäevikust, 26.-27.11.2021)

Tegin eile tunnikava tooriku, jooksin kinni. Ilma füüsikaõpetajata pole võimalik edasi minna, mis peaks olema tegelik järjekord – kas füüsikast lähtuv või matemaatikast lähtuv? Kui suures mahus mida ja kui palju? . (väljavõtte mõttepäevikust, 4.12.2021)

Ka füüsikaõpetaja tõi intervjuus välja lõimitud õppematerjalide ja ühistundide ettevalmistamise töö- ja ajamahukuse.

... et see ekstra aeg, et tegelikult see, et me täna jõudsime siin nii kaugel, oli see, et eeltööd on juba ka aasta tagasi tehtud. (väljavõtte intervjuust)

Ja intervjuus hiljem, kui jutt käis lõimingu ja ühistundidega jätkamisest, siis tõi ta samuti selle takistuse välja.

Aga see on tohutu töö, sinna ette jälle. (väljavõtte intervjuust)

Kuusk (2010) toob samuti ühe takistava tegurina välja aja. Lõiminguks on vaja piisavalt aega, et leida erinevaid aineid ühendavaid mõisteid ja teemasid, koguda piisavalt informatsiooni ja see koos läbi töötada. Sellest saab järeldada, et kui on tõsine kavatsus tegeleda erinevate ainete lõimimisega, siis tuleb selleks võtta eraldi aega.

Kuna ühiste materjalide väljatöötamine ja ühistundide läbiviimine eeldab õpetajate koostööd ja ühist aega, siis ühe takistusena ilmnes ka raskus leida selleks piisavalt ühist aega. Eriti keeruline oli see tunnikavade ja õppematerjalide materjalide väljatöötamise perioodil, õppeaasta 2021/2022 sügisel, sest füüsikaõpetaja pidi ootamatult võtma enda kanda ka Ja keemiatundide läbiviimise.

Püüdsin sellel nädalal ka füüsikaõpetajaga kontakti luua, väga keeruline. Asi pole tahtes, vaid võimatuses ühist aega leida. Paar kiiret vestlust saime küll maha pidada... (väljavõtte mõttepäevikust, 12.11.2021)

Saatsin füüsikaõpetajale. Enne kui selle tunnikavaga edasi minna, on vaja temalt kinnitust, kas olen üldse õigel teel. (...) Seepärast ei saa ma ilma konsulteerimata jätkata. Loodetavasti leiab füüsikaõpetaja järgmise nädala jooksul aega.... (väljavõtte mõttepäevikust, 11.12.2021)

Intervjuust füüsikaõpetajaga see takistus esile ei tulnud. Seda saab seletada sellega, et õppematerjalide ja tunnikavade ettevalmistus oli suuresti minu õlul ja tema sellist taksitust

otseselt ei tunnetanud. Mina pidin need ühised ajad leidma arvestades füüsikaõpetaja võimalustega (tal oli sel perioodil 30 kontakttundi nädalas).

Slabina (2017) järgi on samuti üheks kriitiliseks eduteguriks aeg, et oleks aega ühiselt planeerida ja ette valmistada ning ühistunde läbi viia. TALIS 2018 uuringus soovitatakse planeerida õpetajate jaoks tunniplaani igasse nädalasse koostööks ettenähtud kindel aeg (Taimalu *et al.*, 2020).

Takistusena tuli esile ka matemaatika ja füüsika ainekavade ja sealt tulenevate töökavade ajaline (mitte)ühilduvus ehk ajaline kooskõla. Selle takistuse ületamine nõuab osapoolte tahet oma tööd (õpetamise järjekorda) muuta.

Istusime koos füüsikaõpetajaga maha ja vaatasime üle oma töökavad, et millal füüsikas vektorid sisse tulevad ja kuidas saan mina matemaatikas teema sissejuhatava osa sisse tuua nii, et see oleks nii füüsika kui ma matemaatika tundide suhtes loogiline ja võimalikult sujuv. Selle järgi sättisin ma ka oma töökava paika, võttes vahepeal vektori teema sisse. Peale ühist tundi läksime oma ainetega eraldi edasi. Mina jätkasin mõned tunnid vektoritega, et kinnistada vektorite põhiteadmised. Siis läksin tagasi pooleli jäänud kursuse juurde. Meil oli plaan teha veel teine ühine tund jõu ja vektorite teemal, seega käsitlesin vektorite teemat sinnani, mida veel füüsikas otseselt vaja polnud ja siis ootasin füüsikat järgi (läksin tagasi pooleli oleva kursuse juurde). (väljavõte mõttepäevikust, 11.11.2022)

...kui ma oleks õpikupõhiselt edasi liikunud, siis mul oleks vektorid pidanud olema juba sada aastat tagasi, kui niimoodi väljendada. Aga sealsamas see ei takistanud mul seda varasemat osa õpetamast ilma selleta, et me oleksime vektoritesse ei süvenenud. (...) Et siin peab olema vastastikune, selline kokkulepe või vastutulek sinna juurde, et leida need ühed ajalised hetked, kus me siis selle aja maha võtame ja selle ära teeme... (väljavõte intervjuust)

Kuusk (2010) toob välja, et õpetajate töökavades on keeruline ajalist kooskõla planeerida nii, et see ei lõhu nende ainete loogilist käsitlusjärjestust. Kui aineid õpetavad erinevad õpetajad, on keerulisem ajalist kooskõla saavutada. See on võimalik, kuid selle eelduseks on õpetajate hea tahe ja piisav aeg selle kavandamiseks, see eeldab õpetajate koostööd. Ainete lõimimiseks ja ühistunni läbiviimiseks oli meil mõlemal vaja korrigeerida õpetamise järjestust. Kuna meil oli ühine eesmärk ja tahe, siis sai see ka võimalikuks. Mina pidin küll selleks matemaatika laus ühe kursuse sisse sobitama teise kursuse sisu. Füüsikaõpetaja pidid seda tegema sama kursuse piires.

Lõimingut ja ühistunni läbiviimist toetavad tegurid. Nii minu mõttepäevikust kui intervjuust füüsikaõpetajaga tuli selgelt välja ühe toetava tegurina see, et me mõlemad tunnetasime selget vajadust lõimida matemaatikat ja füüsikat. Meil oli ühine eesmärk ja mõlemal oli tahe see eesmärk saavutada. Mõlemal õpetajal on ka ühine õpetamisfilosoofia – õpilasest lähtuv õpetamine. Kui ka õpetajate isiksusomadused on erinevad, siis ühise eesmärgi nimel on osapooled valmis kohanduma.

Hea on see, et ka füüsikaõpetaja on koostööst huvitatud, sest selle töö edukuse üheks peamiseks eelduseks on koostöö õpetajate vahel. (väljavõte mõttepäevikust, 30.10.2021)

Vajadust tunnetasid mõlemad, (...) selge ühine eesmärk. (väljavõte mõttepäevikust, 21.11.2021)

Ma arvan, et siin on ka see, et me olime mõlemad valmis, me tahtsime seda teha, teistpidiselt, seesama, et ma nägin, et õpilased vajaksid lisaks minu selgitusel veel teist tuge sinna kõrvale... (väljavõte intervjuust)

Slabina (2017) toob samuti välja, et koostöise õpetamise positiivse tulemuse üheks võtmeteguriks on ühiste eesmärkide olemasolu. Eesmärgid peavad õpetajatele olema isiklikult tähenduslikud. Meil oli ühine tunnetatud vajadus, ühine eesmärk, mis oli meile mõlemale tähenduslik.

Teise lõimingut ja ühistunni läbiviimist toetava tegurina tuli välja kooli juhtkonnapoolne toetus. Kooli tunniplaani koostamisel võimaldati mulle üks kontakttundidest vaba päev, mida ma kasutasin enda füüsika teadmiste arendamiseks ehk füüsika õpiku ja ülesannete kogu läbi töötamiseks. Ilma selleta ei oleks juba eelnevalt nimetatud takistuse ületamine olnud võimalik.

Mul on võimaldatud vaba reede ja on realistlik võimalus, et saame füüsikaõpetajaga koos läbi viia mõned ühistunnid. (väljavõte mõttepäevikust, 16.09.2022)

Töötasin füüsika õpiku koos ülesannete koguga peatükk peatüki haaval läbi. Selleks kasutasin mulle tunniplaanis võimaldatud „vaba reedet“. (väljavõte mõttepäevikust, 11.11.2022)

Ka Slabina (2017) toob välja, et koostöise õpetamise õnnestumiseks tuleb võtta aega, aega planeerimiseks ja ettevalmistamiseks. Selleks on vaja koolipäevad ja koolinädalad korraldada nii, et oleks võimalik koostöös õpetada. Siin on võtmekohaks kooli juhtkonna tugi.

Kogemused, mida kaasa võtta järgmisse arendustsüklisse. Esimene kogemus, mille esimesest tegevusuuringu tsüklist saime, oli teadmine, et matemaatika ja matemaatika füüsikas võivad olla üpris erinevad asjad. Kasutatakse erinevaid termineid ja erinevaid

tähistusi samade asjade kohta. Samas kõik, mis on lubatud matemaatikas, ei ole lubatud füüsikas (loodusseadustel on omad piirid).

Juba esimeste peatükkidest koorub välja, et tähistamine matemaatikas ja füüsikas on erinevad, samu asju nimetatakse erinevate nimedega. Kui matemaatikas me räägime lineaarsest sõltuvusest, lineaarfunktsioonist, sirge võrrandist, siis füüsikas räägitakse ühtlase sirgjoonelise liikumise liikumisvõrrandist ja liikumisgraafikust. Leheküljel 16 on liikumisgraafiku juures kirjas otseselt, et „Matemaatikas oleme harjunud, et horisontaaltelje tähiseks võetakse x ja vertikaalse telje tähiseks y . Füüsikas kasutatakse teisi tähiseid. Kusjuures matemaatikas me üldiselt ei räägi horisontaal- ja vertikaalteljest. Räägime kas x - ja y -teljest või vahel harvem ka abtsiss- ja ordinaatteljest. Seega pole ime, et õpilaste peades võib tekkida nõ teadmiste konflikt. Võib tekkida segadus ja vead. (väljavõte mõttepäevikust, 30.10.2021)

Resultantjõu ja vektorite teema juures tuli väga selgelt esile vektorite käsitlemise mõningane erinevus füüsikas ja matemaatikas. Kui matemaatikas võib vabavektori asukohta vabalt muuta, kui säilib, siht, suund ja pikkus. Siis füüsikas võib vektorit libistada ainult mööda sirget, mille ta asub. (väljavõte mõttepäevikust, 11.11.2022) ... jõud mõjub ikka kehale ja keha on üks kindel, konkreetne (asukoht)... (väljavõte intervjuust)

Matemaatika ja füüsika matemaatika erinevused on oluline õpetajatel kõigepealt endale selgeks teha ja siis ka õpilastele selgelt välja tuua. See kogemus tõi esile veel ühe faktoti, miks õpilastele on keeruline ainete vahel seoseid luua.

Veel on olulised saadud kogemused koostööst. Kootööprojektid on väljakutse, mugavustsoonist väljatulek. Samas on koostöö kaudu võimalik kolleegi tundma õppida ja positiivse stsenaariumi korral kasvab vastastikuse avatus ja usaldus. Samuti on koostöö osalistele arendav.

Ma ütleks selle kohta, et igasugused sellised koostööprojektid on tegelikult õpetajatele paras väljakutse, olgem ausad... (...) Nii et mulle see koostöine tegevus tegelikult meeldis, vaatamata sellele, et seal on rohkelt läbi mõtlemise kohti. (väljavõte intervjuust)

... tegelikult on hea, et mõlemad oleme saanud omale vajalikud oskused teise nurga alt sinna juurde. (väljavõte intervjuust)

Mida mina ise arvan, on see, et sellised ühised tegevused on need asjad, mis panevad õpetaja silma särama või annavad õpetaja testpidiselt sellist tuge sinna juurde, et

kahekesi koos on ikkagi vahvam ja toredam (...) Et ma arvan, et mida rohkem koostöös teha, seda kindlamaks me ise muutume ka. (väljavõte intervjuust)

Slabina (2017) on välja toonud, et koostööst võidavad õpilased, õpetajad ja kogu kool. Samast allikast ilmnes, et koostöö käigus õpetajad vahetavad ideid ja kogemusi, loovad uusi materjale, saavad toetada kolleege. Mida rohkem on koostööst õpetamist, seda parem on koolikliima, seda suurem on usaldus koolipere liikmete vahel. Omavaheline side paraneb, tehnoloogilised oskused paranevad, eraldatus väheneb. Kõik need positiivsed ilmingud avaldusid ka antud töö käigus. Slabina (2017) on ka välja toonud, et koostööd tehes õpetajate töökoormus väheneb. Antud töö käigus see kinnitust ei leidnud, kuid siin tuleb arvestada, et koostöö oli episoodiline. Kui koostööd jätkata ja edasi arendada, siis võib see väide ka kinnitust leida, kuid alguses (väljatöötamise perioodil) töökoormus kindlasti kasvab.

Väga kasulik ja arendav kogemus oli koos õpetamine ühistunnis. Selgelt tuli välja, et koos tunni andmine tahab harjumist ja harjutamist. Kui esimene tund oli veidi rabe, siis teises tunnis me oskasime juba paremini üksteisega arvestada. Kahekesi õpetamisel ühistunnis on oluline koht üksteise toetamisel. Kui ühel õpetajal tekkis mingi ootamatu koht (ei osanud ette näha), siis teine õpetaja toetas (tõttas appi). Selleks, et tunni käik oleks sujuvam ja ootamatusi vähem, on vaja võtta aega tunni eelnevaks „läbi mängimiseks“. Veel tuli välja, et kahekesi klassis olles oli võimalik jälgida paremini õpilaste edenemist, üks õpetaja sai teisele öelda, et mingi asi tahab veel üle seletamist. Üks selgitas klassi ees ja teine liikus ringi, toetas individuaalselt. Jõudis rohkem märgata. Siin võiks ka eelnevalt läbi mõelda ja kokku leppida kuidas me ennast klassis jagame. Me ei osanud (meil ei olnud aega) eelnevalt sellele mõelda ja seetõttu kujunes see spontaanselt.

Muidugi vajab lisaks sisulisele koostööle ka ühise tunni andmine kokku harjutamist.(...) Aga ajanappuse tõttu pole eelnev kokku harjutamine kahjuks võimalik ja seda tuli lihvida töö käigus. (väljavõte mõttepäevikust, 7.10.2022)

...et siis on ikkagi kaks õpetajat klassis, üks õpetaja märkab ühte asja, teine teist (...) et kui klassis on ikkagi kolmkümmend kaks õpilast, (...) siis see hea, et kui üks õpetaja oli klassi ees, siis teine oli siis seal klassis, kes sai vahepeal käia, (...) märgata, et ahah, kuule siin on selline puudujääk ja sai tulla öelda klassi ette, et kuule, et meil on vaja see uuesti selgitada või sellele tähelepanu pöörata. Et see toimis nagu kuidagi ja kahekesi koos ringi käies toimis see ka märksa kiiremini... (väljavõte intervjuust)

Ka Slabina (2017) on välja toonud, et koosõpetamisel (õpetamine ühistunnis) on võtmekohaks õpetajate vastastikune usaldus ja avatus ning isikutevaheline sobivus. Samuti on ta välja toonud, et koos õpetamine mitmekesisustab õpetamist ning õpetajal jätkub tähelepanu

rohkematele õpilastele, toimub rohkem õpilaste erinevustega arvestamine. Kahekesi tunni andmine võimaldas meil jõuda paremini õpilasteni ja rohkem neid individuaalselt toetada

Teise uurimisküsimusega soovisin teada, millised on õpetajate ühise õppematerjali koostamise ja ühistunnis koosõpetamise kogemused. Tulemustest ilmnes, et reaalne õppeainete lõiming ja ühistunni ettevalmistus on väga töö- ja ajamahukas, sest eeldab õpetajate teineteise ainete tundmist ja tihedat koostööd. Kindlasti on vajalik kooli juhtkonna toetus, et oleks võimalik selle tegemiseks aega võtta, selleks vastavalt töökorraldust muuta (töökoormuse jaotus, tunniplaan). Vähetähtis ei ole asjaolu, et lõimingus ja koostöös osalevad õpetajad tahavad seda teha, näevad selle vajadust, sest see aitas ületada takistusi ja jätkata ka siis, kui oli raske ühist aega leida. Tuli välja, et selline koostöö on õpetajate jaoks arendav, omandasime uusi teadmisi ja oskusi. Samuti tuli välja, et koos tundi andes jõudsime paremini õpilasteni nii neid individuaalselt toetades kui ka teineteist toetades ja täiendades. Vaatamata esile kerkinud takistustele on saadud kogemus positiivne ja meil on kindel plaan jätkata ning teemasid laiendada. Eeldatavasti on meil selleks olemas ka kooli juhtkonna toetus.

Kolmanda uurimisküsimusega soovisin saada teada, millised on õpilaste ühistunnis osalemise kogemused. Andmeanalüüsi tulemusel tekkis kaks kategooriat: 1) Positiivsed aspektid; 2) Arengukohad.

Positiivsed aspektid. Õpilastele ühised matemaatika ja füüsika tunnid meeldisid. Meeldis, et sai koos kohe õppida matemaatikat ja füüsikat, ei ole seda probleemi, et oled enne matemaatikas õppinud, siis ära unustanud ja hakkad uuesti õppima. Toodi välja, et koos õppida oli kergem, näed neid seoseid ja erinevusi füüsikas ja matemaatikas;

Meeldis, et saime kohe õppida kohe füüsikas ja matemaatikas.

...mitte te me õpime seal ära, tuleme siia ja oleme peaaegu ära unustanud ja siis me hakkame uuesti õppima, kui niimoodi need kaks kokku panna siis see oli kergem kuidagi.

Tore oli ühildada matemaatikat ja füüsikat, ei pea kõiki eraldi õppima.

Kuusk (2010) toob samuti välja, et kui õpetajad toovad välja (teevad nähtavaks) õppeainete vastastikused seosed, siis õpilaste oskused ja teadmised muutuvad paremaks.

Veel meeldis õpilastele, et klassis oli kaks õpetajat, õpetajad jõudsid rohkem toetama, kahe õpetajaga oli kergem.

Mulle näiteks väga meeldis, et me saime nagu kahe erineva õpetaja nagu õpetusviisid nagu kokku panna, (...) kuna meid on nii palju, siis vahepeal kui teine õpetaja nagu seletas teistele, siis sa said teise õpetaja käest küsida abi. Ja siis seletusviis, nagu ma sain paremini sellest teemast aru ka, kui kaks õpetajat seletasid.

...see meeldis ka, et kui üks õpetaja näiteks seletab tahvli ees, teine sai tulla abistada kohapeal, see oli hea.

Õpilased tõid seega välja sama positiivse kogemuse mis õpetajadki. Seda kinnitab ka Slabina (2010), koos õpetamine mitmekesistab õpetamist ning õpetajal jätkub tähelepanu rohkematele õpilastele, toimub rohkem õpilaste erinevustega arvestamine.

Eraldi mainiti ka veel seda, et meeldis näha kuidas õpetajad koos töötasid.

Võib-olla võib öelda veel seda, et meeldis see asi kuidas õpetajad mõlemad koos töötasid.

TALIS 2018 uuringus on kirjas, et õpetajatevaheline koostöö on väga tähtis ka õpilastele eeskuju pakkumiseks (Taimalu *et al.*, 2020). Samuti toob ka Slabina (2017) välja, et õpilaste jaoks on oluline kogemus näha, kuidas õpetajad koostööd teevad ning kuidas erinevad õpetamis- ja suhtlemisstiilid koos toimivad.

Õpilased hindasid positiivselt ka õppematerjale. Õppematerjalid meeldisid, sest tunnikonspektis oli kõik oluline ühes kohas koos. Töölehtede peal ülesannete lahendamine aitas aega kokku hoida, ei olnud vaja ülesandeid ümber kirjutada. Samuti meeldis materjalide loogiline ülesehitus, järjestus.

See oli hea, et me saame pärast nagu üle vaadata veel... Ja töölehed, nagu mulle näiteks meeldis, seal oligi nagu kolm ülesannet ja iga ülesanne läks raskemaks. Me alustasimegi nagu, et kuidas seda üldse teha, teine oli juba raskem ja siis kolmas pidi veel rohkem mõtlema. Mulle meeldis see järjestus.

...need mulle meeldivad, need on nagu lihtsad, õpikus on nagu veits liiga palju neid asju koos, aga nendel on nagu vähe, aga nagu sisukad...

...et on kõik ühte kohta nagu pandud, ühte materjali

Arengukohad. Õpilased tõid arengukohana välja mõningane ebaselgus matemaatika ja füüsika erinevate terminite vahel. See erinevus tekitas neis siiski segadust, oleks võinud olla veel rohkem välja toodud, kohati oli raske aru saada.

Ma ütleks seda, et võib-olla mul oli vahepeal natuke raske aru saada, kuidas mingi asi, kas sa on matemaatika või füüsika,...

...et rohkem rõhutada, et nüüd see käib nüüd matemaatika kohta, nüüd see käib mõlema kohta, nüüd see käib füüsika kohta. Võib olla natuke seda rõhutada.

Õpilased tõid välja, et 45 minutiline tund on liiga lühike ja kõik jäi rohkem segaseks kui 90 minutilise tunni ajal. Kaks tundi järjest oli parem, esimeses tunnis rohkem keskendumine teooria õppimisele, teises tunnis keskendumine ülesannetele, ühe tunniga ei jõudnud süveneda.

Võib-olla ongi siis see, et teinekord oli kaks tundi, läks kuidagi nagu paremini, ühest tunnist võib-olla ei piisa, ...

Kaks tundi järjest on parem, sest et ühes oligi see, et nagu kahe õpetajaga on see nagu ka, et võib-olla teie saate ka enda asjad alles valmis, siis jääbki nagu ajast puudu, ja siis ongi nagu natukene tagant kiirustamine.

Ja et kui meil oli kaks tundi, siis me tegime esimene tund me põhimõtteliselt nagu rääkisime teooriast ja nagu õpime ja teine tund tegime ülesandeid, siis nüüd me pool ja natukene rääkisime, kuidas seda ja siis hakkasime tegema ja siis selle võrra oli ka natukene kõik jäi rohkem segaseks.

Kolmanda uurimisküsimusega soovisin teada, millised on õpilaste ühistunnis osalemise kogemused. Tulemustest ilmnnes, et kui kaks õpetajata annavad tundi, siis saadakse paremini aru, kuna õpetajate seletused täiendavad teineteist ning õpetaja(d) jõuavad rohke abistama (individuaalselt toetama). Õppematerjalid toetasid ainetevaheliste seoste nägemist, kõik vajalik ja oluline oli mõlema aine kohta ühes materjalis, õpilastel lihtsam seoseid luua.

45 minutiline tund jäi lühikeseks, õpilastel ei olnud piisavalt aega süveneda, kiirustamine. Edaspidi tuleb lõimitud ühistunnid planeerida paaristunnina ehk 90 minutistena. Nõrgaks kohaks jäi matemaatika ja füüsikas kasutatava matemaatika terminoloogia erinevus. Edaspidi tuleb see veel selgemalt välja tuua, toetada veel paremini materjalidega.

Kokkuvõtteks võib öelda, et õppeainete lõimimine ja koosõpetamine on olulised ning vajalikud. Antud töös läbitud esimesest tegevusuuringu tsüklist saadud kogemused julgustavad meid jätkama ja ette võtma järgmist tegevusuuringu tsükli. Järgmises tsükli on plaanis võtta järgmine teema, milleks võib olla arvu standardkuju ja tehned standardkujuliste arvudega. Järgmine tsükkel algaks taas lõimitud õppematerjali loomisega, millele järgneb teemade koosõpetamine ühistundides, tagasiside kogumine ja tulemuste analüüs. Kaugemaks eesmärgiks on lõimitud tükid siduda suuremaks ja loogilisemaks tervikuks, matemaatika-füüsika ühiskursuseks. Järgmises tsükli saame arvesse võtta antud töö raames saadud õpikohad: räägime täpsemalt läbi mõlema ainega seotud mõisted, arvestame suure õppematerjalide ettevalmistusetapi töö- ja ajamahukusega, piisava aja olemasolu (eraldi aja planeerimine) ning koostööks ühise aja leidmine. Samas toetavad järgmist tsükli õpetajate ühine eesmärk ja tahe ning kooli juhtkonna toetus (võimaldatakse aeg).

Antud töö on ka piirangud. Üheks piiranguks on see, et õppematerjal valmis kahe õpetaja koostöös ja selle hindamiseks ei küsitud täiendavat ekspertarvamust, mis on oluline kvaliteedi seisukohalt. Piiranguna võib veel välja tuua asjaolu, et õpilastelt küsiti küll

arvamusi oma teadmiste kohta, kuid nende teadmisi ei testitud. Kolmanda piiranguna võib välja tuua, et kasutasin andmeanalüüsil küll korduvkodeerimist, kuid andmeanalüüsi usaldusväärsuse suurendamiseks oleks võinud kasutada lisaks kaaskodeerijat.

Hoolimata piirangutest on tööl ka oluline praktiline väärtus. Töö raames valmisid matemaatikat ja füüsikat lõimivad õppematerjalid, mis on esitatud töö lisan ning mida saavad lõimingust huvitatud õpetajad kasutada. Samuti annab töö ülevaate selle kohta, milliste toetavate ja takistavate teguritega peavad sarnast lõimingut ja koostööd teha soovivad õpetajad arvestama. Vähem olulised pole ka minu ja füüsikaõpetaja saadud õpikohad, mis toetavad meie mõlema professionaalset arengut.

Tänuõnad

Täna oma head kolleegi, kes oli valmis panustama oma aega ja energiat meie ühise eesmärgi nimel, lõimitud ühistundide läbiviimisel. See kogemus oli meeldiv ja arendav. Täna kooli juhtkonda, kes toetasid, tundsid huvi ja arvestasid (töö sai võimalikuks tänu sobivale tunniplaanile). Suur aitäh juhendajale Pihel Hundile, kes oli abiks nõu ja jõuga ja kes uskus ka siis, kui mina enam ei uskunud.

Autorsuse kinnitus

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega.

Epp Joab

/allkirjastatud digitaalselt/

5.01.2023

Kasutatud kirjandus

- Alumäe, T., Tilk, O., & Asadullah. (2018) *Advanced Rich Transcription System for Estonian Speech*. Baltic HLT. <http://bark.phon.ioc.ee/webtrans/>
- Gümnaasiumi riiklik õppekava (2021). *Riigiteataja I*, 23.04.2021, 11. <https://www.riigiteataja.ee/akt/123042021011?leiaKehtiv>
- Johnston, J., Ríordáin, M. & Walshe, G. (2016) Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233-255. <http://dx.doi.org/10.1080/0020739X.2015.1078001>
- Kaldmäe, K., Kontson, A., Matiisen, K. & Pais, E. (2017) *Gümnaasiumu lai matemaatika II. Trigonomeetria. Vektor tasandil. Joone võrrand*. Kirjastus Avita.
- Tartu Ülikooli Eetikakeskus (2017). *Hea teadustava*. https://www.eetika.ee/sites/default/files/www_ut/hea_teadustava_trukis.pdf
- Kalmus, V., Masso, A. & Linno, M. (2015) *Kvalitatiivne sisuanalüüs*. Sotsiaalse analüüsi meetodite ja metodoloogia andmebaas. Tartu Ülikool. <https://samm.ut.ee/kvalitatiivne-sisuanalyys>
- Kask, M. & Reemann, M. (2015) Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile. Kirjastus Koolibri *Kehra Gümnaasiumi arengukava 2018-2022* (s.a.). <https://kehra.edu.ee/wp-content/uploads/2018/05/Kehra-Gümnaasiumi-arengukava-2018-2022-.pdf>
- Kuusk T. (2010). Õppeainete seostamine õppekava lõimingu kontekstis. J. Jaani & L. Aru (Toim), *Lõiming. Lõimingu võimalusi põhikooli õppekavas* (lk 6-58). Tartu Ülikooli Haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus. <https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/14239>
- Käis, J. (2018) *Õpetamise alused ja teed*. Kirjastus Studium
- Lepik, K., Harro-Loit, H., Kello, K., Linno, M., Selg, M., & Strömpl, J. (2014) *Intervjuu*. Sotsiaalse analüüsi meetodite ja metodoloogia andmebaas. Tartu Ülikool. <https://samm.ut.ee/intervjuu>
- Löfström, E. (2011) Tegevusuuringu käsiraamat. SA Archimedes. Eduko. <https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/14968>
- Mäe, A. & Tiido, K. (2020) *Koostöise õpetamise rakendamine kutseõppes*. Magistritöö. Tartu

Ülikool.

https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/71195/mae_anne_tiido_kristi_ma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peil, I. (2017) *Mehaanika: dünaamika, perioodilised liikumised. Füüsika õpik gümnaasiumile*. Kirjastus Maurus.

Ross, J. & Hogaboam-Gray, A. (1998) Integrating mathematics, science, and technology: effects on students. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1119-1135. <https://doi.org/10.1080/0950069980200908>

Rämmel, A. (2014) *Valimi moodustamine*. Sotsiaalse analüüsi meetodite ja metodoloogia andmebaas. Tartu Ülikool. <https://samm.ut.ee/valimid>

Slabina, P. (2017, 19. mai) Koostöine õpetamine – ajavõit ja paremad tulemused. *Õpetajate Leht*. <https://opleht.ee/2017/05/koostoine-opetamine-ajavoit-ja-paremad-tulemused/>

Slabina, P. (2017) Liikumine koostöise õpetamise suunas. M. Heidmets, (Toim), *Õpikäsitus: teooriad, uurimused, mõõtmine. Analüütiline ülevaade* (lk 64-80). Tallinn: Tallinna Ülikooli Haridusteaduste Instituut.

https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/55716/Opikasisus_Kirjanduse_ylevaade_TLY.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Taimalu, M., Uibu, K., Luik, P., Leijen, Ä. & Pedaste M. (2020) *Õpetajad ja koolijuhid väärtustatud professionaalidena. 2. osa OECD rahvusvahelise õpetamise ja õppimise uuring TALIS 2018 tulemused*. SA Innove. https://www.innove.ee/wp-content/uploads/2020/04/TALIS2_kujundatud.pdf

Treacy, P. & O'Donoghue, J. (2014). Authentic Integration: a model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(5), 703-718.

<https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.868543>

Lisa 1 Tunnikava (vektorid ja liikumine)

TUNNIKAVA (vektorid ja liikumine)

Õppeaine: Matemaatika (*vektorid*) ja füüsika (*mehaanika – liikumine, suund, nihe, kiirus*)

Õppijate iseloomustus: 10. klass

Tunnikava koostaja nimed: *Epp Joab, Kati Lillemets*

Tunni teema: Vektorid, vektori mõiste, vektori pikkus. Vektori mõiste kasutamine füüsikas ja füüsika ülesannete lahendamine vektorite abil.

Tunni eesmärgid:

Üldine eesmärk: Matemaatika ja füüsika kui õppeainete parem lõimumine. Õpilased näevad paremini seoseid matemaatika ja füüsika vahel (matemaatika rakendatavus). Oskavad matemaatika teadmisi rakendada füüsikas.

Konkreetsed eesmärgid: Õpilane teab vektori mõistet, oskab määrata ja arvutada vektori koordinaate. Õpilane teab vektoriaalsete suuruste tähendust füüsikas, tunneb füüsikalisi vektoriaalseid suurusi. Oskab lahendada vektoriaalseid suurusi sisaldavaid ülesandeid füüsikas, kasutades matemaatikas õpitut.

Õppijate eelteadmised ja oskused: Õpilased oskavad lugeda koordinaatteljestikku, määrata punkti koordinaate. Teavad kiiruse arvutamise valemit, Oskavad teha algebralisi teisendusi, tehteid juurtega. Oskavad arvutada täisnurkse kolmnurga ühe külje pikkust teiste külgede kaudu.

Tunniks vajalikud materjalid, vahendid, tarkvara ja veebiaadressid: Õpetajal arvuti, klassis projektor, nutitahvel või graafikalaud. Õpetaja poolt ette valmistatud teemakohased materjalid (slaidid) ja töölehed õpilastele.

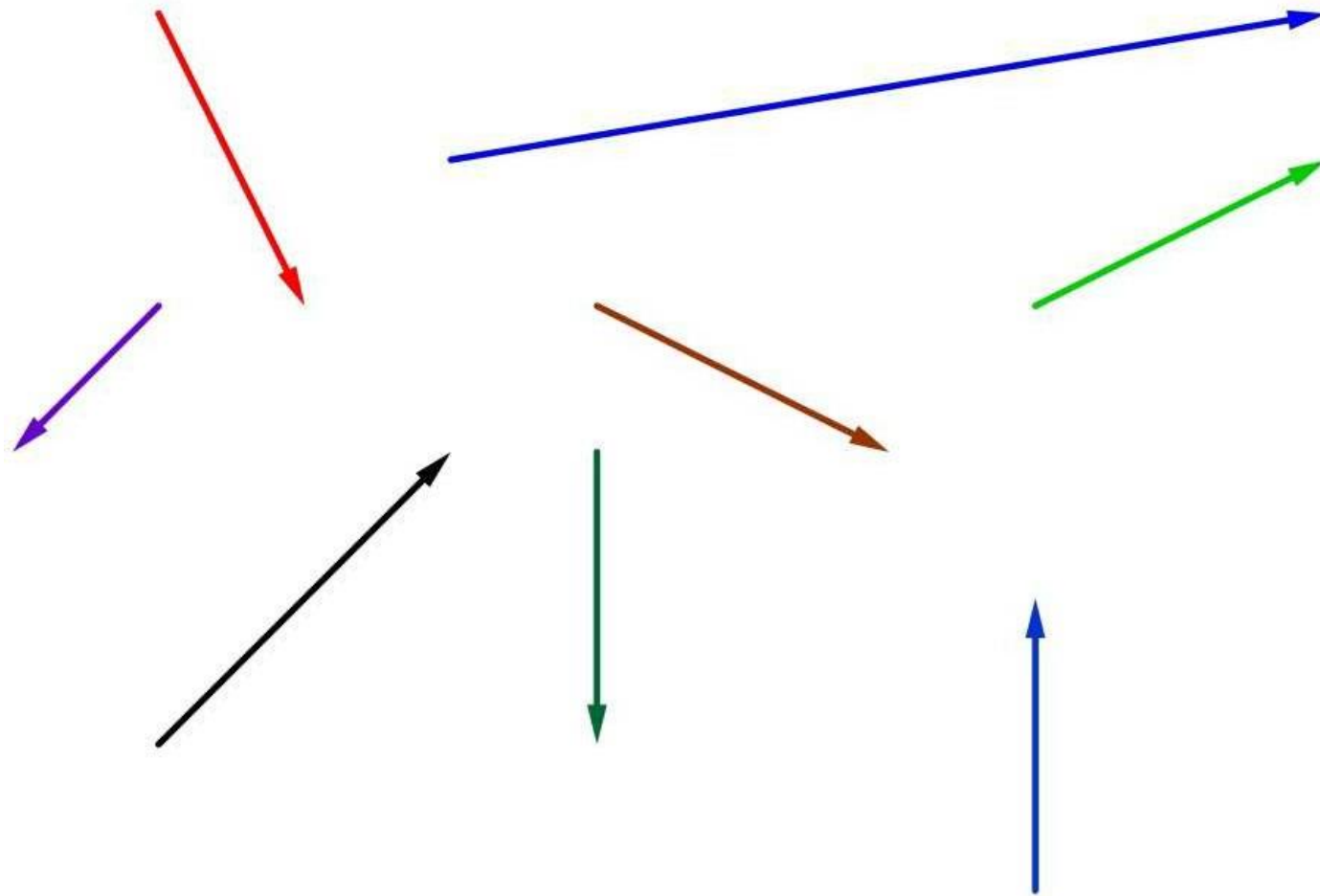
Tunni osad, struktuuri elemendid	Tegevuste kestus (minutites)	Õpetaja poolt kavandatud ja organiseeritud õppetegevuste kirjeldus	Õppijate tegevus	Märkused/soovitused
<p>I Ettevalmistus põhiosaks</p> <p>* tunni organiseerimine (vahetult enne tunni algust tehtavad ettevalmistused)</p> <p>* õppijate tähelepanu haaramine</p> <p>* eesmärgi teatamine</p>	<p>2 min</p> <p>5 min</p>	<p>Välja trükkida töölehed. Valmistada ette klass, tehnilised vahendid kasutamiseks valmis panna. Töölehed laudadele jagada.</p> <p>Tervitamine. Palli viskamine: õpetaja-õpilane, õpilane-õpetaja.</p> <p>Küsimus õpilastele: mis toimus palliga, mis muutus? Arutelu küsimuse teemal. Toimus liikumine, muutus palli suund ja asukoht, pall liikus erineva kiirusega. Füüsikas on üheks oluliseks nähtuseks liikumine ja liikumist kirjeldavad suurused.</p> <p>Slaid nooltega (<i>slaid 1</i>). Küsimus õpilastele: mis on pildil? Erinevad nooled? Füüsikute ja matemaatikute jaoks on need vektorid, Vektorid on olulised, sest nende abil saab kirjeldada objekte, mille puhul on olulised nii suund kui tugevus. Tunni eesmärk vaadata liikumist kui füüsikalist suurust ja seda, kuidas on vektorid meile abiks selle suuruse iseloomustamisel.</p>	<p>Õpilased püüavad ja viskavad palli.</p> <p>Õpilased mõtlevad ja arutavad kaasa.</p>	<p>Osalevad mõlemad õpetajad (3-5 korda)</p> <p>Osalevad mõlemad õpetajad</p>

<p>II Põhiosa</p> <p>* õpetamine</p>	<p>3 min</p>	<p>Õpetaja avab vektori mõiste (<i>slaidid 2 ja 3</i>).</p>	<p>Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).</p>	<p>Matemaatikaõpetaja</p>
	<p>5 min</p>	<p>Töölehel ülesanne 1 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül. 1.1.</i>) Õpetaja kuvab ülesande ka seinale. Koos õpilastega arutades kirjeldatakse ülesanne vektorite abil (<i>slaid 4</i>) <u>Uus mõiste</u> – NIHE.</p>	<p>Õpilased arutavad kaasa, teevad ettepanekuid ülesande kirjeldamiseks. Konspekteerivad tulemust.</p>	<p>Füüsikaõpetaja</p>
	<p>5 min</p>	<p>Alustatakse ülesande lahendamist iseseisvalt. Mõne minuti möödudes kontrollitakse koos saadud vastuseid.</p>	<p>Õpilased lahendavad iseseisvalt töölehel ülesande 1. Vastuste kontrollimisel osalevad arutelus.</p>	
	<p>10 min</p>	<p>Töölehel ülesanne 2 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül. 1.2.</i>) (<i>slaid 5</i>). Lõpus kontrollitakse saadud vastuseid.</p>	<p>Õpilased lahendavad iseseisvalt töölehel ülesande 2.</p>	<p>Õpetajad jälgivad õpilaste edenemist klassis, liiguvad klassis, vajadusel juhendavad individuaalselt.</p>
	<p>10 min</p>	<p>Vektorid koordinaatsüsteemis, nihe koordinaatasandil (<i>slaid 6</i>) Näidisülesanne töölehel, ülesanne 3. Õpetaja näitab ja selgitab kuidas graafikult leida vektori koordinaadid (<i>slaid 7</i>). Koos õpilastega arutades lahendatakse ülesanne.</p>	<p>Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad). Õpilased lahendavad ülesannet töölehel. Lahendades arutavad ja mõtleavad kaasa.</p>	<p>Matemaatikaõpetaja</p>
	<p>5 min</p>	<p>Vektori koordinaatide (projektsioonide) leidmine otspunktide koordinaatide kaudu (<i>slaid 8 ja 9</i>).</p>	<p>Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).</p>	<p>Matemaatikaõpetaja</p>

	8 min	Tööhelt ülesanne 4 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.4. ja 1.6.</i>) (slaid 10). NB! erinev mõistete kasutus matemaatikas ja füüsikas: matemaatikas vektori koordinaadid, füüsikas vektori projektsioonid. Lõpus annab õpetaja vastused kontrollimiseks.	Õpilased lahendavad iseseisvalt ülesannet töölehel. Kontrollivad vastuseid.	Õpetajad jälgivad õpilaste edenemist klassis, liiguvad klassis, vajadusel juhendavad individuaalselt.
	5 min	Vektori pikkuse arvutamine vektorikoordinaatide kaudu (otspunktide koordinaatide kaudu) (slaid 11). NB! erinev mõistete kasutus matemaatikas ja füüsikas: matemaatikas vektori pikkus, füüsikas vektori moodul.	Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).	Matemaatikaõpetaja Füüsikaõpetaja
	8 min	Tööhelt ülesanne 5 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.7.</i>) (slaid 12). Lõpus toimub vastuste kontroll.	Õpilased lahendavad ülesannet töölehel. Kontrollivad vastuseid.	
	20 min	Õpetaja juhatab sisse töölehel ülesanded 6, 7 ja 8 . (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.9., 1.11., 1.12.</i>) (slaidid 13, 14 ja 15).	Õpilased lahendavad iseseisvalt ülesandeid töölehel.	Füüsikaõpetaja Õpetajad jälgivad õpilaste edenemist klassis, liiguvad klassis, vajadusel juhendavad individuaalselt.
III Lõpetav osa * tunni kokkuvõte ja tunni tunni lõpetamine	4 min			

Lisa 2. Tunnikonspekt (vektorid ja liikumine)

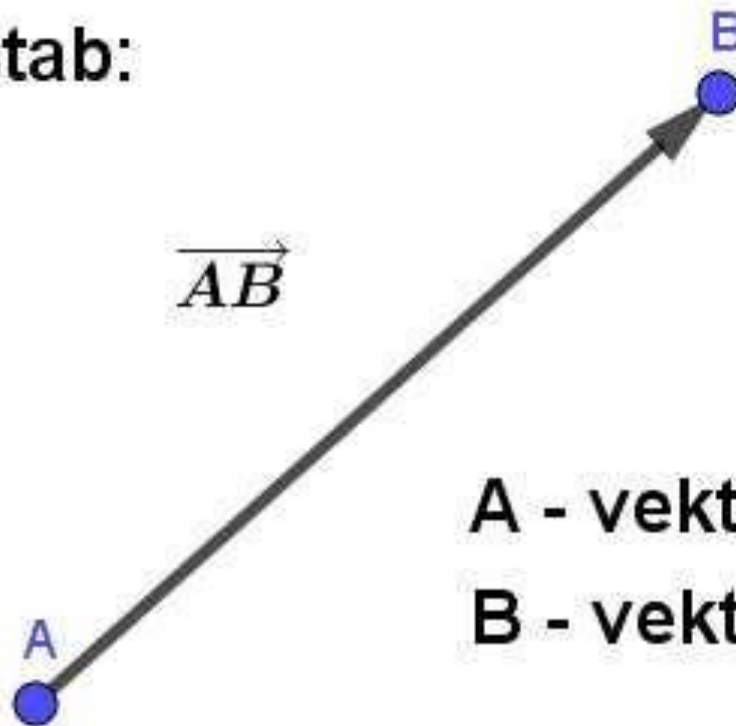
SLAID 1



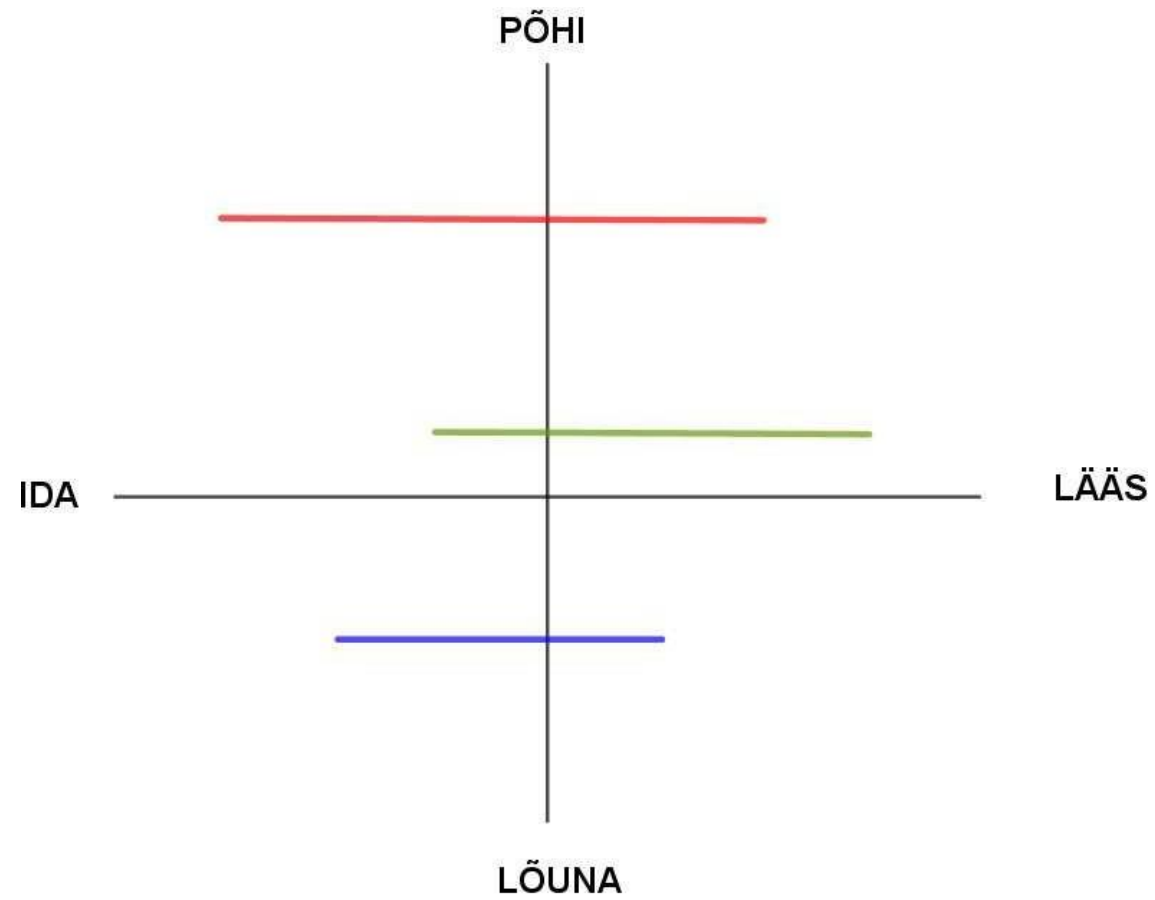
Vektoriks nimetatakse suunatud sirglõiku.

Vektorit iseloomustab:

- 1) siht**
- 2) suund**
- 3) pikkus**



A - vektori alguspunkt
B - vektori lõpp-punkt



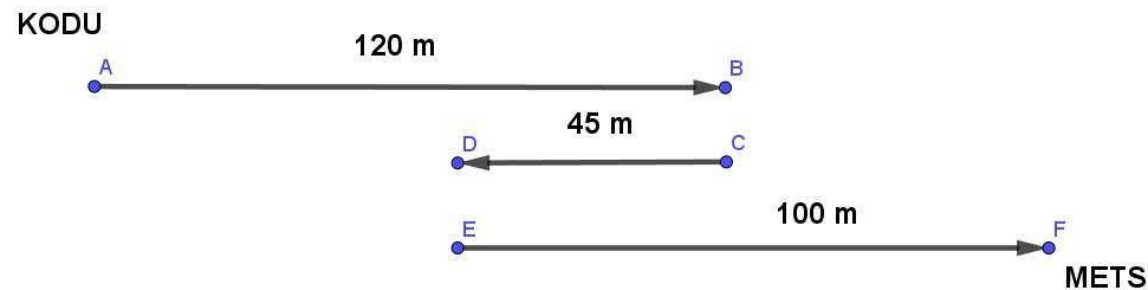
Lõikude sihiks on ida-lääs, lääsi-ida

SLAID 4

Ülesanne 1. Poiss läks kodust mööda sirget teed metsa suunas. Läbinud 120 m, märkas ta, et oli noa maha unustanud. Läinud 45 m tagasi, leidis ta noa siiski teisest taskust üles. Siis pöördus ta uuesti ümber ja, läbinud 100 m, jõudis metsa.

- Kui pika tee läbis poiss enne metsa jõudmist?
- Millise nihke sooritas poiss kodust kuni noa leidmiseni?
- Kui kaugel kodust asus mets?

Kirjeldame ülesannet vektorite abil:



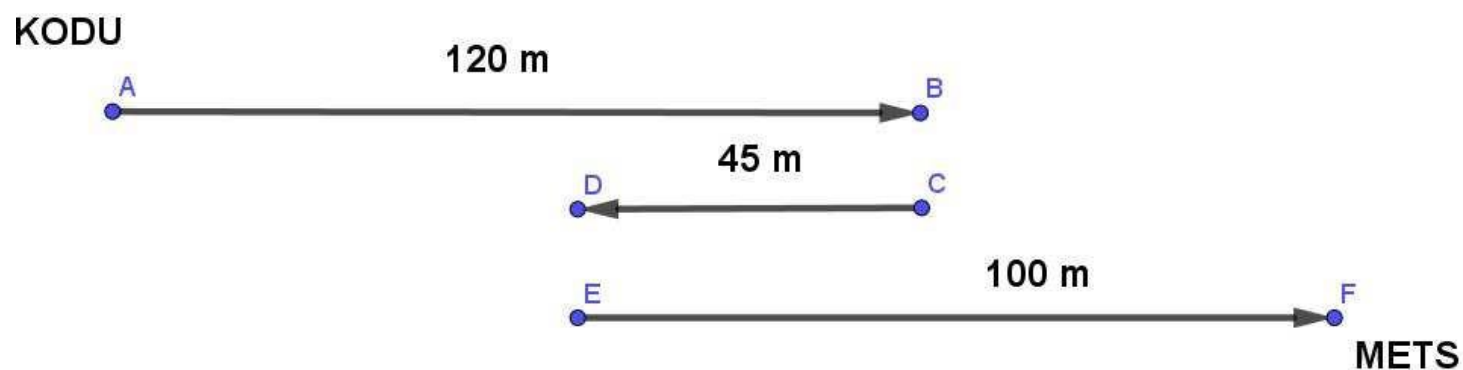
- Poiss läbis enne metsa jõudmist tee pikkusega $120 + 45 + 100 = 265$ m
- Kodust kuni noa leidmiseni sooritas poiss nihke $120 - 45 = 75$ m
- Metsa kaugus kodunt on $120 + (100 - 45) = 120 - 55 = 175$ m

**Alguspunkti ja lõpp-punkti vahelist kaugust nimetatakse nihkeks.
Alguspunkt on KODU ja lõpp-punkt on METS**

SLAID 5

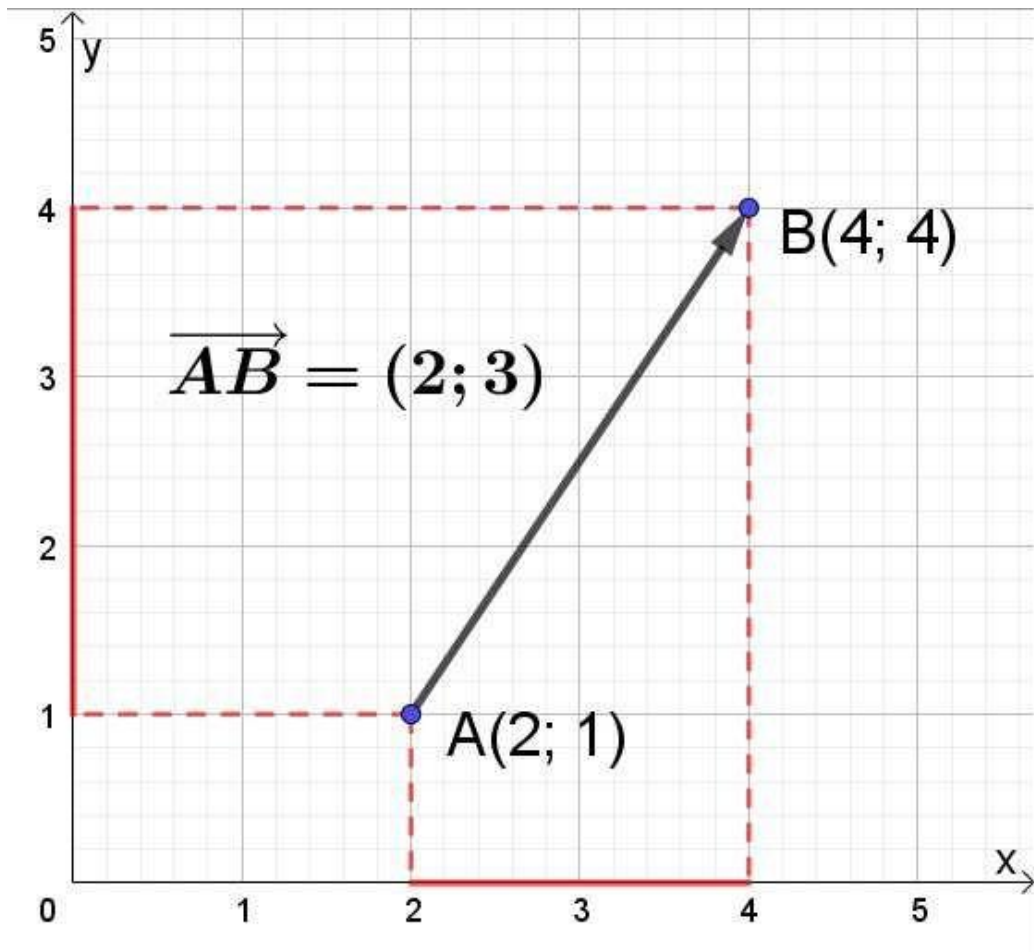
Ülesanne 2. Täida ülesande 1 põhjal järgnev tabel. Kui poisi kiirus (v) oli $1,5 \text{ m/s}$ ($v=s/t$).

Aeg (t), s	40	60	80	100	120	140	160
Teepikkus (s), m							
Nihe, m							



Aeg (t), s	40	60	80	100	120	140	160
Teepikkus (s), m	60	90	120	150	180	210	240
Nihe, m	60	90	120	90	90	120	150

Nihet punktist $A(2; 1)$ punkti $B(4; 4)$ kirjeldab vektor $\overrightarrow{AB} = (2; 3)$



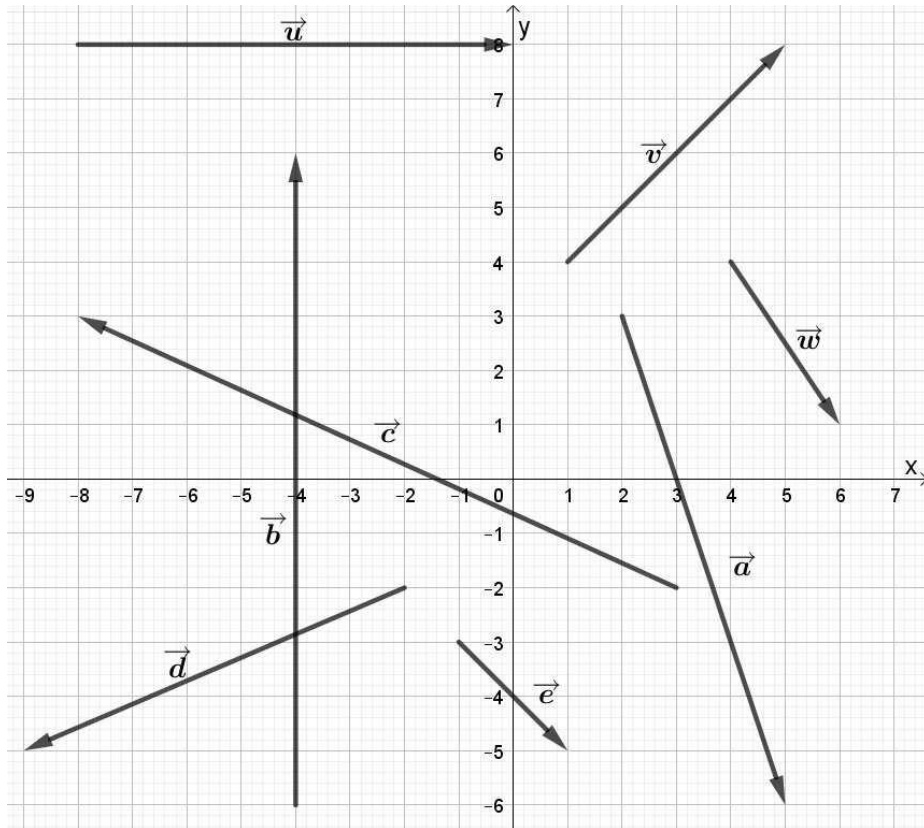
2 ühikut x-telje suunas

ja

3 ühikut y-telje suunas

SLAID 7

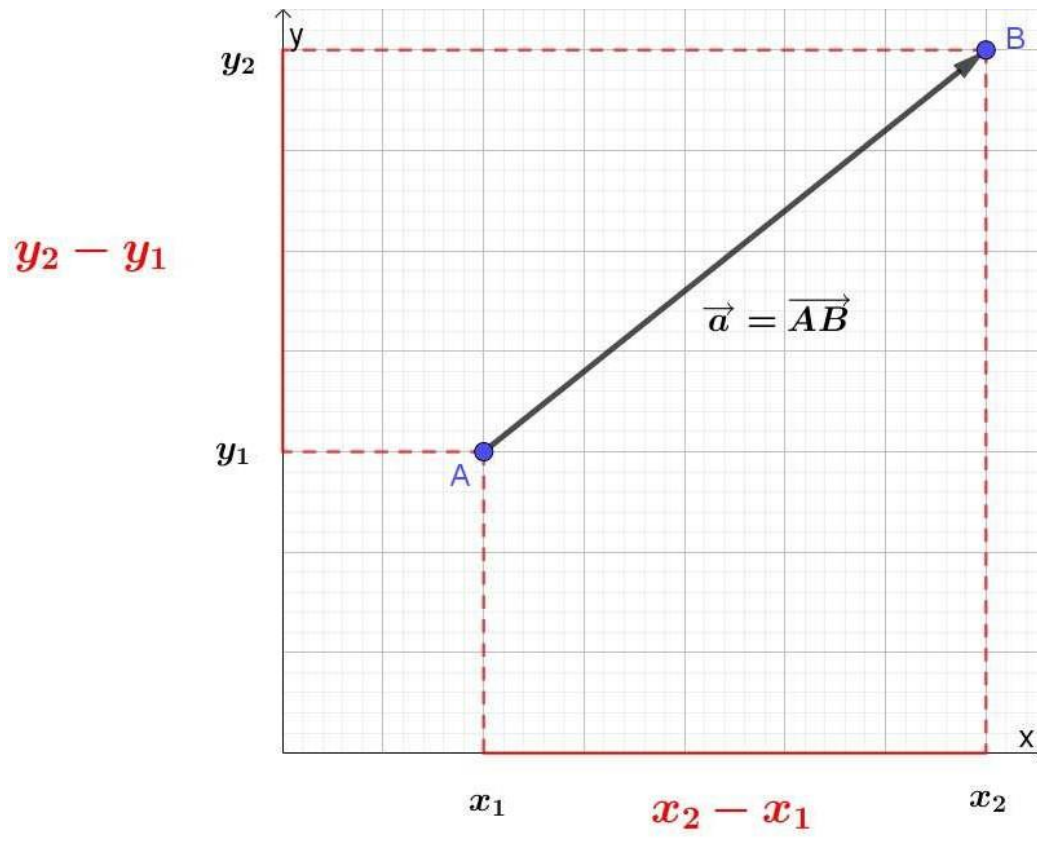
ülesanne 3. Leia joonise järgi vektori koordinaadid (nihkevektori projektsioonid x ja y teljel)



vektor	koordinaadid
\vec{u}	
\vec{v}	
\vec{w}	
\vec{c}	
\vec{b}	
\vec{d}	
\vec{a}	
\vec{e}	

vektor	koordinaadid
\vec{u}	(8; 0)
\vec{v}	(4; 4)
\vec{w}	(2; -3)
\vec{c}	(-11; 5)
\vec{b}	(0; 12)
\vec{d}	(-7; -3)
\vec{a}	(3; -9)
\vec{e}	(2; -2)

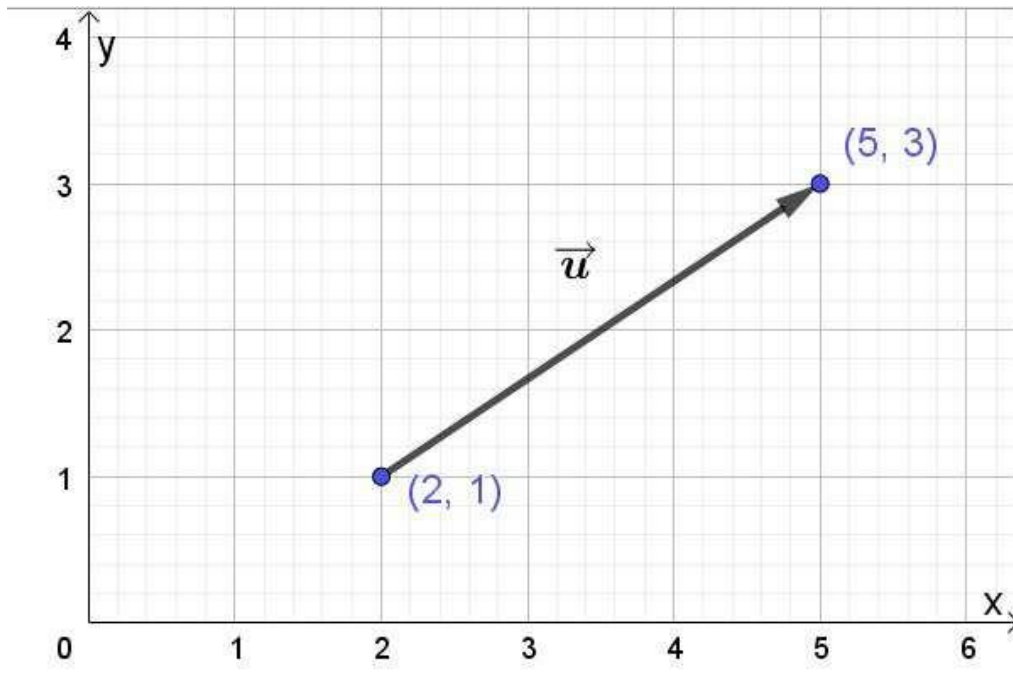
Vektori koordinaatide (projektsioonide) leidmine otspunktide koordinaatide kaudu



$$\vec{a} = \overrightarrow{AB} = (x_2 - x_1; y_2 - y_1)$$

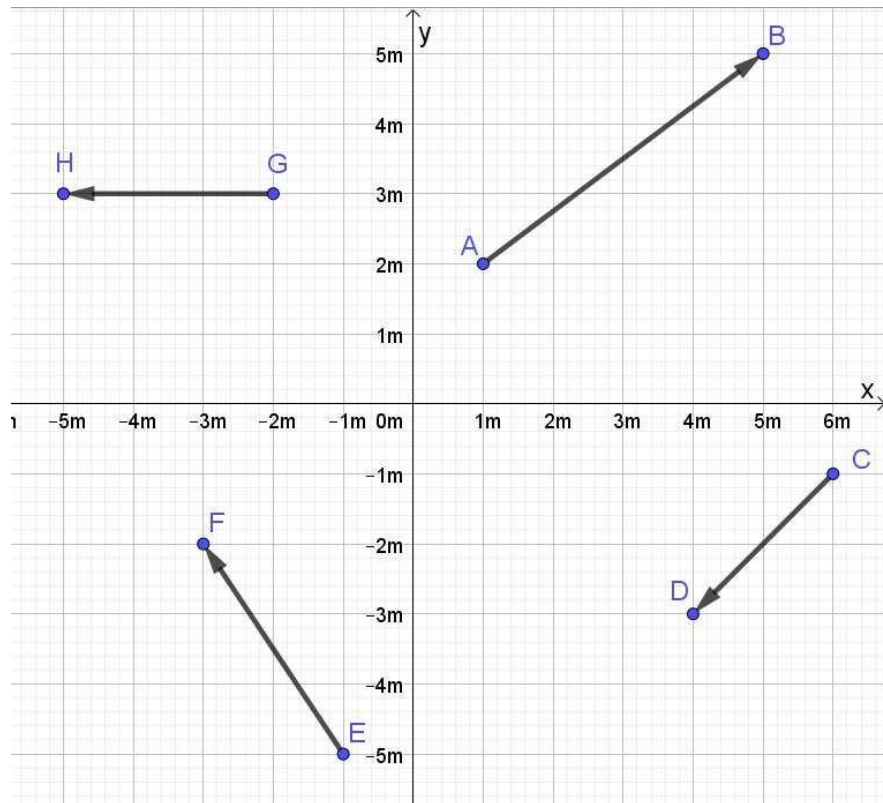
Vektori $\vec{a} = \overrightarrow{AB}$ koordinaadid on vektori lõpp – punkti $B(x_2; y_2)$ ja alguspunkti $A(x_1; y_1)$ vastavate koordinaatide vahe.

Leiame vektori \vec{u} koordinaadid antud alguspunkti ja lõpp – punkti kaudu.



$$\vec{u} = (5 - 2; 3 - 1) = (3; 2)$$

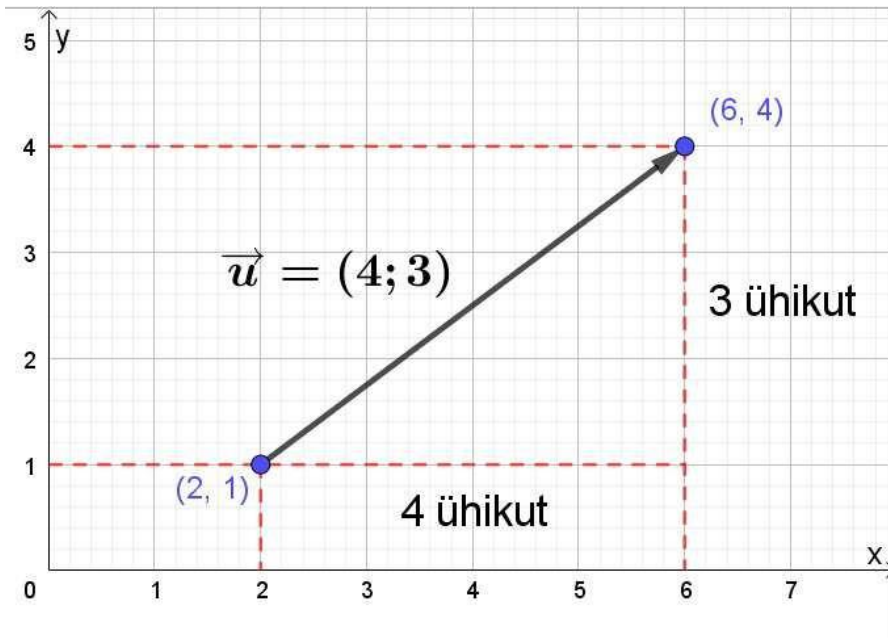
Ülesanne 4. Määra jooniselt nihkevektorite alg- ja lõpp-punktide koordinaadid ning nende projektsioonid x- ja y-teljel



Vektor	Algpunkt	Lõpp-punkt	Projektsioonid	
			x-teljel	y-teljel
\vec{AB}				
\vec{CD}				
\vec{EF}				
\vec{GH}				

Vektor	Algpunkt	Lõpp-punkt	Projektsioonid	
			x-teljel	y-teljel
\vec{AB}	(1; 2)	(5; 5)	4	3
\vec{CD}	(6; -1)	(4; -3)	-2	-2
\vec{EF}	(-1; -5)	(-3; -2)	-2	3
\vec{GH}	(-2; 3)	(-5; 3)	-3	0

Vektori \vec{u} pikkuse leiame tekinud täisnurksest kolmnurgast.



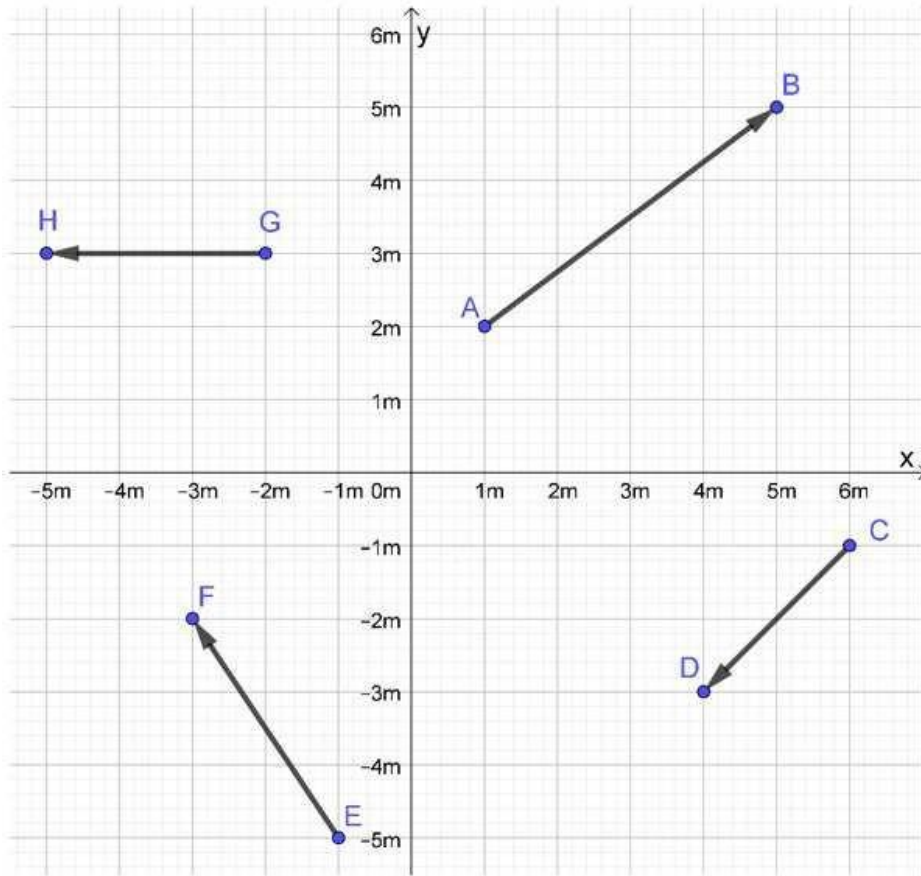
$$|\vec{u}| = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ ühikut}$$

Vektori pikkuse leidmine otspunktide koordinaatide kaudu

Punktid $A(x_1; y_1)$ ja $B(x_2; y_2)$

$$\text{Vektori pikkus } |\vec{a}| = |\overrightarrow{AB}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Ülesanne 5. Arvuta joonisel antud vektorite pikkused.



$$|\vec{AB}| =$$

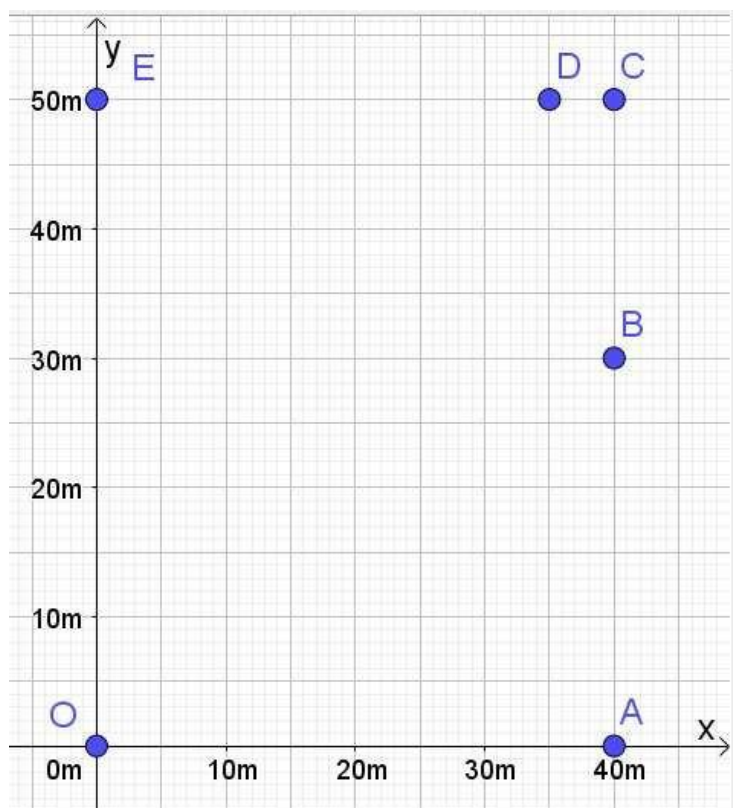
$$|\vec{CD}| =$$

$$|\vec{EF}| =$$

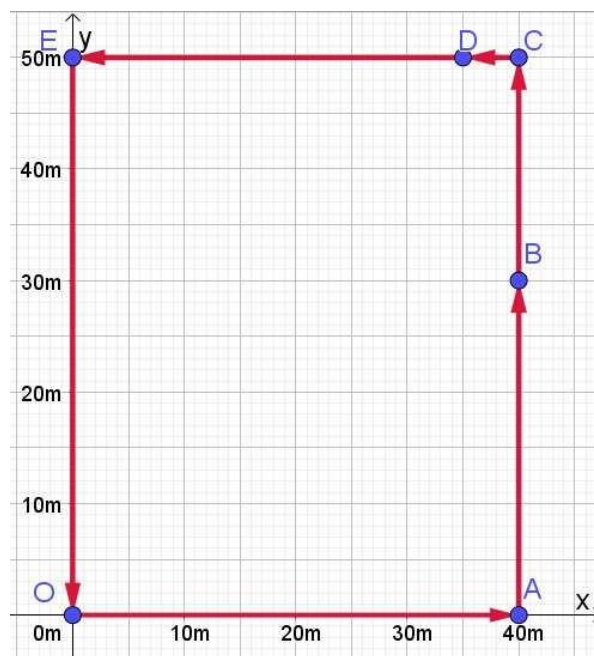
$$|\vec{GF}| =$$

Vastused: 5 m; 2,8 m; 3,6 m; 3 m.

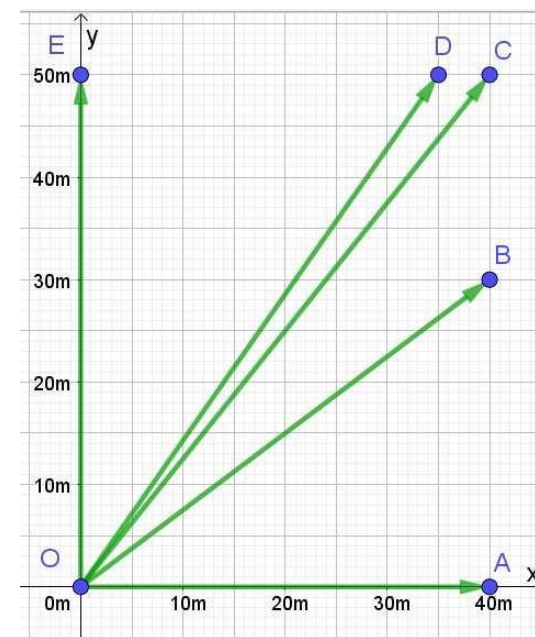
Ülesanne 6. Lapsed jooksid ümber nelinurkse elamukvartali (joonisel). Alustades jooksu punktist O, läbisid nad järgemööda punktid A, B, C, D ja E ning jõudsid lähtekohta tagasi. Määra nende punktide koordinaadid. Leia laste poolt läbitud teepikkused ja nihke arvvaartused, kui nad jõudsid nimetatud punktidesse (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.9.*).



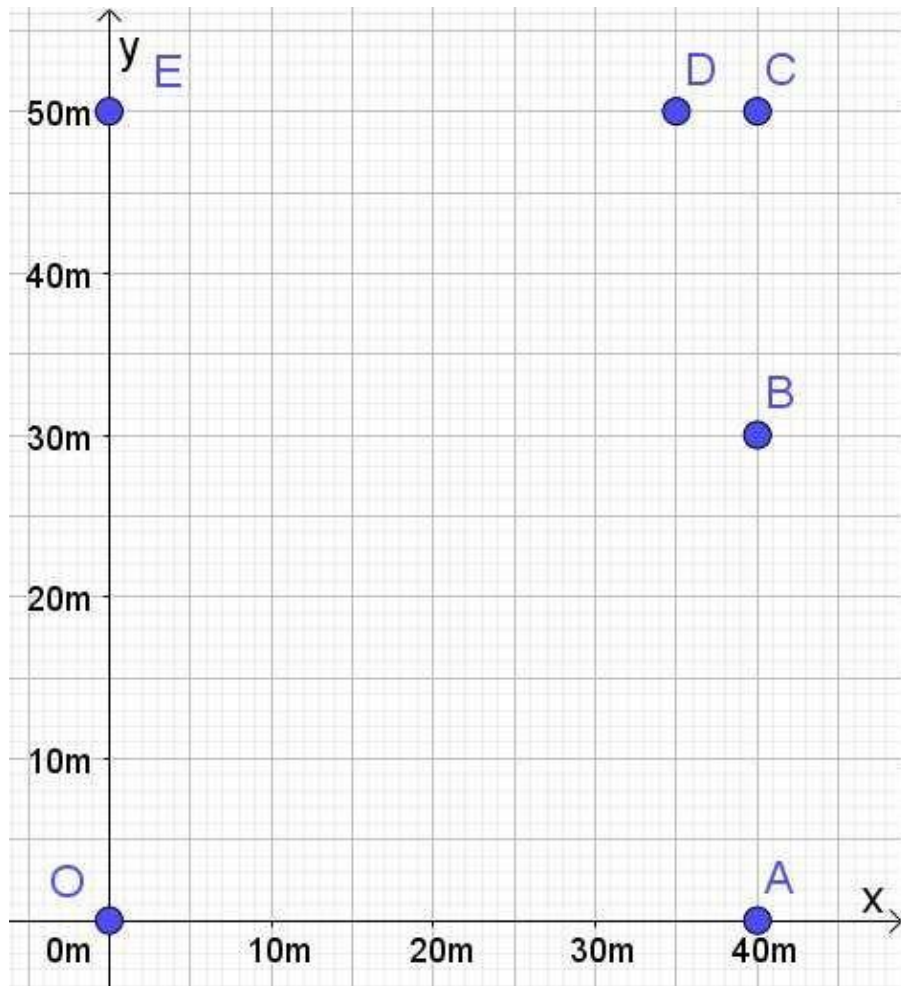
Teepikkus



Nihked



Ülesanne 7. Üks lastest (ülesanne 6) jooksis ümber elamukvartali kiirusega 5m/s. Arvuta tema poolt 16 s jooksul läbitud teepikkus. Leia lapse koordinaadid ajahetkel $t = 16$ s. Arvuta vastava nihkevektori pikkus (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.11.*).



Ülesanne 8. Jooksjate hulgas (ülesanne 6) olid ka Jüri, Liis ja Paula. Täida järgnev tabel, kui lapsed jooksid 25 s ja nende kiirused on tabelis antud. Kasuta SI ühikuid. (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.12.*)

		Jüri	Liis	Paula
Kiirus (m/s)		5	3,6	2,8
Teepikkus (m)				
Nihkevektori projektsioonid	x			
	y			
Nihkevektori pikkus				

Lisa 3. Tööleht (vektorid ja liikumine)

Tööleht: vektorid ja liikumine (7.10.2022, 10.klass)

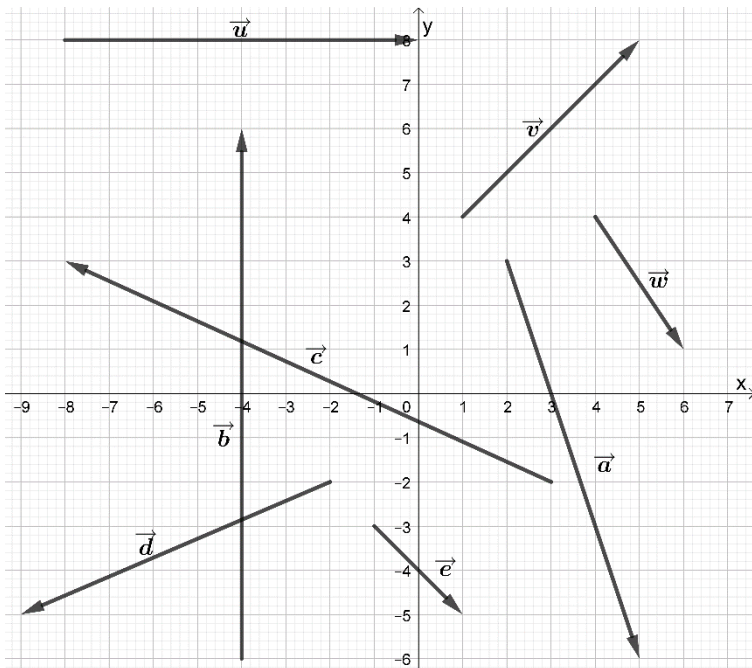
Ülesanne 1. Poiss läks kodust mööda sirget teed metsa suunas. Läbinud 120 m, märkas ta, et oli noa maha unustanud. Läinud 45 m tagasi, leidis ta noa siiski teisest taskust üles. Siis pöördus ta uuesti ümber ja, läbinud 100 m, jõudis metsa (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.1.*).

- Kui pika tee läbis poiss enne metsa jõudmist?
- Millise nihke sooritas poiss kodust kuni noa leidmiseni?
- Kui kaugel kodust asus mets?

Ülesanne 2. Täida ülesande 1 põhjal järgnev tabel. Kui poisi kiirus (v) oli 1,5 m/s ($v=s/t$) (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.2.*) .

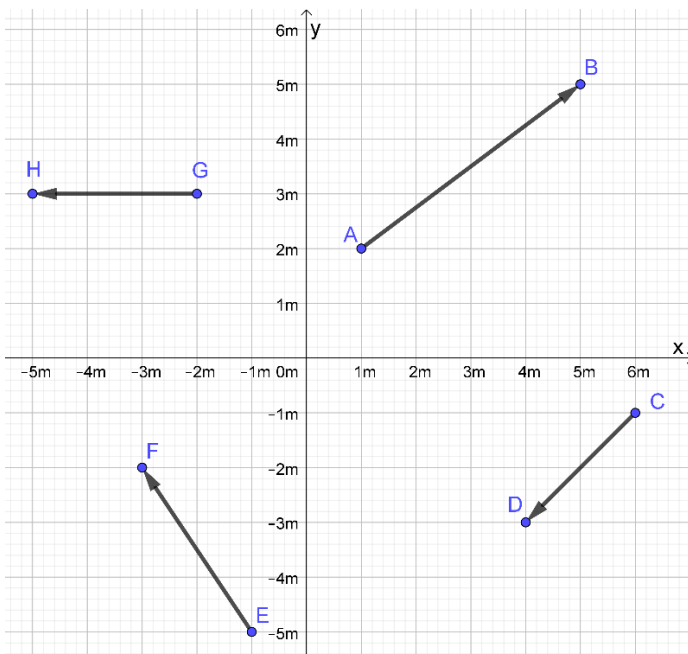
Aeg (t), s	40	60	80	100	120	140	160
Teepikkus (s), m							
Nihe, m							

Ülesanne 3. Leia joonise järgi vektori koordinaadid (nihkevektori projektsioonid x ja y teljel).



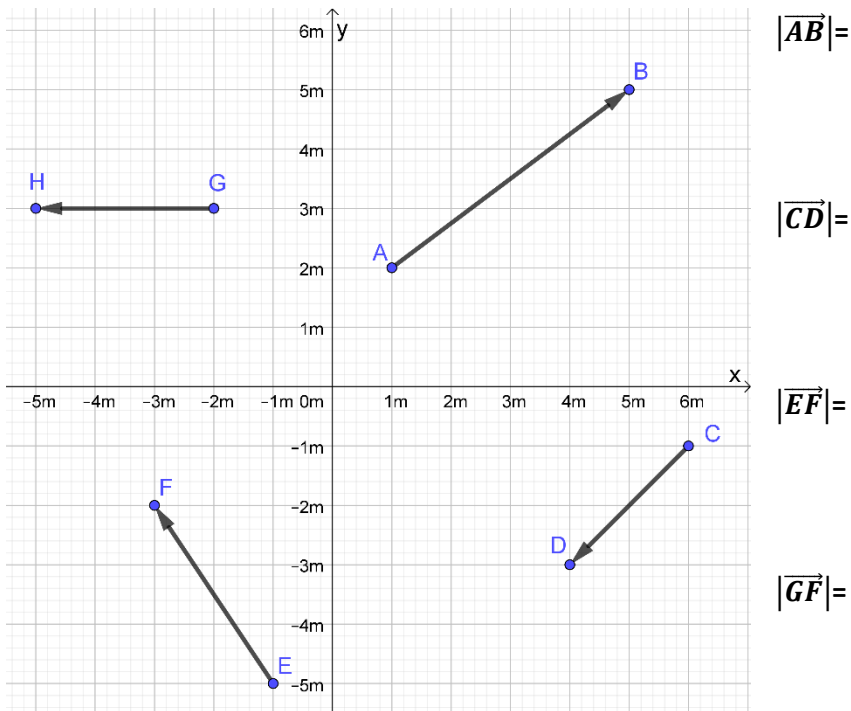
vektor	koordinaadid
\vec{u}	
\vec{v}	
\vec{w}	
\vec{c}	
\vec{b}	
\vec{d}	
\vec{a}	
\vec{e}	

Ülesanne 4. Määra jooniselt nihkevektorite alg- ja lõpp-punktide koordinaadid ning nende projektsioonid x- ja y-teljel (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.4. ja 1.6.*).



Vektor	Algpunkt	Lõpp-punkt	Projektsioonid	
			x-teljel	y-teljel
\vec{AB}				
\vec{CD}				
\vec{EF}				
\vec{GH}				

Ülesanne 5. Arvuta joonisel antud vektorite pikkused (Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.7.).



$$|\vec{AB}| =$$

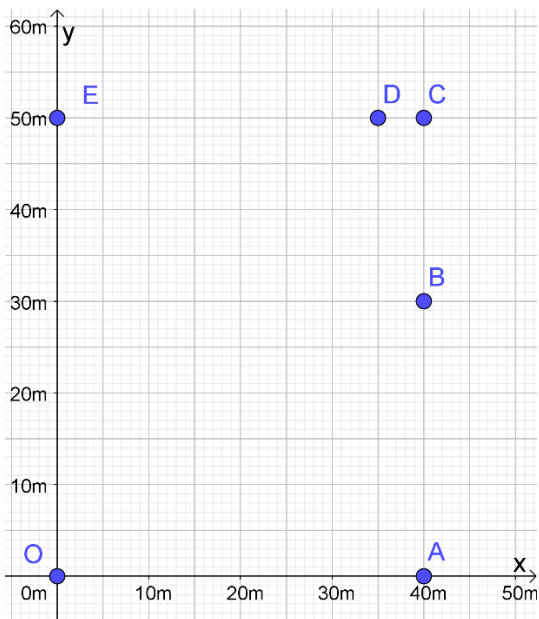
$$|\vec{CD}| =$$

$$|\vec{EF}| =$$

$$|\vec{GH}| =$$

Vastused: 5 m; 2,8 m; 3,6 m; 3 m.

Ülesanne 6. Lapsed jooksid ümber nelinurkse elamukvartali (joonisel). Alustades jooksu punktist O, läbisid nad järgemööda punktid A, B, C, D ja E ning jõudsid lähtekohta tagasi. Määra nende punktide koordinaadid. Leia laste poolt läbitud teepikkused ja nihke arvvaartused, kui nad jõudsid nimetatud punktidesse (Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.9.).



Ülesanne 7. Üks lastest (ülesanne 6) jooksis ümber elamukvartali kiirusega 5m/s. Arvuta tema poolt 16 s jooksul läbitud teepikkus. Leia lapse koordinaadid ajahetkel $t = 16$ s. Arvuta vastava nihkevektori pikkus (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.11.*).

Ülesanne 8. Jooksjate hulgas (ülesanne 6) olid ka Jüri, Liis ja Paula. Täida järgnev tabel, kui lapsed jooksid 25 s ja nende kiirused on tabelis antud. Kasuta SI ühikuid. (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 1.12.*)

		Jüri	Liis	Paula
Kiirus (m/s)		5	3,6	2,8
Teepikkus (m)				
Nihkevektori projektsioonid	x			
	y			
Nihkevektori pikkus				

Lisa 4: Tunnikava (resultantjõud ja vektorid)

TUNNIKAVA (resultantjõud ja vektorid)

Õppeaine: Matemaatika (*vektorid*) ja füüsika (*mehaanika – resultantjõud*)

Õppijate iseloomustus: 10. klass

Tunnikava koostaja nimed: Epp Joab, Kati Lillemets

Tunni teema: *Füüsika:* Jõudude vastastikmõju, resultantjõud. Kehale mõjuvate jõudude (jõuvektorite) liitmine. *Matemaatika:* Kollinearsete (samasihiliste) vektorite liitmine ja lahutamine, samasse alguspunkti rakendatud erisihiliste vektorite liitmine, rööpküliku reegel.

Tunni eesmärgid:

Üldine eesmärk: Matemaatika ja füüsika kui õppeainete parem lõimumine. Õpilased näevad paremini seoseid matemaatika ja füüsika vahel (matemaatika rakendatavus). Oskavad matemaatika teadmisi rakendada füüsikas.

Konkreetsed eesmärgid: Õpilane teab resultantjõu mõistet ja oskab jõuvektorite abil selle välja arvutada. Oskab liita ja lahutada samasihilisi jõuvektoreid. Oskab liita erisihilisi saamasse alguspunkti rakendatud vektoreid geomeetriselt (rööpküliku reegel). Rööpküliku reeglite kasutades oskab leida resultantjõu suuruse.

Õppijate eelteadmised ja oskused: Õpilased oskavad graafikult lugeda vektori projektioonide suurust (*matemaatikas: koordinaadid*) ja leida jõuvektori moodulit (*matemaatikas: vektori pikkus*).

Tunniks vajalikud materjalid, vahendid, tarkvara ja veebiaadressid: Õpetajal arvuti, klassis projektor, nutitahvel või graafikalaud. Õpetaja poolt ette valmistatud teemakohased materjalid (slaidid) ja töölehed õpilastele.

Tunni osad, struktuuri elemendid	Tegevuste kestus (minutites)	Õpetaja poolt kavandatud ja organiseeritud õppetegevuste kirjeldus	Õppijate tegevus	Märkused/soovitused
<p>I Ettevalmistus põhiosaks</p> <p>* tunni organiseerimine (vahetult enne tunni algust tehtavad ettevalmistused)</p> <p>* õppijate tähelepanu haaramine</p> <p>* eesmärgi teatamine</p>	<p>1 min</p> <p>2 min</p>	<p>Välja trükkida töölehed. Valmistada ette klass, tehnilised vahendid kasutamiseks valmis panna. Töölehed laudadele jagada.</p> <p>Tervitamine.</p> <p>Tunni eesmärk on tutvustada resultantjõu mõisted ja kuidas leida selle suurust jõuvektorite abil kasutades matemaatikast vektorite geomeetrilist liitmist.</p>		<p>Osalevad mõlemad õpetajad</p>
<p>II Põhiosa</p> <p>* õpetamine</p>	<p>4 min</p> <p>3 min</p>	<p>Õpetaja avab kehade vastastikmõju ja kehale mõjuvate jõudude (jõuvektorite) resultantjõu mõiste. (slaid 1)</p> <p>Õpetaja selgitab samasihiliste (kollinearsete) vektorite liitmist ja lahutamist. (slaidid 2 ja 3)</p>	<p>Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).</p> <p>Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).</p>	<p>Füüsikaõpetaja</p> <p>Matemaatikaõpetaja</p>

	7 min	Tööleheltele ülesanne 1 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.12.</i>). Õpetaja selgitab ülesannet ja lahendamise põhimõtet. (<i>slaid 4</i>)	Õpilased lahendavad iseseisvalt tööleheltele ülesande 1. Vastuste kontrollimisel osalevad arutelus.	Füüsikaõpetaja Õpetajad jälgivad õpilaste edenemist klassis, liiguvad klassis, vajadusel juhendavad individuaalselt.
	5 min	Õpetaja selgitab erisihiliste ja samasse alguspunkti rakendatud vektorite liitmist. Rööpküliku reegel. (<i>slaidid 5-8</i>)	Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).	Matemaatikaõpetaja
	7 min	Tööleheltele ülesanne 2 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.13.</i>). Õpetaja näitab ja selgitab kuidas ülesannet lahendada. (<i>slaid 9</i>)	Õpilased lahendavad iseseisvalt tööleheltele ülesande 2. Vastuste kontrollimisel osalevad arutelus.	Füüsikaõpetaja Õpetajad jälgivad õpilaste edenemist klassis, liiguvad klassis, vajadusel juhendavad individuaalselt.
	3 min	Jõu (jõuvektori) suuna muutumine ja selle mõju resultantjõule. Sissejuhatus ülesandesse 3. Õpetaja näitab ja selgitab seda kasutades interaktiivset joonist: https://www.geogebra.org/m/uf24wp8y (<i>slaid 10</i>)	Õpilased jälgivad õpetaja selgitusi.	Füüsikaõpetaja
	8 min			Füüsikaõpetaja

	2 min	<p>Töölehel ülesanne 3 (<i>Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.14.</i>). Lõpus toimub vastuste kontroll. (<i>slaid 11</i>)</p> <p>Vektorite erinevused matemaatikas. Matemaatikas <u>yabavektorid</u> - antud pikkuse ja suunaga vektori alguspunkt võib olla rakendatud mistahes alguspunkti (tingimusel, et pikkus ja suund ei muutu). Füüsikas <u>libisevad vektorid</u> – vektori alguspunkt (rakenduspunkt) võib liikuda ainult piki vektorisihilist sirget (sellest tulemus ei muutu).</p>	<p>Õpilased lahendavad iseseisvalt ülesannet töölehel. Kontrollivad vastuseid.</p> <p>Õpilased teevad märkmeid (konspekteerivad).</p>	<p>Matemaatikaõpetaja Füüsikaõpetaja</p>
<p>III Lõpetav osa</p> <p>* tunni kokkuvõtte ja tunni lõpetamine</p>	3 min			

RESULTANTJÕUD

Vastastikmõju tagajärjel toimub ühes kehas muutus teise keha mõjul.

Vastastikmõjude võrdlemiseks kasutatakse **füüsikalist suurust jõudu**, tegemist on **vektoriaalse suurusega**.

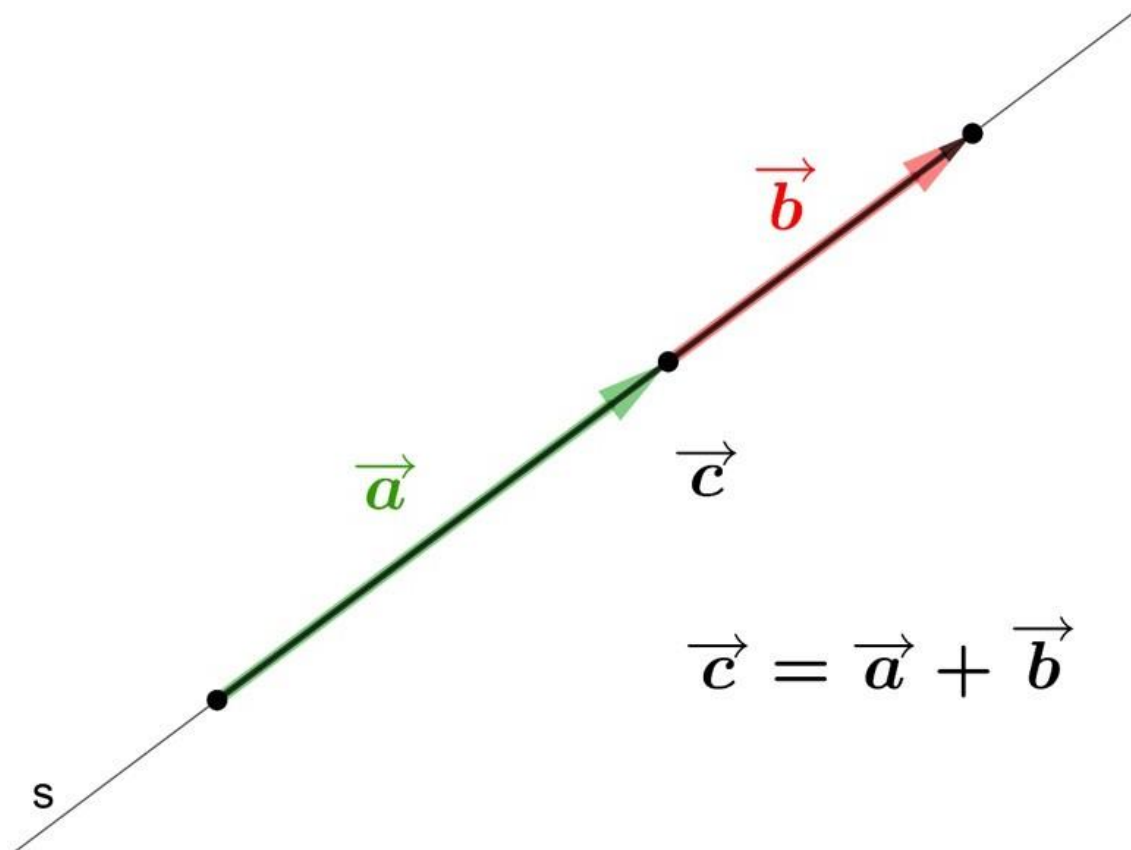
Kehaga toimuva muutuse suurus ja suund sõltub kehale mõjuvate jõudude summast, ehk **resultantjõust**.

Resultantjõu leidmiseks tuleb liita kõik kehale mõjuvad jõud, ehk jõuvektorid.

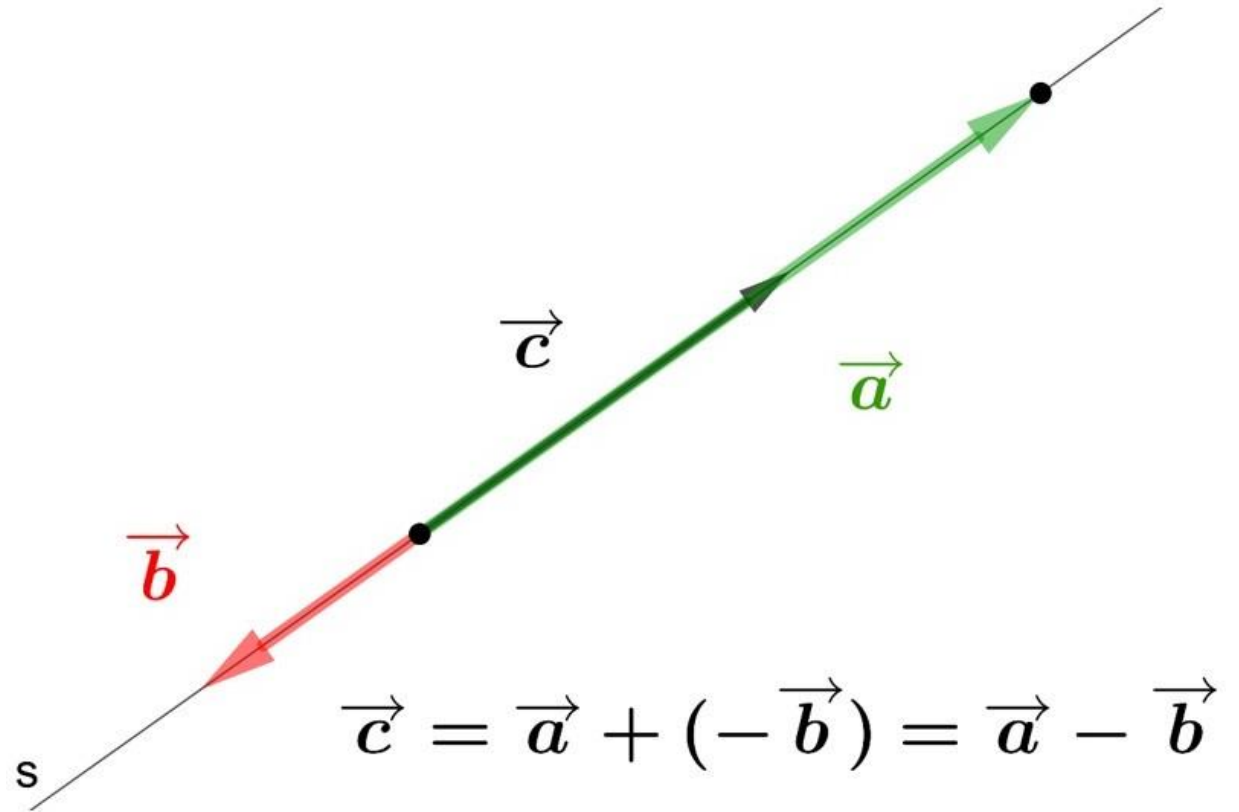
VEKTORITE LIITMINE JA LAHUTAMINE

1. Vektorid on kollineaarsed ehk samasihilised, asuvad samal sirgel või on paralleelsed

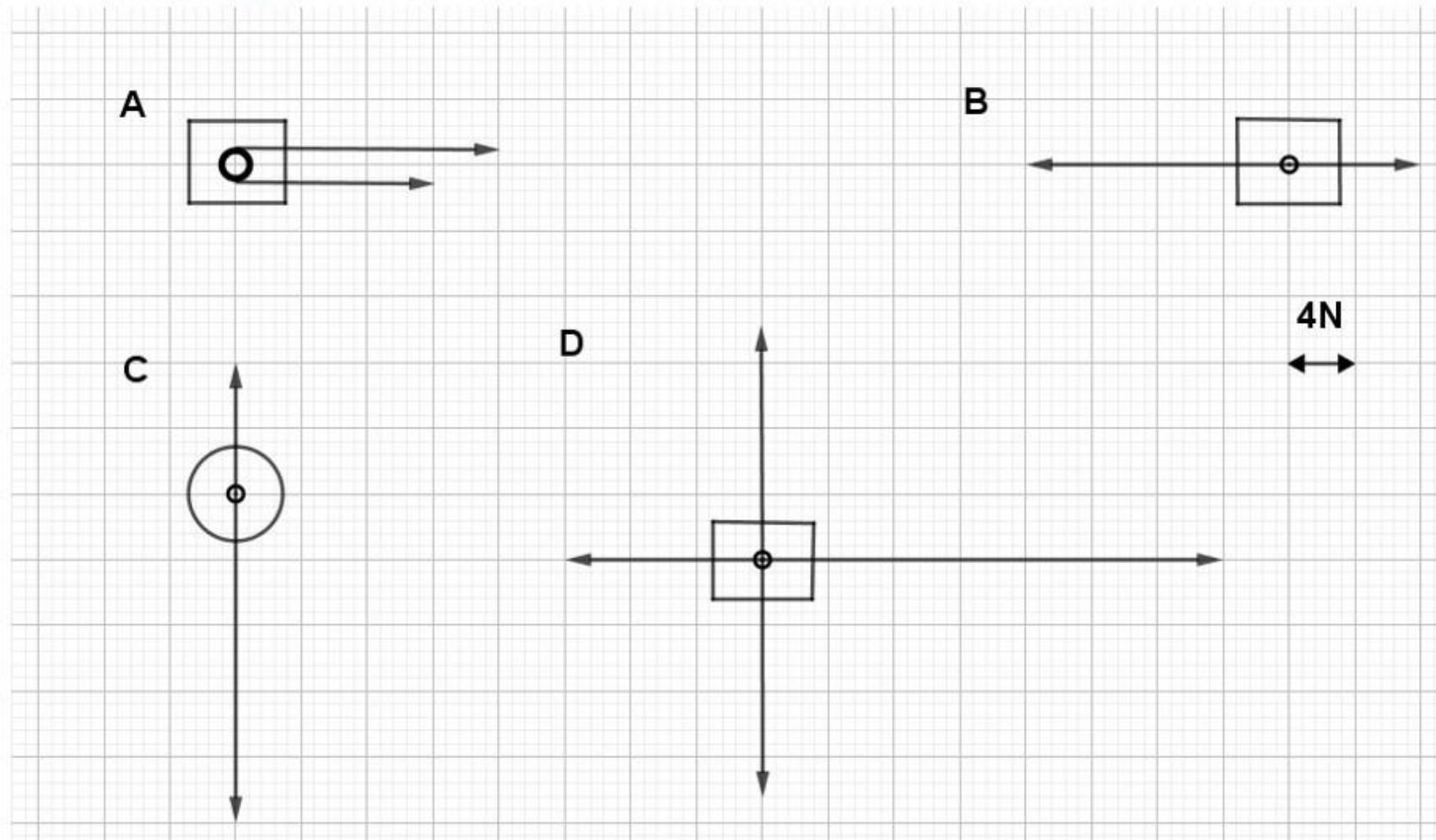
a) samasuunalised



b) vastassuunalised

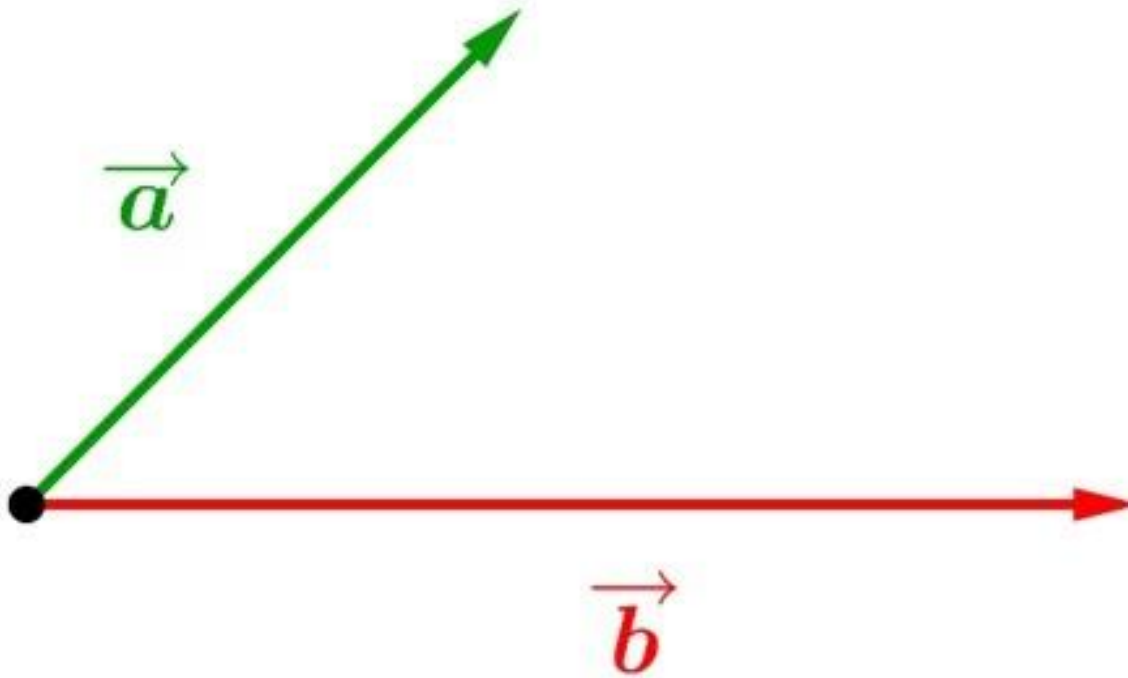


Ülesanne 1. Joonisel on kujutatud kehale mõjuvad jõud mõõtkavas, kus ühele jaotisele vastab 4N. Leia kehadele A, B, C, D mõjuva resultantjõu suund ning moodul (pikkus) (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.12*).

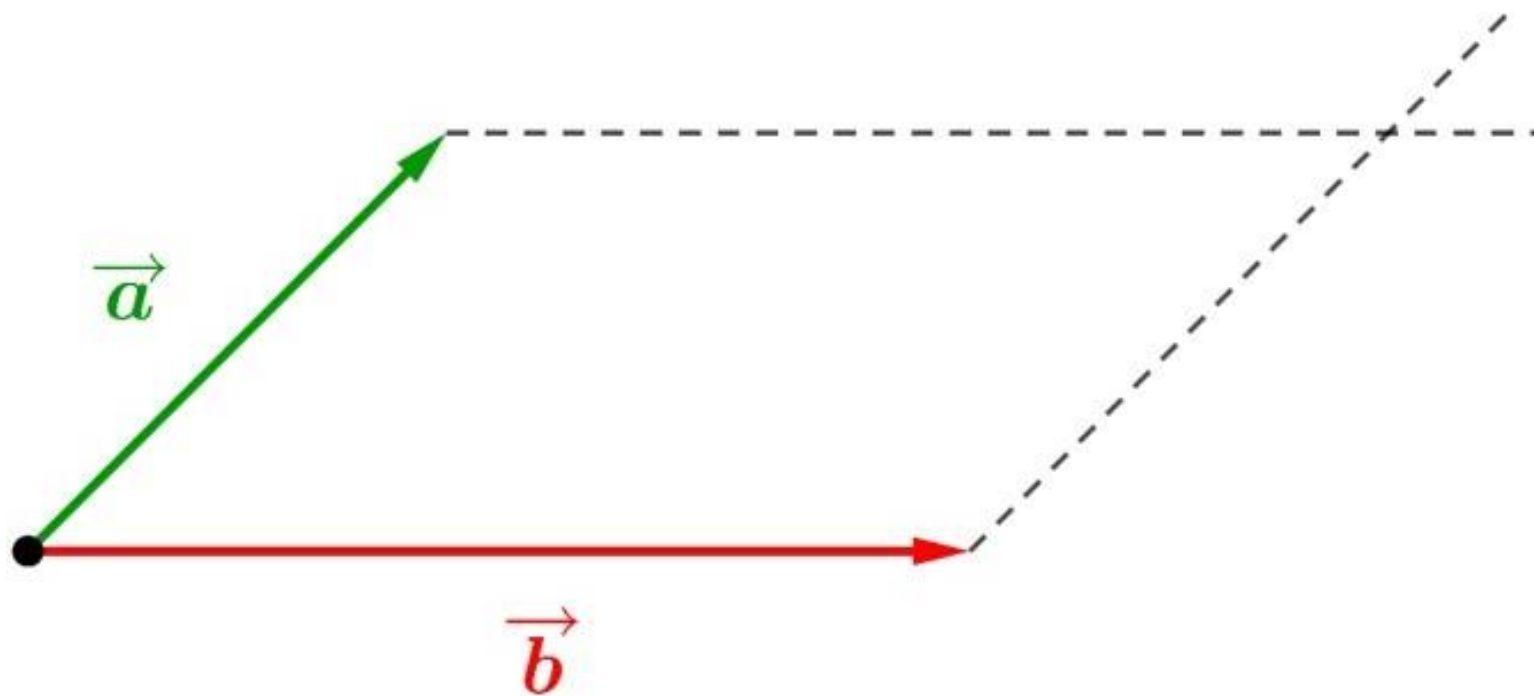


SLAID 5

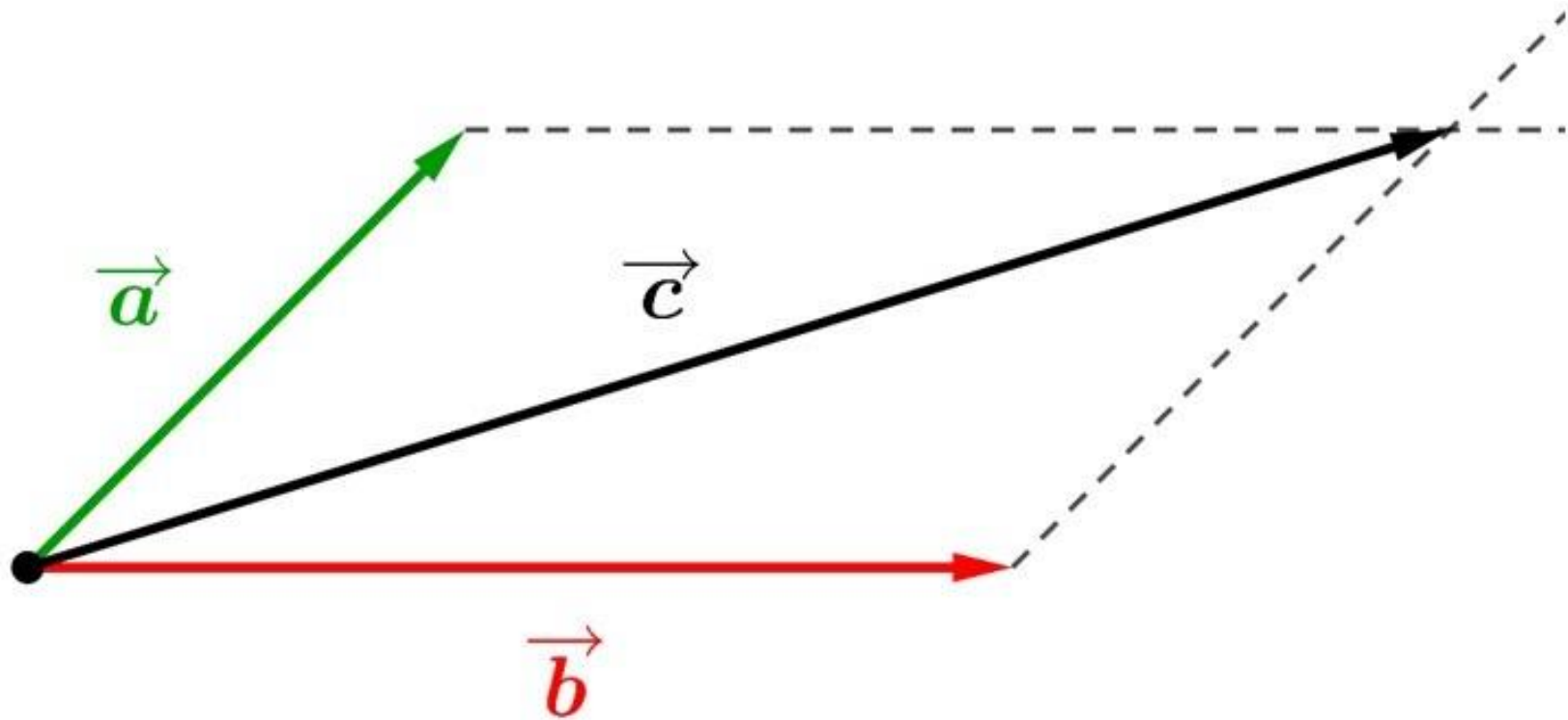
2. Vektorid ei ole kollineaarsed, vektorite algused on rakendatud samasse punkti.



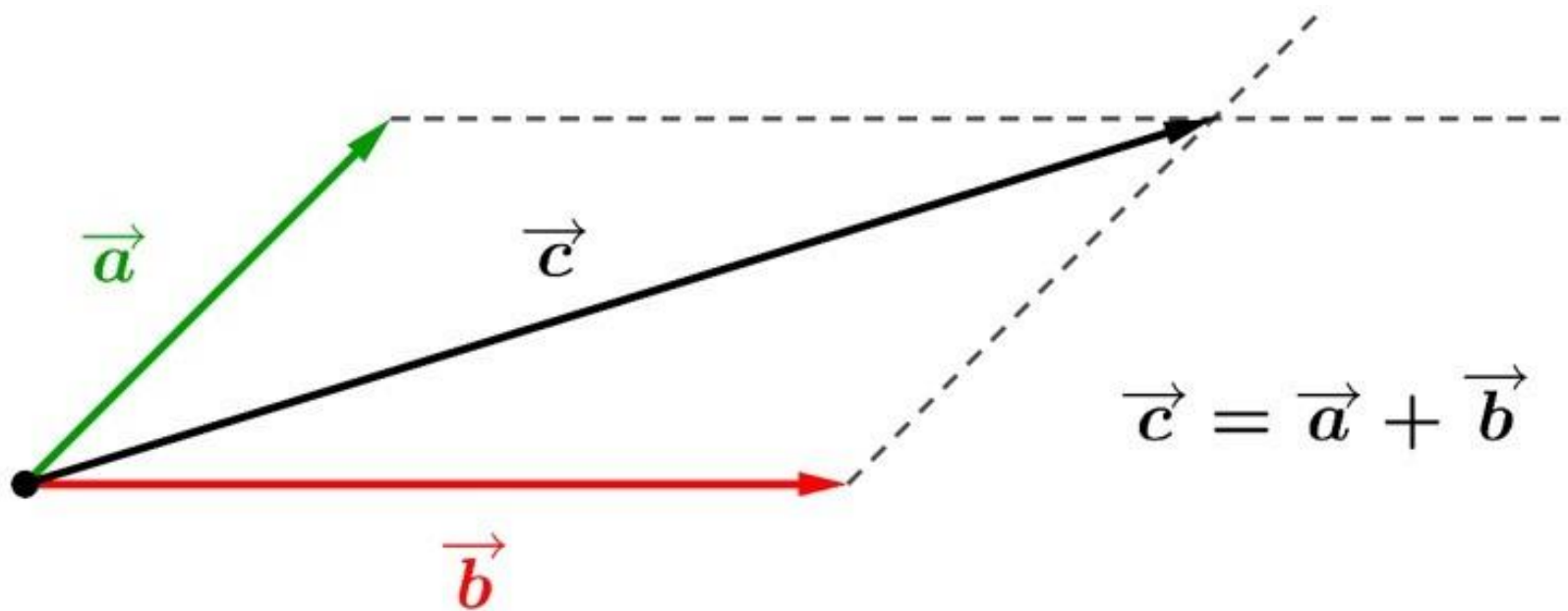
Tõmbame vektorite lõpp-punktidest teise vektoriga paralleelsed kiired nii, et nad lõikuvad ja tekib rööpkülik



Tõmbame vektorite alguspunktist rööpküliku vastasnurka vektori \vec{c} .

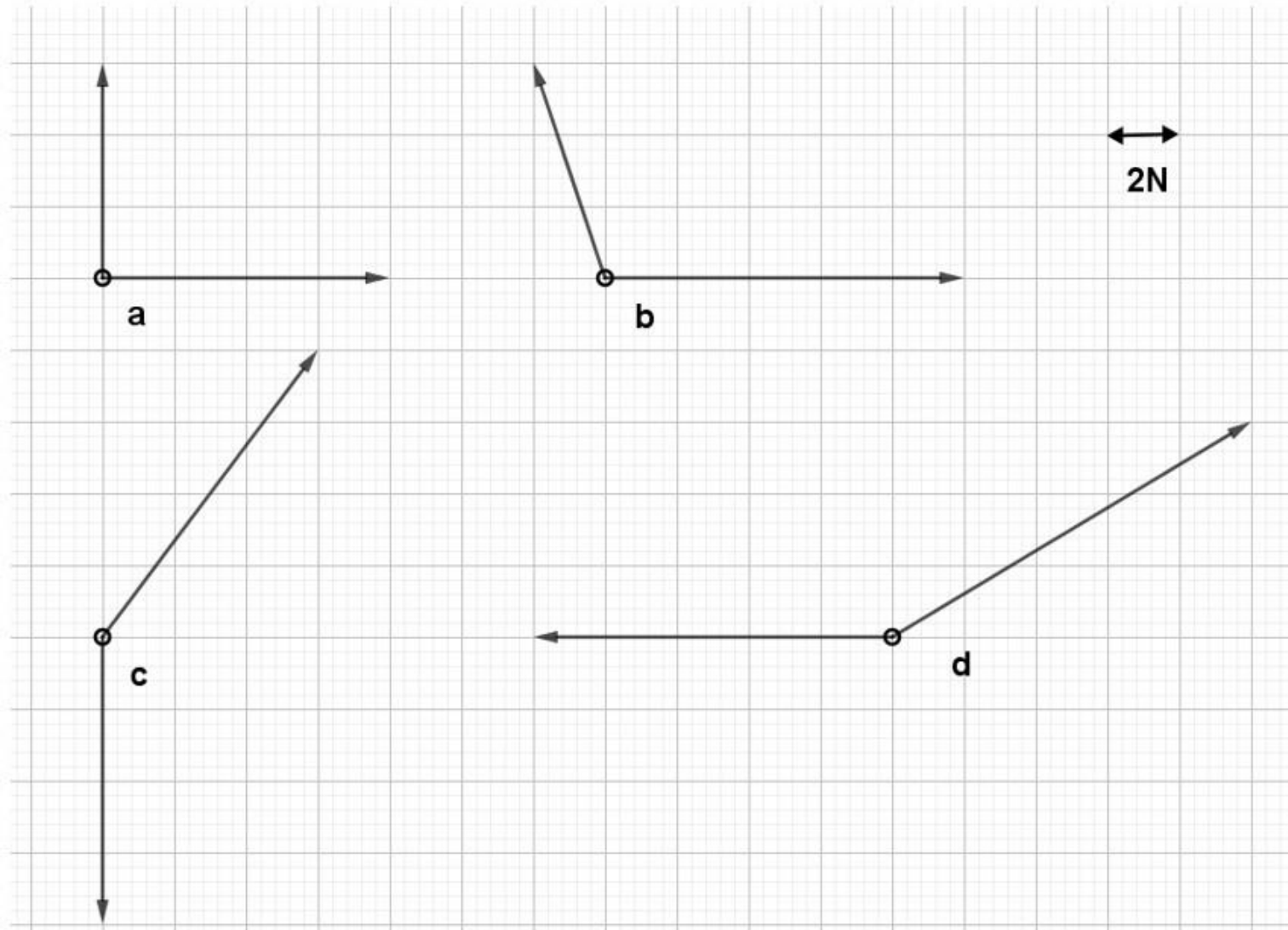


Saadud vektor \vec{c} on vektorite \vec{a} ja \vec{b} summavektor



See on vektorite liitmise **rööpküliku reegel**

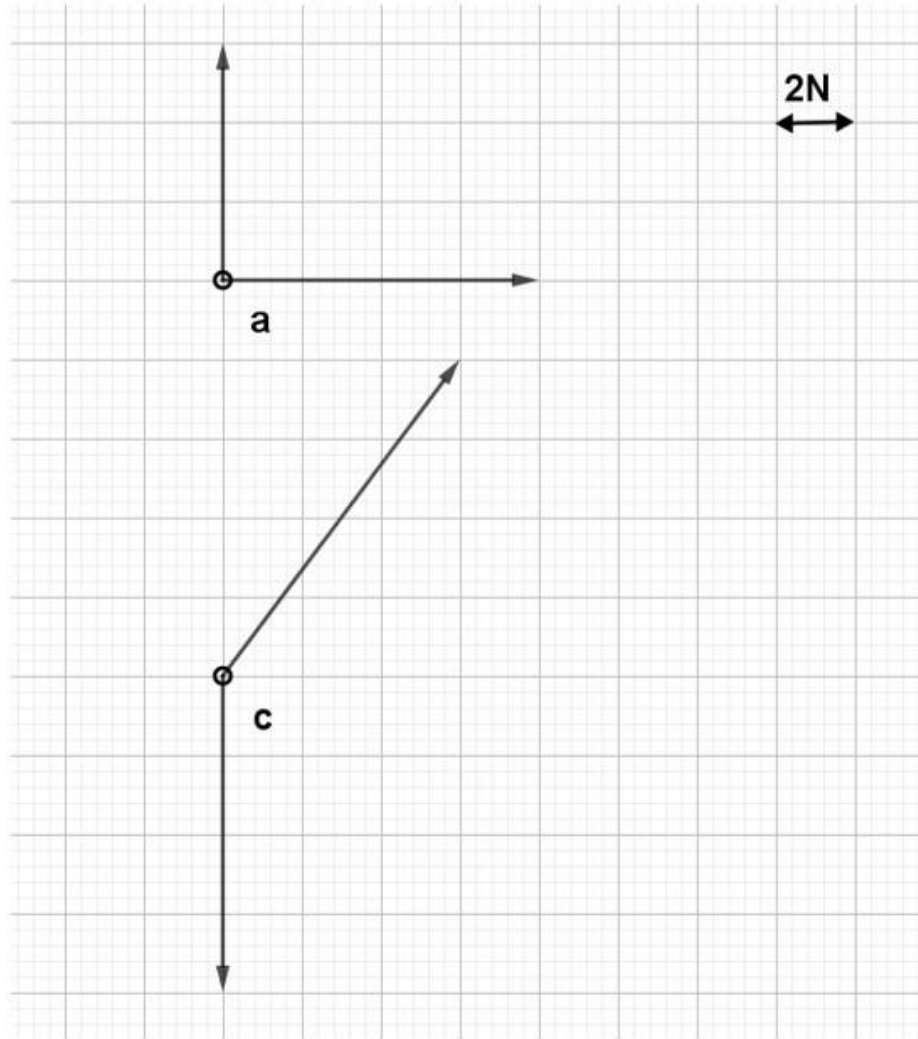
Ülesanne 2. Leia joonisel konstrueerimise teel kehade a , b , c ja d mõjuvate jõudude resultant. Leia resultandi arvvaarused, kui mõõtkava on joonisel antud. (Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.13).



Jõu suuna muutumine ja selle mõju resultantjõule.

GeoGebra – <https://www.geogebra.org/m/uf24wp8y>

Ülesanne 3. Millistes piirides võib muutuda joonisel kujutatud kehade a ja c mõjuvate jõudude resultant, kui jõudude suundi on võimalik muuta (ühele jaotisele vastab 2N). Illustreeri vastuseid vastavate joonistega. (Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.14).



Erinevused matemaatikas ja füüsikas

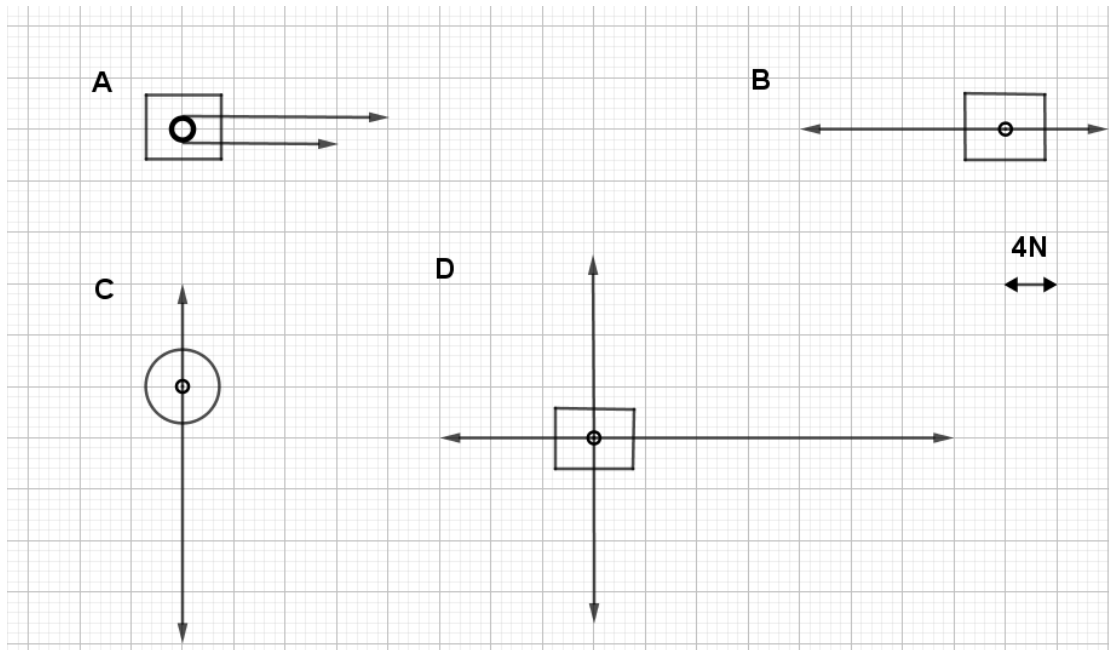
Matemaatikas vabavektorid - antud pikkuse ja suunaga vektori alguspunkt võib olla rakendatud mistahes alguspunkti (tingimusel, et pikkus ja suund ei muutu).

Füüsikas libisevad vektorid – vektori alguspunkt (rakenduspunkt) võib liikuda ainult piki vektorisihilist sirget (sellest tulemus ei muutu).

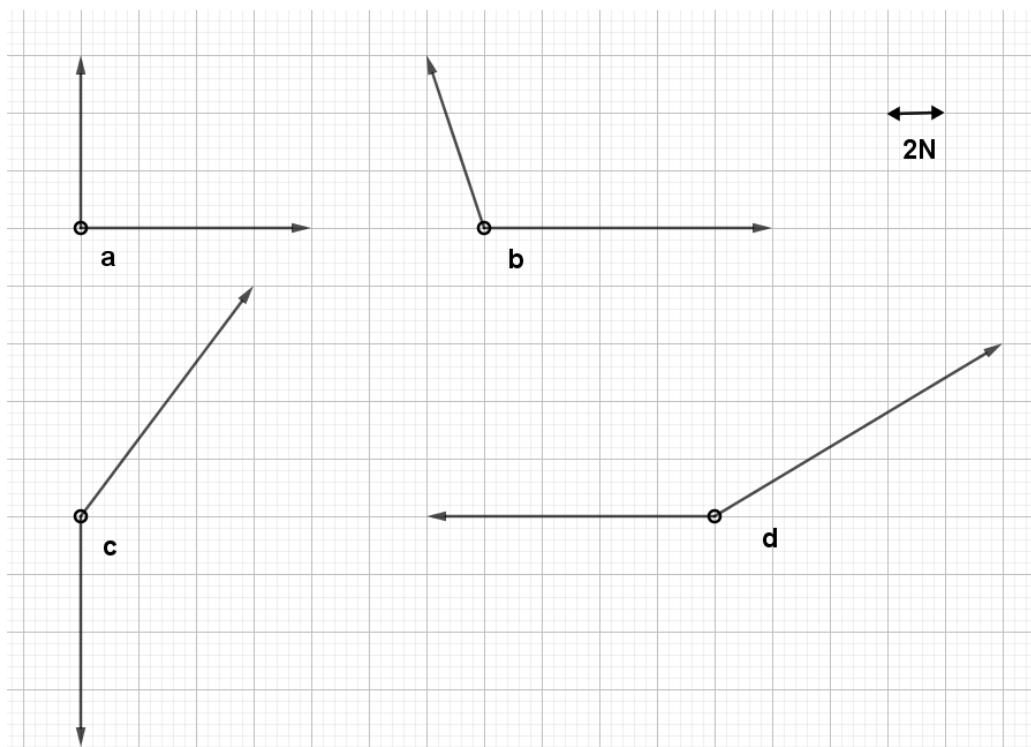
Lisa 6. Tööleht (resultantjõud ja vektorid)

Tööleht: resultantjõud ja vektorid (9.11.2022, 10. kl)

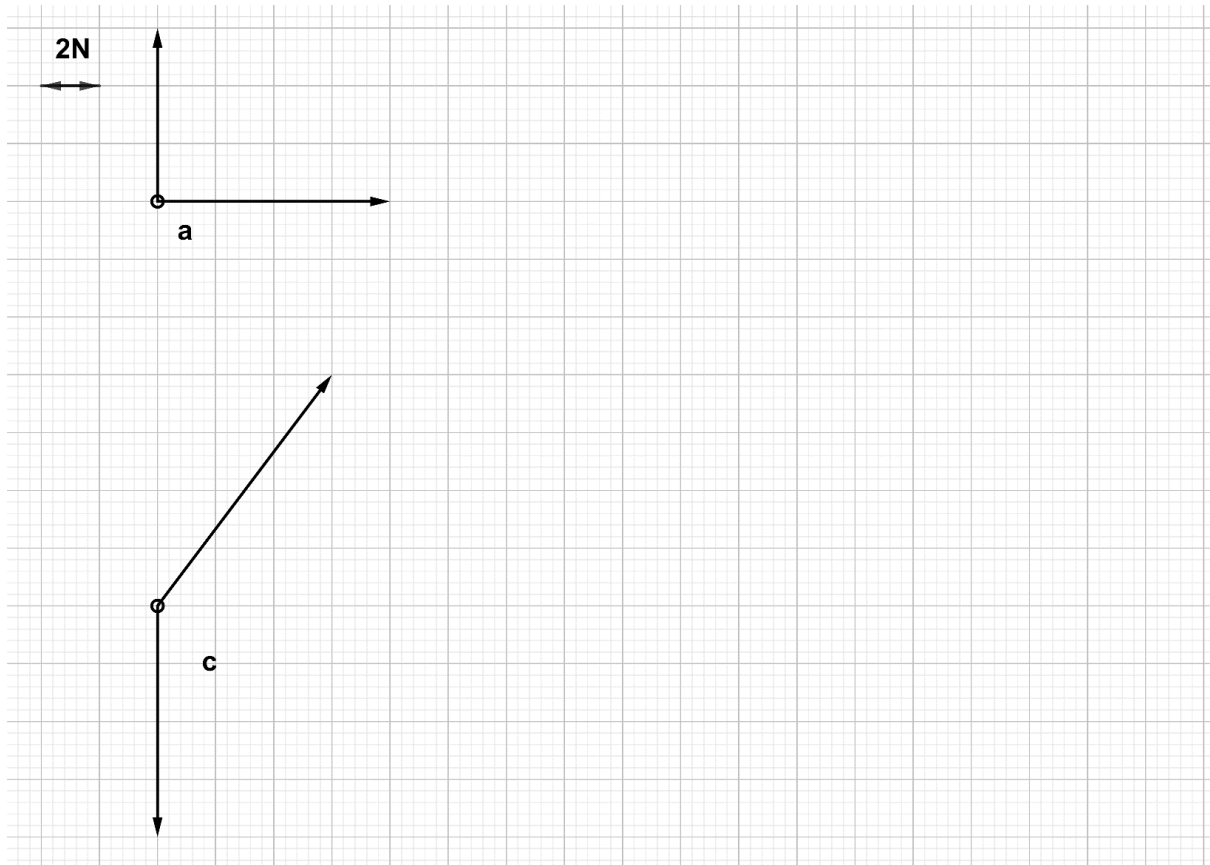
Ülesanne 1. Joonisel on kujutatud kehale mõjuvad jõud mõõtkavas, kus ühele jaotisele vastab 4N. Leia kehadele A, B, C, D mõjuva resultantjõu suund ning moodul (pikkus) (Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.12).



Ülesanne 2. Leia joonisel konstrueerimise teel kehade *a*, *b*, *c* ja *d* mõjuvate jõudude resultant. Leia resultandi arvääruused, kui mõõtkava on joonisel antud. (Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.13).



Ülesanne 3. Millistes piirides võib muutuda joonisel kujutatud kehade *a* ja *c* mõjuvate jõudude resultant, kui jõudude suundi on võimalik muuta (ühele jaotisele vastab 2N). Illustreeri vastuseid vastavate joonistega. (*Füüsika ülesannete kogu gümnaasiumile, ül 2.14*).



Lisa 7. Intervjuukava (füüsikaõpetaja)

1. Kuidas kirjeldad tehtud koostööd?
2. Mis toetas koostööd?
3. Mis takistas koostööd?
4. Mis ainete lõimingu meeldis?
5. Mida tuleks teha teistmoodi?
6. Mis meeldis materjalide loomise juures?
7. Mida tuleks teha teistmoodi?
8. Mida arvad ühise õpetamise kohta?
9. Mida sellest ise õppisid:
 - a. teema kohta;
 - b. õpetamise kohta;
 - c. koostöö kohta;
 - d. iseenda kohta?
10. Kui jätkata, mida teha teistmoodi?

Lisa 8. Intervjuukava (õpilased)

1. Kuidas ühine füüsika-matemaatika tund meeldis?
2. Mis meeldis?
3. Mida võiks teistmoodi teha?
4. Mida arvate õppematerjalist (tunnikonspekt, töölehed)?
5. Mis meeldis?
6. Mida võiks teistmoodi teha?
7. Kas võiks ka edaspidi selliseid ühiseid tunde teha?
8. Kas võiks ka teisi aineid lõimida?
9. Milliseid aineid võiks veel matemaatikaga lõimida?

Mina, Epp Joab

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose
10. KLASSI MATEMAATIKAT JA FÜÜSIKAT LÕIMIVA ÕPPEMATERJALI
KOOSTAMINE JA SELLE KASUTAMINE KOOSÕPETAMISEL
ÜHISTUNNIS

mille juhendaja on õpetajahariduse nooremlektor Pihel Hunt,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi
DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks
Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative
Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost
reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja
kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autoritele.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku me teiste isikute intellektuaalomandi
ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Epp Joab

5.01.2023