

Tartu Ülikool  
Sotsiaal- ja haridusteaduskond  
Haridusteaduste instituut  
Loodusteaduslike ainete õppekava

Mihkel Väljaots

ARVUTIMÄNGUL PÕHINEV FÜÜSIKA AKTIIVÕPPEKOMPLEKT  
GÜMNAASIUMIASTME FÜÜSIKA II KURSUSE KINEMAATIKA JA DÜNAAMIKA  
OSA KÄSITLEMISEKS

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Heli Lätt  
Kaasjuhendaja: Mart Noorma

Läbiv pealkiri: Füüsika õppekomplekt

KAITSMISELE LUBATUD

Juhendaja: Heli Lätt (mag)

.....  
(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: Piret Luik

.....  
(allkiri ja kuupäev)

Tartu 2013

Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt gümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks

### Resüme

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua arvutimängul põhinev aktiivõppekomplekt 10. klassi füüsika kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks. Õppekomplekti juurde kuuluvad arvutimäng Kerbali kosmoseprogramm (Kerbal Space Program), ülesannete töölehed õpilastele ning abimaterjal õpetajale. Uurimuslik eesmärk oli loodud aktiivõppekomplekti õpilastega katsetada ning hinnata õppematerjali sobivust eksperthinnangute abil. Oma hinnangu andis neli eksperti. Selgus, et materjal on kooskõlas gümnaasiumi riikliku õppekavaga ja on õpilastele kaasahaarav ja huvipakkuv ning võiks sobida 10. klassis füüsika õpetamiseks.

Märksõnad: arvutimängupõhine õpe, õppekomplekt, aktiivõpe, kinemaatika ja dünaamika, Kerbali kosmoseprogramm

Computer game based study material for teaching upper secondary schools II course of physics (kinematics and dynamics)

### Abstract

The purpose of this bachelor`s thesis was to create computer game based active learning study material to teach kinematics and dynamics in physics in 10th grade. Study material consists computer game Kerbal Space Program, worksheets for students and supportive material for teacher. The aim of the research was to test the study material on students and to get the evaluation for study material from the experts. Evaluation was received from four experts. As a result it came out that this study material is accord to National Curriculum for Upper Secondary Schools. It is interesting and enthralling for students and could be suitable for teaching physics in 10th grade.

Keywords: computer game based learning, study material, active learning, kinematics and dynamics, Kerbals Space program

## Sisukord

Sissejuhatus .....	5
<i>Aktuaalsus</i> .....	5
<i>Õppekomplekti sidusus õppekavaga</i> .....	5
<i>Töö eesmärgid</i> .....	5
Arvutimängude kasutamisest ja aktiivõppest.....	6
<i>Aktiivõppe mõiste ning aktiivõppe erinevaid võtteid</i> .....	6
<i>Harivad arvutimängud ja arvutimängude liigitus</i> .....	7
<i>Varasemaid uuringuid arvutimängude kasutamisest õpetamisel</i> .....	9
<i>Tüdrukute ja poiste erinevus arvutiga töötades</i> .....	10
<i>Üleeuroopaline mänguteabesüsteem PEGI</i> .....	10
Õppevahendi koostamine .....	11
<i>Kerbali kosmoseprogramm</i> .....	11
<i>KSP sidusus õppekavaga</i> .....	13
<i>Arvutimängu Kerbali kosmoseprogramm juurde kuuluvate ülesannete koostamise</i> <i>põhimõtted ning üldeesmärgid</i> .....	13
<i>Ülesanne 1 – Mänguga tutvumine</i> .....	14
<i>Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus</i> .....	14
<i>Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ning Newtoni II seadus</i> .....	14
<i>Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevatel kõrgustel</i> .....	15
<i>Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel</i> .....	16
<i>Õpetajate abimaterjalid</i> .....	17
Metoodika.....	18
<i>Valim</i> .....	18
<i>Mõõtevahendid</i> .....	18
<i>Protseduur</i> .....	19
Tulemused .....	20
<i>Ekspertide poolt õppekomplektile antud hinnangud ning parandusettepanekud</i> .....	22
<i>Õpilaste poolt õppekomplektile antud hinnangud ning parandusettepanekud</i> .....	23
Arutelu.....	25
<i>Ülesannetesse viidud parandused</i> .....	25
<i>Vastused bakalaureusetöös püstitatud uurimusküsimustele</i> .....	26
<i>Õppekomplekti vastavus gümnaasiumi riiklikule õppekavale</i> .....	26

<i>Õppekomplekti sobivus gümnaasiumi 10. klassi füüsika kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks.</i> .....		26
<i>Õppekomplekti kaasahaaravus ning põnevus õpilastele.</i> .....		26
Kokkuvõte .....		27
Tänu sõnad .....		28
Autorsuse kinnitus.....		28
Kasutatud kirjandus.....		29
Lisad .....		31
<i>Lisa 1 Ülesanne 1 – Mänguga tutvumine</i> .....		32
<i>Lisa 2 Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus</i> .....		35
<i>Lisa 3 Ülesanne 3 - Gravitatsiooniseadus ja Newtoni II seadus</i> .....		37
<i>Lisa 4 Ülesanne 4 - Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevatel kõrgustel</i> .....		41
<i>Lisa 5 Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel</i> .....		43
<i>Lisa 6 Tööleht õppeprogrammi jaoks õpetajatele</i> .....		45
<i>Lisa 7 Küsitlus esimesele kolmele eksperdile</i> .....		47
<i>Lisa 8 Küsitlus füüsikaõpetajale</i> .....		53
<i>Lisa 9 Küsitlused õpilastele</i> .....		59

## Sissejuhatus

### *Aktuaalsus*

**Õppekomplekti sidusus õppekavaga.** Valikkursus *Teistsugune füüsika* näeb ette kosmosetehnoloogiate ning päikesesüsteemi õpetamist. *Teistsuguse füüsika* kursuses loetakse ühe olulise õppetegevusena üles teadmiste kinnistamine õppevideote ning arvutisimulatsioonide abil (Teistsugune füüsika, s.a.). Eesti koolides kasutatakse äärmiselt vähe, kui üldse kolmemõõtmelisi arvutisimulatsioone, mis õigetes proportsioonides modelleeriksid päikesesüsteemi ning orbitaalmehaanika nähtuseid.

Tööle lisab aktuaalsust KSP suur sidusus gümnaasiumi riikliku õppekava füüsika II kursuse ehk mehaanika osaga. Kuna ajaliselt on mehaanikat käsitletud 10. klassi füüsikaõppe raames, räägitakse edaspidi füüsika II kursusest kui 10. klassi füüsikast. Gümnaasiumi riiklikku õppekava läbib erinevate distsipliinide lõimingu teema ning KSP ja käesoleva töö ühendamisel muutub ühtseks tervikuks füüsika tunnis õpitud mehaanika, geograafi kursuselt pärit atmosfääri teemad, tehnilise inglise keele praktiseerimine ning visuaalprogrammeerimise mõiste arvutiõpetusest. Lisaks on KSP-s otseselt modelleeritud tänapäevaseid mängumootoreid kasutades kosmosetehnoloogiaid ning päikesesüsteemi, mis on gümnaasiumi riikliku õppekava valikkursuse *Teistsugune füüsika* alampunktid 15 ja 16 (Reedik, Koppel, Voronia, Nurmoja & Raidla, 2011; Teistsugune füüsika, s.a.).

*Teistsuguse füüsika* valikkursus viitab otseselt sellele, et kosmost puudutavad teemad on aktuaalsed. Et Kerbali kosmoseprogrammis modelleeritakse kosmosetehnoloogiaid ning see lõimub erinevate teooriatega füüsikast ja teistest distsipliinidest, sobib arvutimäng tutvustama edukat tudengisatelliidi projekti. Tudengisatelliidi projekt on Tartu Ülikoolis 2008. aastal alustatud projekt, mille eesmärgiks on anda üliõpilastele reaalne kogemus kosmosetehnoloogiates. Estcube-1 nimelise seadme loomisel on üle 40 bakalaureusetaseme tudengi saanud võimaluse oma kraadi kaitsta. Samuti on sellega seotud mõned magistri- ja doktoritööd (Püttsepp, 2013).

### ***Töö eesmärgid***

Käesoleva töö põhieesmärk on koostada aktiivõppel põhinev õppekomplekt füüsika õpetamiseks 10. klassile lähtudes gümnaasiumi riiklikust õppekavast. Komplekt koosneb õpilase töölehtedest, arvutimängust *Kerbal Space Program* (edaspidi KSP või Kerbali kosmoseprogramm) ja õpetajate abimaterjalist. Töölehtedelt saab õpilane ülesanded ning arvutimängus ta kontrollib oma vastuseid. Uurimuslik eesmärk on välja arendatud

õppekomplekti katsetamine õpilastega ning spetsialistidelt eksperthinnangu saamine, mille tulemusel parandatakse ja täiendatakse õppekomplekti.

Käesoleva töö uurimusküsimused on:

- Mil määral vastab loodud õppekomplekt gümnaasiumi riiklikule õppekavale?
- Kuivõrd sobib loodud õppekomplekt gümnaasiumi 10. klassi füüsika kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks?
- Mil määral on õppekomplekt õpilase jaoks põnev ning kaasahaarav?

### **Arvutimängude kasutamisest ja aktiivõppest**

#### ***Aktiivõppe mõiste ning aktiivõppe erinevaid võtteid***

Gümnaasiumi riiklik õppekava soosib õppimist kui aktiivset ja sihipärast tegevust (Gümnaasiumi riiklik õppekava... 2011), kusjuures tihti nähaksegi aktiivõppes mängu, mille käigus õpilane midagi õpib. Seoses sellega on käesoleva töö raames antud ülevaade aktiivõppe olemusest. Näiteks võib Aktiivõppe väljenduda tegevustes, mille käigus õppurid arendavad koostööoskusi ning harjutavad suhtlemist erineva vanuse ning staatusega inimestega. See pidavat andma head eeldused teadmiste ja oskuste omandamiseks. Nooremate laste puhul võiks aktiivõppes rõhku panna autentsetele tegevustele nagu mängimine, vaatlus, jutustamine, käsitöö jne. (Juurak, 1999) Relevantseks peetakse emotsioone õppimise juures, kus aktiivõppemeetodid aitavad esile kutsuda erinevaid emotsioone, mis läbi kerkib õpilases huvi õpitava vastu (Krull, 1999).

Aktiivõppe kätkeb endas rääkimist, kuulamist, kirjutamist, (kriitilist) mõtlemist, elulisi ülesandeid ning suhtlemist teiste inimestega. Osade aktiivõppe ideede kohaselt peaks õpilane ennast ise hindama – nõnda võtab ta vastutuse endale ja ei õpi enam õpetaja heaks (Baum-Valgma & Šmõreitšik, 2010).

Aktiivõppe juures tähtsustatakse nii õpilase kui õpetaja uudishimu teema suhtes. Aktiivõppe juurde kuuluvateks peetakse veel vabadust oma toimingutes, võimalust läheneda ülesandele loominguiliselt ning kriitilise mõtlemise komponenti. Tähtsustatakse õpilase suhtlust kaasõpilaste ning õpetajaga, kohanemist konkreetsetes situatsioonides ning eluliste ülesannete lahendamist. Praktika ehk teoreetiliste teadmiste reaalne läbitegemine võib olla materjali kõige paremini omastatav tegevus ning on väidetud, et nõnda jääb õpilasele meelde 90% materjalist. (Baum-Valgma & Šmõreitšik, 2010; Luik, s.a.)

Kiskjad õpivad murdma mängides (näiteks kass ründab nähtamatut saaki või kehastab selleks mingi elutu objekti kas või maha sadanud lume). Sõdurid on tuhandeid aastaid võitlust

õppinud läbi mängimise. Arvutitehnika areng näitab, et arvutimängudel on potentsiaal suurepäraselt demonstreerida nähtusi, mida silmaga ei näe ja mille kohta lugedes ei pruugi õiget tunnetust tekkida (näiteks magnetväljade jõujooned või gravitatsioon). Arvutimängudes nähakse füüsika õpetamise vallas tulevikku (Squire, 2008).

Oregoni Ülikool ja organisatsioon 4-H on ühes käsitluses grupeerinud õpitegevused 12 erinevasse tasemesse, kus väiksema efektiivsusega tegevused algavad kuulamisega ning nägemise ning tegemise lisandudes suureneb tegevuste efektiivsus. Lähtuvalt õpitehnika efektiivsusest järjestuvad õpitehnikad järgnevalt: klassikaline loeng ja lugemine; graafikutega illustreeritud loeng, helisalvestiste kuulamine, slaidiesitluste vaatamine, filmide vaatamine, väljapanekutega tutvumine, ekskursioonidel käimine, demonstratsioonide vaatamine, diskuteerimine, rollimäng, mudelitega mängimine, reaalne töötamine (Active Teaching–Active Learning...)

Paljud õpetajad on kartnud aktiivõppe rakendamise algust teha väites, et osad õpilased hakkavad selle vastu protesteerima ning ei tööta kaasa. Põhja-Carolina osariigi professor Richard M. Felder julgustab neid aga öeldes, et klassikalises loengus käib loengumaterjaliga kaasas kuni 10% õpilastest ning ülejäänud on mõtetega mujal. Aktiivõppes aga, kui kasutatakse meetodeid, mille puhul õpilane saab ise tegutseda ning otsuseid teha, töötab kaasa kuni 90% õpilastest, mis tähendab, et tegemist on efektiivsema meetodiga (Felder & Brent, 2003).

Felder, kes töötab peamiselt tudengitega, soovib praktiseerida aktiivõpet. Praktika, mida ta ise läbi viib, koosneb kolmest faasist. Esiteks annab ta õpilastele ülesande kas midagi välja arvutada, välja otsida või aru saada. See on oluline seetõttu, et õpilased teeksid midagi iseseisvalt. Seejärel tuleb õpilased tööle panna kas üksi või mitmekesi, aga kindlasti tuleb ülesannete lahendamiseks antud aeg piirata ning õpilasi ülesande täitmise järel pisteliselt kontrollida. See motiveerib ka vähem aktiivseid õpilasi erksamalt kaasa töötama. Kolmas faas eeldabki, et kontrollitakse tudengeid ning arutatakse nendega tekkinud küsimustes kaasa (Felder & Brent, 2003).

### ***Harivad arvutimängud ja arvutimängude liigitus***

Õppimist motiveeriva keskkonna üheks osaks võivad olla huvi tekitavad arvutimängud. Arvutimängu komponentideks on väljakutsed ning erinevad strateegiad. Mängijale on teada ülesanne, mida saab lahendada mänguliselt ning erinevate meetoditega ja õnnestumised saavad vahetult tasustatud. Samuti on väga oluline varieeruvus – uuesti läbi mängitud ülesanne on küll põhimõtteliselt sama, kuid on illustreeritud erinevate efektide ning

tulemustega. Mida rohkem erinevaid variatsioone mäng pakub, seda kauem see mängijat paelub. Samuti peetakse oluliseks näitajaks erinevate emotsioonide tekitamist – natukene kurbust ja kaasaelamist, põnevust, elevust ja riskitunnet, mis aitab mänguga sidestuda. Oluline on uus informatsioon, mida mängu abil edasi antakse. Mängu jooksul uuesti ülesannet alustades on vaja töötada enda mälu. Ning tähtis on ka kontekst ja tunnetuslik pool, kus mängija paneb saadud oskusi käiku, et mängus edasi areneda. Märgitud on ka mängudes esitatud sugupoolte ning rahvuste tasakaalu olulisust (Gibson, s.a.; John, 2010).

Kõige paremaid õpitulemusi annavad mängud, mis liigituvad kategooriate alla haldamine (*management*), rollimäng (*role-playing*) ja strateegia (*strategy*). Arvutitehnika arenedes on lisandunud palju erinevaid žanre ning loodusteaduslike teadmiste selgitamiseks kasutatakse üha enam ka simulatsioonižanri. Kreatiivsete mänguloojate ning erinevate ideede kombineerimisega saab rääkida ka multžanrilistest mängudest (Gibson, s.a.; Xie et al. 2011)

Üleeuroopaline mänguteabesüsteem (PEGI – Pan-European Game Information) liigitab oma kodulehel arvutimängud 12 erinevasse žanri, millest üks on hariv arvutimäng (*educational*). (Üleeuroopaline mäntuteabesüsteem..., 2013) Tõsised mängud ehk hariduslikud mängud (*serious games, educational games*) ongi toodetud peaausjalikult õpetamise eesmärgil. Victoria Guillén-Nieto toob oma uurimuses välja tõsise mängu žanri, milles ta tõmbab paralleele haridusliku mänguga. Arvutimängu abil õppimise all toob autor oluliste punktidenä välja kaasahaaravuse ning eluliste probleemide lahendamise mängulises võtmes. (Guillén-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012)

***Varasemaid uuringuid arvutimängude kasutamisest õpetamisel***

Janice Anderson tegi uurimuse arvutimängu *Supercharged!* põhjal, kus ta uuris, kuidas on võimalik arvutimängu abil õpetada elektromagnetismi. Selgus, et uurimisrühm, kes õppis läbi mängu, saavutas käsitletud teemades paremaid tulemusi. Mängulisus köitis neid ning autori sõnul aitas mängu visuaalne pool õppuritel mõista probleemide elulisust ning praktilisust, kuna füüsikas käsitletakse tihti küsimusi, mida silmaga otseselt ei näe. (Anderson & Barnett, 2011)

Probleemide elulisust käsitleb ka Rachel Muehrer, kes avaldas töö uurimusest, kus õpetati arvutimängu abil katsealustele taimede anatoomiat. Selgus, et juba tunnipikkune mängimine näitas silmatorkavaid mõõdetavaid tulemusi. Autor viitab ka teistele töödele, mis toovad esile võimaluse mängude abil teooriaid elulisemalt esitada (Muehrer, Jenson, Friedberg & Husain, 2012).

Lisaks bioloogia õpetamisele on õpilastega tehtud uurimus, kus lasti neil mängida keemia pritsiipe selgitavaid simulatsioonimänge. Selgus, et mängulisus annab neile julgust ning loomingulisust ja paljud jõudsid teemast arusaamiseni enne, kui paberi peal vastavaid valemeid õpiti. Simulatsioonimängud annavad eriti suurt kasu nano- ning megaskaalal, kus ühest küljest on reaalsus füüsiliselt nii väike, et seda silmaga ei näe (nanotehnoloogia), teiselt poolt jälle nii suur, et seda on raske hoomata (astronoomia) (Xie et al. 2011).

Jeetinder Singh avaldas töö, kus uuritakse harivate mängude efektiivsust 7. ja 9. klassis. Uurimusest selgus, et mängud võivad olla nõnda tehtud, et ainuüksi neid mängu mängides ei saa õpilased põhimõttelistest probleemidest lõpuni aru. Töö autor teeb arvutimängude tootjatele soovitusi, et mängudes peaks paremini olema välja toodud ülesannete eesmärk ning seos reaalsusega ning mängud peaksid olema väiksemat tüüpi ehk mitte nii suurejoonelised ja liiga mahuka uue infohulgaga (Singh & Sivaswamy, 2009).

Kui Singh avaldas oma töös probleemid info mahtudega, siis Victoria Guillén-Nieto pakub veel ideid. Ta toob oma uurimuses välja, et tõsised ehk õpetlikud arvutimängud võivad olla väga kaasahaaravad ning teadmispakkuvad. Oma tööd tegi ta arvutimängu *It's a deal!* näitel ning annab lugejale idee, et arvutimäng ei pea hõlmama 100% kogu õppetsüklist, kuna pabekandjal õpetused ning töölehed võivad õppeprotsessi veelgi parandada. Sealjuures säilib aga mängulisus ning põnevus, mis võib teiste õpetamismeetodite ees eeliseid anda (Guillén-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012).

Ka järgnev autor peab mitmete eelnevatega oluliseks kaasahaaravust ning mängulisust. Jie Chi Yang kirjutas oma tööd aktuaalsel teemal energia säästmisest. Ta kirjeldab töös arvutimängu *the ECOPET*, kus on ülesandeks hoolitseda kodulooma eest tagades talle

mugavad tingimused seejuures maksimaalselt energiat säästes. Töös kirjeldab ta nägemust mängu kaudu õpetamisest, kus jagab õppeprotsessi kolmeks osaks. Esiteks antakse kas mängust või väljaspoolt mängu informatsiooni valemite ning teksti kujul. Sellele järgneb mänguline osa, kus õppur leiab ennast olukorrast, kus tal on eelnevalt saadud teadmistest kasu ning ta näeb tänu visualiseeritud efektidele tulemust nii pildis kui tekstis. Kaasahaarav mäng aitab teadmisi reaalsusega seostada ning õpitut kinnistada. Õppeprotsessi kolmandas, viimases osas toimubki õpitava teadvustamine ning omaksvõtmine, mis läbi sellest igapäevaelus hiljem kasu on. Yang jõuab järeldustele, et energia majandamist on sobilik õpetada läbi arvutimängude ning tema näite puhul lemmiklooma simulatsioonis tuli see hästi välja (Yang, Chien & Liu, 2012).

Helina Laane töös käsitletakse arvutimängu, mis on loodud 5-6-aastastele lastele matemaatika õppimiseks. Arvutimäng on kohandatud tahvelarvutile ning töö tulemused näitavad, et lastele on see uudne ja põnev. Autor teeb järeldused, et edaspidigi on soovitatav matemaatikat õpetada arvutimängude abil ning toob välja, et Eestis tehtud katses kahe lasteaia lastega jäid õpetajad tehtud arvutimänguga rahule (Laane, 2012).

### ***Tüdrukute ja poiste erinevus arvutiga töötades***

Piret Luige (2004) doktoritöös on kirjeldatud probleemi, kus tüdrukud võivad oma arvutiga töötamise oskusi madalamalt hinnata kui poisid. Käesolevas töös kasutatud arvutimängus KSP kasutatakse täisekraanmenüüsid, kus on kombineeritud nii graafilised ja selgelt visualiseeritud nupud kui tekstipõhised rippmenüüd. Ülalmainitud doktoritööst selgub, et tütarlastel võib täisekraanmenüüde kasutamine segadust tekitada. Luige töös on välja toodud, et tüdrukud võivad saavutada paremaid tulemusi, kui nendelele anda võimalus programme juhtida läbi erinevate sisendseadmete. Kui menüüdes saab navigeerida ainult arvutihiire abil, siis raketi lendamist simuleerivates keskkondades on selgelt välja toodud protsessid, mida saab esile kutsuda nii arvutihiire kui klaviatuuri abil. Samuti viidatakse Luige töös probleemile, et tüdrukute ruumiline võimekus võib olla madalam kui poistel (Luik, 2004). Käesolevas töös baseeruvad koostatud ülesannete lehed keskkooli taseme arvutusülesannetel ning arvutimängus toimub vaatlus ja teadmiste kinnistamine.

### ***Üleeuroopaline mänguteabesüsteem PEGI***

PEGI on välja töötanud arvutimängude vanusepiirangud ning neile vastavad logod, mida võib leida poest ostetavate arvutimängude pakenditelt. Vanusepiirangud on alates 3, 7, 12, 16 ning 18 eluaastat. Samuti kasutab organisatsioon tingimärke arvutimängudes esitatava

informatsiooni väljendamiseks. Tingmärkideks on erinevad logod, mis viitavad vägivaldale, ropendamisele, hirmutamisele ja ehmatamisele, seksuaalsele tegevusele, narkootikumidele, inimeste diskrimineerimisele, hasartmängudele ning viimaks võrgus mängimise võimalusele (Üleeuroopaline mäntuteabe süsteem..., 2013; PEGI questionnaire, s.a.).

PEGI andmebaasis ei ole Kerbali kosmoseprogrammi üles tähendatud. Oma mitmekuulise kogemusega KSP-ga väidab käesoleva töö autor, et antud arvutimängule ei saa anda ühtegi PEGI hoiatussilti kaheksast arvutimängu sisu kirjeldavast sildist. Mängus ei ole vägivalda, ropendamist, hirmutamist, narkootikume, hasartmänge, inimeste diskrimineerimist ega seksuaalset tegevust kujutavaid stsenaariumeid. Lisaks ei ole tegemist võrgumänguga, kuid siinkohal ei saa anda garantiid tuleviku suhtes.

Käesoleva töö autori hinnangul sobib KSP mängimiseks gümnaasiumiõpilastele ja kindlasti noorematele ja tublimatele õpilastele, kellel on endal püsivust ja huvi kosmosetehnoloogiate vastu. PEGI vanusepiirangut ei hakka töö autor siinjuures pakkuma. Autor on nõus PEGI väitega, et lastega koos arvutimängude mängimine aitab lastega paremini kontakti saada. Seetõttu on autori hinnangul käesoleva töö raames valmiv õppekomplekt kasulik lapsevanematele, kes soovivad mänguliselt oma lastele füüsikat ning matemaatikat õpetada.

## Õppevahendi koostamine

### *Kerbali kosmoseprogramm*

Kerbali kosmoseprogramm on Mehhikos algatatud ning pidevas arengus arvutimäng. Tootja nimega *Squad* kutsub oma teost multižanriliseks arvutimänguks ning erinevad mängudega tegelevad veebilehed täpsustavad KSP-d kui kosmoselendude simulatsioonimängu. *Squad* kinnitab oma kodulehel, et mäng baseerub füüsikale ning raketid lendavad ja kukuvad nõnda, nagu nad reaalses olukordades teeksid. Mäng on inglise keeles ning maksab umbes 23 dollarit. Arvutimängu ostja saab endale konto ning võib mängu uuesti alla laadida iga kord kui see näiteks arvutirikke tõttu kaotsi läheb (Kerbal Space Program, 2013).

Kerbali kosmoseprogrammis on võimalik erinevatest komponentidest ehitada rakette, kosmoselaevu ning lennukeid lähtudes mängija fantaasiast või arvutustega tõestatud otsustest (arvutuste jaoks ei ole mängus kasutajaliidest, mistõttu tuleb arvutused teha kas teiste programmide või meetodite teel). Siinse töö raames keskendutakse ainult kosmosetehnoloogiatele ning lennukeid ei käsitleta. Mängus on kolmemõõtmeliselt

modelleeritud väljamõeldud päikesesüsteem ning Maad imiteeriv koduplaneet Kerbin. Kerbinilt raketite startimine kulgeb sarnaselt meie reaalsusele, kuna planeedi gravitatsiooniväli on võrdne Maa omaga ning atmosfäär modelleeritud Maa atmosfääriga sarnaseks. Mängu päikesesüsteem on väiksem kui see päikesüsteem, kus meie reaalselt elame. Näiteks tähele lähim planeet asub keskmiselt 5,8 mln km kaugusel ning kaugeim planeet keskmiselt 90,2 mln km kaugusel. Meie reaalne Merkuur on Päikesest aga 57,9 mln km ning Pluuto lausa ligi 6000 mln km kaugusel. See teeb mängumaailma umbes 66 korda väiksemaks, kuid ometi on see piisav, et mängija saaks tunnetuse maailmaruumi ulatustest.

KSP-s on otseselt modelleeritud ning reaalses jälgitavad järgmised parameetrid: mass, jõud, liikumine (ühtlane ja mitteühtlane), kiirus, kiirendus, gravitatsioon, aeg, kaugus/kõrgus taevakehast, mille ümber satelliit või muu lendav objekt tiirleb, õhurõhk, (õhu)temperatuur. Lisaks on veel täiendavaid parameetreid, mis on lähtuvad eelnevalt mainitutest.

KSP pidevale arendamisele annab tõestust asjaolu, et 2012. aastal tuli iga kuu vähemalt üks uuendus välja. Nüüd, 2013. aastal, on vahemikus jaanuar kuni märts välja tulnud 4 uuendust. Käesolev töö tehakse mängu versiooni 19.1 näitel. Täiendavalt kasutab autor töös ühte lisa (*mod*). Tegemist on lisaga, mis ei ole toodetud KSP autori Squad poolt ning Squad pole selle valiidsust kinnitanud. Väljastpoolt KSP meeskonda on arvutimängule toodetud mitusada lisa ning mitte ükski pole autorite ametlikku kinnitust saanud – KSP on nimelt tehtud nõnda, et sellele oleks mugav toota lisasid ning *Squad* soosib taolist tegevust. Samas ei ole originaalmängu mitte ühtegi mujal toodetud lisadest veel integreeritud. Käesoleva töö autor lõi mängumaailma mitmed vajalikud stsenaariumid ja raketid antud õppekomplekti ülesannete tarvis.

***KSP sidusus õppekavaga***

Mäng katab enamiku teemasid gümnaasiumi riikliku õppekava füüsika II kursuse kinemaatikast ning dünaamikast. Samuti katab KSP gümnaasiumitaseme valikkursusest *Teistsugune füüsika* alateema „kosmosetehnoloogiad“. Täiendavalt puudutab mäng alateemasid „päikesesüsteem“ ja mingil määral teemat „tähed“. Kerbali kosmoseprogrammi on võimalik siduda ka geograafias õpetatava atmosfääri ehitusega. Sellest tulenevalt näeb töö autor KSP-s suurt potentsiaali aktiivõppe programmina illustreerimaks õpilastele koolis õpetatavaid teooriaid (Gümnaasiumi riiklik õppekava... 2011; *Teistsugune füüsika*, s.a.).

Käesoleva töö autor on arvamusel, et KSP toetab loomu poolest avastusõpet – mängija ehitab raketi valmis, lendab sellega üles ning kui alla tagasi kukub, saab sellele täiendusi juurde tuua, misjärel algab uus katse. Nõnda uusi prototüüpe luues arendab mängija üha efektiivsemaid lennumasinaid, saab mängurõõmu ning inspiratsiooni efektirohketest allakukumistest ning jõuab järeldusteni, milliste komponentide täpsed vahekorrad viivad parema raketi valmistamiseni. Käesoleva töö raames lisati KSP-le töölehed, toetamaks ilusa graafikaga avastuspõhist mängimist täiendavate arvutusülesannetega, mis otseselt haakuvad kinemaatika ning dünaamikaga. Nõnda valmib laiemalt erinevaid oskusi nõudev õppekomplekt.

Õppekomplekti valitud lisa (*mod*) aitab käesoleva töö autori hinnangul õppuritel paremini teooriate mõistmiseni jõuda – selle abil kuvatakse ekraanile rohkem teemakohast informatsiooni raketi füüsikaliste omaduste ning orbiidi parameetrite kohta. Autor on mitmete arvutustega tõestanud, et lisa töötab füüsikaliselt korrektselt.

***Arvutimängu Kerbali kosmoseprogramm juurde kuuluvate ülesannete koostamise põhimõtted ning üldeesmärgid***

Töö autor järgib õppekomplekti välja töötades järgmisi põhimõtteid. Õppekomplekt:

- vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale;
- vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatule 10. klassi füüsika kinemaatika ja dünaamika teemadele;
- lähtub aktiivõppe metoodikast;
- on õpilasele huvipakkuv.

Kuigi õppekomplekti ülesanded kätkevad endas 10. klassi taset, on töö autori hinnangul tehtud komplekti samas võimalik kasutada kooli huviringides entusiastlike nooremate koolilaste harimiseks.

Järgnev osa kirjeldab konkreetsete ülesannete ülesehitust. Komplekt koosneb töölehtedest, kus tuleb kirjalikult vastata küsimustele ning märkida oma arvutuste tulemused. Arvutusi saab kontrollida visuaalselt kaasahaaravas Kerbali kosmoseprogrammis. Õpetajad saavad kaasa lihtsad juhendid selle kohta, mida võiks teha enne antud õppekomplekti rakendamist ning mida võiks pärast selle läbimist veel koolitunnis käsitleda.

**Ülesanne 1 – Mänguga tutvumine.** Ülesanne (Lisa 1) õpetab samm sammult piltide ning teksti abil algteadmisi, mis on obligatoorsed KSP mängimiseks. Õpilane õpib ära tähtsamad klahvid ning nende toimingud, näeb mängumaailma suurust ning KSP graafilist ilu.

**Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus.** Ülesandes (Lisa 2) on kirjeldatud olukord, kus teatud massiga ning tõukejõuga rakett on stardivalmis stardiplatvormil. Õpilane peab välja arvutama, kas rakett üldse läheb lendu või mitte. Õpilane teeb arvutused ning täidab töölehed. Seejärel saab ta arvutusi KSP-s kontrollida.

$$\text{Raketi mootori poolt tekitatud kiirendus } a = \frac{F}{m},$$

$$\text{kus } a - \text{kiirendus } \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

$$F - \text{jõud N};$$

$$m - \text{mass kg.}$$

Ülesande jooksul saab õpilane kinnitust antud valemi olulisusest ning näeb ühte selle reaalsest rakendusest. Ülesanne põhineb Newtoni II seaduse valemil, mille õpetamist näeb ette gümnaasiumi riiklik õppekava.

**Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ning Newtoni II seadus.** Ülesandes (Lisa 3) on stsenaarium, kus rakett stardib mitte maapinnalt, vaid umbes 1000 km kõrgusel maapinnast. Rakett viiakse antud kõrgusele võimsate mootorite abil, mis seejärel lahti lastakse ja alla kukutatakse. Alles jääb nõrgem mootor ning õpilane peab arvutama, kas 1000 km kõrguselt antud mootori tõukejõuga on võimalik planeedist eemale lennata või rakett kukub alla tagasi.

Gravitatsioonijõud  $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ ,

kus  $F$  - gravitatsioonijõudjõud N;

$G$  - gravitatsioonikonstant  $\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ ;

$m_1$  - planeedi mass kg ;

$m_2$  - raketi mass kg ;

$r$  - kehade vaheline kaugus m.

$$a = \frac{F}{m}$$

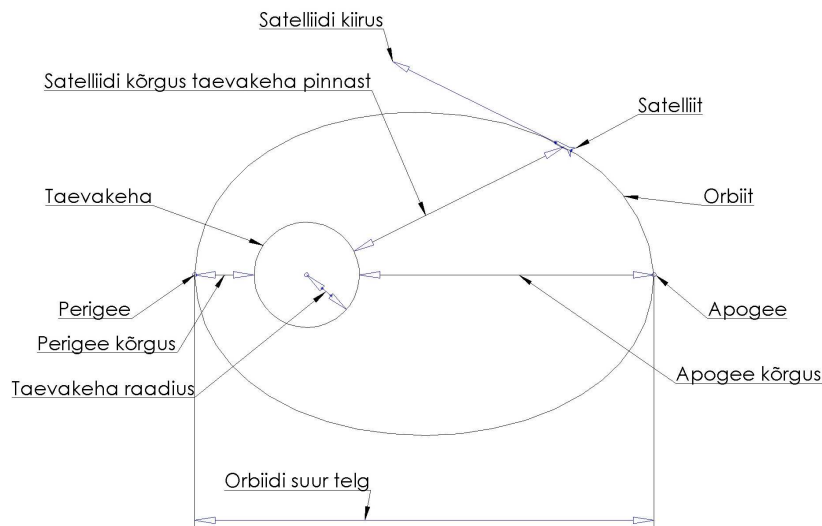
kus  $a$  - kiirendus  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;

$F$  - jõud N;

$m$  - mass kg.

Pärast arvutusi saab õpilane oma tööd KSP-s kontrollida. Ülesande lõpul on õpilane meelde tuletanud põhimõttelisi valemeid ning avastanud, et neid on reaalsuses tarvis. Õpilane on katseliselt tõestanud, et erinevatel kõrgustel maapinnast on raskuskiirendus erinev. Kasutuses on Newtoni II seadust ning gravitatsiooniseadust kirjeldavad valemid kujul, nagu gümnaasiumi riiklik õppekava neid ette näeb.

**Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevatel kõrgustel.** Ülesanne (Lisa 4) juhatab õppuri sisse orbitaalmehaanika alustesse ning annab ülevaate, kuidas satelliidid ümber taevakehade tiirlevad. Õpilane peab täitma töölehed. Ülesannet illustreerib joonis 1 ning valem. Ülesandeks on arvutada satelliidi kiirused Kerbini planeedist erinevatel kõrgustel.



Joonis 1. Elliptiline orbiit ümber taevakeha

$$\text{kiirus } v = \sqrt{M \cdot G \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)},$$

kus  $M$  - planeedi mass kg;

$G$  - gravitatsioonikonstant  $\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ ;

$r$  - satelliidi kõrgus planeedist m;

$a$  - orbiidi suur pooltelg m.

Pärast arvutusi saab arvutimängus tehtud tööd katseliselt kontrollida mööda orbiiti, mis illustreerib väga ilmekalt ilmaruumi suurust. Ülesande lõpul teab õpilane elliptilise orbiidi tähtsaid mõisteid perigee ning apogee ning oskab neil vahet teha. Õpilane on saanud parema tunnetuse satelliitide reaalsest tiirlemisest ning teab, et nende kiirus on pidevas muutuses. Ülesanne puudutab otseselt gümnaasiumi riiklikus õppekavas käsitletavat massi, kiirust ja gravitatsioonikonstanti.

**Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel.** Ülesandes (Lisa 5) esitatakse õpilastele lõbus jutuke ning sellega seonduv probleem, mille käigus tuleb välja selgitada, kas Maast 200 korda kergemal asteroidil suudab kerbinlane (mängus modelleeritud humanoid) hüpata viiekordse maja katusele. Õpilane täidab töölehe.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2},$$

kus  $x$  - kõrgus ajahetkel, mis on sulle antud m;

$x_0$  - algkõrgus m;

$v_0$  - hüppe algkiirus m/s;

$t$  - aeg, millest sõltub kerbinlase kõrgus s;

$g$  - asteroid Gilly raskuskiirendus  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Pärast arvutusi on õpilasel võimalus Kerbali kosmoseprogrammis laadida vastav stsenaarium (mängus on asteroid ja humanoid, kuid puudub maja) ning vaadata, kui kõrgele kerbinlane hüppab. Katse on lõbus ning illustreerib, milliseid probleeme võib esineda erineva massiga planeetidel viibivatel kosmonautidel. Ülesanne käsitleb otseselt gümnaasiumi

riiklikus õppekavas käsitletavat kiirust, kiiruse muutust, raskuskiirendust ning punkti asukohta.

### ***Õpetajate abimaterjalid***

Käesoleva töö raames koostatud õpetajate abimaterjal (Lisa 6) on lihtsakoeline ning mahub ära kahele leheküljele. Abimaterjal annab õpetajale vabad käed ning suunab, mida võiks üle korrata enne ülesande lahendamist ning millistel teemadel võiks õpilastega arutleda pärast ülesannete lahendamist KSP abil.

## Metoodika

### *Valim*

Eksperte valides on kombineeritud kriteerium- ning mugavusvalimit. Kolm eksperti valiti lähtudes tingimusest, et nad oleksid loodusainete ja tehnikaala spetsialistid. Vähemalt üks ekspert pidi olema füüsikaõpetaja. Uurimuses osalenud õpilaste puhul on tegemist mugavusvalimiga, kriteeriumina arvestati, et nad käiksid vähemalt kümnendas klassis. Kerbali kosmoseprogrammile ning seda täiendavatele töölehtedele ning õpetaja juhenditele andsid oma eksperthinnangu nelja erineva ala inimesed. Esimene ekspert oli bakalaureuse kraadiga ökoloog, kes hindas oma kogemust kolmemõõtmeliste arvutimängudega olematuks. Teine ekspert oli rakenduskõrghariduse omandanud elektroonikainsener, kelle hinnang oma kogemusele kolmemõõtmeliste arvutimängudega oli keskpärane. Kolmanda eksperdina osales uuringus kutseharidusega infotehnoloogia spetsialist, kes hindas oma kogemust kolmemõõtmeliste arvutimängudega väga heaks. Neljas ekspert oli 39-aastase töökogemusega füüsikaõpetaja, kes hindas oma kogemust kolmemõõtmeliste arvutimängudega olematuks.

Lisaks küsitleti katses osalenud Tartu Kivilinna Gümnaasiumi 12. klassi õpilasi (8 poissi), kellest 4 valmistusid riiklikuks füüsika lõpueksamiks. Poisid hindasid oma kogemust kolmemõõtmeliste arvutimängudega keskmiseks.

### *Mõõtevahendid*

Mõõtevahendite eesmärk oli selgitada, kas väljatöötatud õppekomplekt vastab põhimõtetele, millest lähtuvalt õppekomplekt loodi. Ekspertid ja õpilased said täitmiseks küsimustikud, kus igat väidet hinnati vastusega „Üldse ei ole nõus“, „Pigem ei ole nõus“, „Nii ja naa“, „Pigem olen nõus“ või „Olen täielikult nõus“. Lisaks oli vastajatel võimalus oma vastuseid täiendavalt kommenteerida.

Ekspertide küsitlus (Lisa 7) koosnes kuuest osast, millest esimeses viies anti hinnang igale ülesandele eraldi ning kuues osa hindas õppekomplekti kui tervikut. Samade väidetega hinnati kõiki viit ülesannet, millest õppekomplekt kombineeriti. Kuuenda osa väited erinesid eelnevatest osadest ning puudutasid õppekomplekti terviklikku sobivust eelpool nimetatud kriteeriumitele. Füüsikaõpetaja küsitlus (Lisa 8) erines teiste ekspertide küsitlustest täiendavalt sisseviidud õppekavasid käsitlevate punktide poolest.

Esimene ülesanne oli kõigile kohustuslik ning teise ülesande võis valida nelja ülesande seast. Sellest lähtuvalt koostati õpilastele 4 erinevat küsitluse vormi (Lisa 9), kus samade

väidete abil hinnati erinevaid ülesannete paare ning omavahel oli kombineeritud esimene kohustuslik ülesanne ning üks neljast valikülesandest.

### *Protseduur*

Kolm eksperti lahendasid 2013. aprilli alguses läbi esimese ülesande (õppekomplekti sissejuhatav kohustuslik ülesanne) ning järjest kõik neli valikülesannet. Samuti mängisid nad läbi KSP-s tehtud näitlikustava osa. Seejärel täideti küsitlusleht hindamaks õppekomplekti vastavust õppekomplekti koostamise põhimõtetele.

Füüsikaõpetaja jälgis 2013. aprilli teises pooles arvutimängu katseid õpilaste peal ning luges läbi ülesannete töölehed, pärast mida ta sai täitmiseks küsitluse hindamaks õppekomplekti kvaliteeti. Füüsikaõpetaja arvutimängu ise läbi ei mänginud.

Katse tarvis osteti kolm KSP litsentsi. Õpilased lahendasid ülesandeid ning katsetasid oma arvutustulemusi KSP-s, misjärel nad täitsid küsitluslehe, mis sobis kokku nende valitud ülesandega. Kaks õpilast soovisid töötada paaris ning üks õpilane lahendas mitu ülesannet.

Töö mahtu piiravateks teguriteks olid ajalised piirangud ning KSP litsentside ostmiseks eraldatud rahast sai soetada vaid 3 litsentsi, mistõttu oli võimalik õppekomplekti proovida vaid kolmel õpilasel üheaegselt.

Nii ekspertide kui õpilaste poolt täidetud küsitluslehtede tulemusi kajastab järgnev peatükk.

## Tulemused

Käesolev peatükk toob välja küsitlustest saadud tulemused nii ekspertidelt kui õpilastelt. Samuti leiab lugeja ekspertide ning õpilaste ettepanekuid käesoleva õppekomplekti täiustamiseks, mida õppekomplekti lõpliku variandi väljatöötamisel arvesse võeti.

Ülesannete lahendamiseks kuluvat aega mõõdeti nii ekspertide kui õpilaste puhul. Töö autor võttis eeskujuks tavalise koolitunni pikkuse 45 minutit ning seadis endale tingimuse, et õppekomplekti läbimine ei tohiks õpilasel aega võtta üle 60 minuti. Tabel 1 kajastab tulemusi, kus ekspertide ning õpilaste ülesannete lahendamiseks kuluvat aega on käsitletud eraldi ning sooritustele kuluvast ajast on võetud aritmeetiline keskmine. Lisaks on ära toodud kulunud aja mediaanväärtus, kuna antud näitaja ei ole nii tundlik ekstreemsete väärtuste esinemise korral. Enamike ülesannete puhul aritmeetiline keskmine ning mediaanväärtus omavahel praktiliselt kattusid, erinedes teineteisest ühe kuni kahe minuti võrra. Vaid neljanda ülesande puhul erinesid aritmeetiline keskmine ning mediaan teineteisest kuni seitsme minuti võrra, kuna ajaline varieeruvus oli suurem (minimaalne ülesande lahendamiseks kuluv aeg õpilastel oli 25 minutit ning maksimaalne aeg oli 55 minutit, ekspertidel vastavalt 30 minutit ja 41 minutit). Selgesti on eristuv, et enamike ülesannete puhul olid õpilased ekspertidest kiiremad. Kombineerides esimest kohustuslikku ülesannet ühe valikülesandega, saab välja tuua õppekomplekti läbimiseks kuluva keskmise maksimaalse ning minimaalse aja. Ekspertide puhul oli maksimaalne aeg 59 minutit ning minimaalne 39 minutit. Õpilaste puhul vastavalt 56 minutit ning 33 minutit.

Tabel 1. Õppekomplekti ülesannete lahendamiseks kuluv aeg

Ülesanne	Ekspertide kulunud aeg	Õpilaste kulunud aeg
	(min)	(min)
	keskmine (mediaan)	keskmine (mediaan)
1	25 (24)	19 (20)
2	16 (17)	15 (17)
3	33 (32)	29 (29)
4	34 (31)	37 (30)
5	14 (13)	14 (14)

Järgneval kahel leheküljel kajastuvad tabelid (tabel 2 ja tabel 3), millesse on koondatud ekspertide ja õpilaste hinnangud õppekomplektile ülesannete lõikes. Number lahtris näitab antud vastusevariandi valinud inimeste arvu. Tabelite kirjeldused ning olulisemad tulemused on välja toodud tabelitele järgnevatel lehekülgedel.

Tabel 2. Ekspertide hinnangud ülesannete kaupa ning hinnang kogu õppekomplektile.

Väide	Hinnang <sup>a</sup>				
	1	2	3	4	5
<b>Ülesanne 1 – Mänguga tutvumine</b>					
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv		1	2	1	
Ülesanne on õpilasele jõukohane		1	1	2	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud		1	2	1	
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust		1		3	
Ülesanne tekitab õpilases selle arvutimängu vastu huvi			1	3	
<b>Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus</b>					
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale <sup>b</sup>					1
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele <sup>b</sup>					1
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast <sup>b</sup>					1
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv		1	1	2	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud			2	2	
Ülesanne on õpilasele jõukohane			2	2	
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa				4	
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses			2	2	
<b>Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ning Newtoni II seadus</b>					
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale <sup>b</sup>					1
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele <sup>b</sup>					1
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast <sup>b</sup>					1
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv		1	2	1	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud		1	2	1	
Ülesanne on õpilasele jõukohane		1	1	2	
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa			1	3	
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses			1	3	
<b>Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevates asukohtades/punktides</b>					
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale <sup>b</sup>			1		
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele <sup>b</sup>			1		
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast <sup>b</sup>					1
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv		1	2	1	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud			2	2	
Ülesanne on õpilasele jõukohane		1	2	1	
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa				4	
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses			2	2	
<b>Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel</b>					
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale <sup>b</sup>					1
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele <sup>b</sup>					1
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast <sup>b</sup>					1
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv			1	3	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud			2	2	
Ülesanne on õpilasele jõukohane			2	2	
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa				4	
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses				4	
<b>Kogu õppekomplekt</b>					
Õppekomplekt sobib gümnaasiumi taseme 10. klassi kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks <sup>b</sup>					1
Õppekomplekt muudab füüsika õppimist kaasahaaravamaks				1	3
Õppekomplekt seostab hästi teooriat ning reaalsel elu.		1	2	1	
Antud arvutimänguga on võimalik füüsikat populariseerida			3	1	

<sup>a</sup> Hinnang Lickerti skaalal, 1 – „Üldse ei ole nõus“, 2 – „Pigem ei ole nõus“, 3 – „Nii ja naa“, 4 – „Pigem olen nõus“, 5 – „Olen täielikult nõus“<sup>b</sup> Õppekavadega seonduvaid väiteid hindas ainult füüsikaõpetaja.

***Ekspertide poolt õppekomplektile antud hinnangud ning parandusettepanekud***

Nagu tabelist näha, hindasid eksperdid kõiki ülesandeid enamasti väidetega „Pigem olen nõus“ ning „Olen täielikult nõus“.

Esimese ülesande puhul tegid eksperdid ettepanekuid teksti paigutuse ning järjekorra arusaadavamaks muutmiseks, mängus modelleeritud mehikese juhtimise õpetuse viimiseks tekstiformaadist pildiformaati. Füüsikaõpetaja hindas kõiki väiteid vastusega „Olen täielikult nõus“.

Teist ülesannet vastusega „Nii ja naa“ hinnanud ekspert tõi selgituseks, et õpilaste huvid on erinevad ning seetõttu ei saa ülesanne kõigile huvi pakkuda. Ekspert tegi samas ettepanekuid teksti keeleliseks korrigeerimiseks. Füüsikaõpetaja hindas kõiki väiteid vastusega „Olen täielikult nõus“.

Kolmas ülesanne sai ekspertidelt kõige enam parandussoovitusi. Soovitati mängulist osa selgemalt lahti seletada ja tehti soovitusi keelelisteks paranduseks. Üks ekspert arvas, et ülesanne on liiga pikk ja raske ning soovitas seda lihtsamaks teha. Füüsikaõpetaja hindas kõiki väiteid vastusega „Olen täielikult nõus“.

Neljanda ülesande puhul arvas üks ekspert, et siin peab liiga palju arvutama ning mänguline osa jääb liiga lühikeseks. Taas toodi välja arvamus, et õpilaste huvid on erinevad ning kõigile ei saa see ülesanne huvi pakkuda. Soovitati valemid arusaadavamalt vormistada. Väidetele, et ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale ning ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele vastas füüsikaõpetaja „Pigem olen nõus“. Põhjenduseks tõi ta asjaolu, et ülesandes käsitletava valemi õpetamist ei ole gümnaasiumis ette nähtud. Sealjuures tegi ta soovitusi ülesanne siiski õppekomplekti jätta, kuna kõik antud valemi argumendid on gümnaasiumi 10. klassi tasemes kohustuslikus korras õpetatavad

Viiendale ülesandele parandusettepanekuid ei tehtud.

Kogu õppekomplekti hindasid eksperdid kõrgelt. Ekspert, kes valis vastuse „Nii ja naa“, arvas, et kosmos jääb reaalsest elust võrdlemisi kaugemale. Teisalt tõi ekspert välja juba mainitud seisukoha, et kõiki lapsi füüsika ei köidagi ning ei muutu huvitavaks ka tulevikus. Õppekomplekti kiideti, kuna valitud mäng torkas ekspertidele silma just erudeeritust nõudvate toimingute poolest. Üks ekspert võrdles antud õppekomplekti raamatust valemite pähe õppimisega ning avaldas, et käesolev õppekomplekt on efektiivsem. Väidetele, et õppekomplekt sobib gümnaasiumi taseme 10. klassi kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks, andis füüsikaõpetaja hinnangu „Pigem olen nõus“.

Tabel 3. Õpilaste hinnangud õppekomplektile ülesannete kaupa.

Väide	Hinnang <sup>a</sup>					
	1	2	3	4	5	
<b>Ülesanne 1 – Mänguga tutvumine (n=8)<sup>b</sup></b>						
Ülesanne on mulle huvipakkuv			1	1	6	
Ülesanne on mulle jõukohane				4	4	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud			1	1	6	
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust			1	2	5	
Mul tekkis selle arvutimängu vastu huvi			1	2	5	
<b>Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus (n=3)</b>						
Ülesanne on mulle jõukohane					3	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud					3	
Ülesanne on põnev					3	
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.					3	
Arvutimäng aitab mul ülesannetest paremini aru saada					3	
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida					3	
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil					3	
<b>Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ning Newtoni II seadus (n=2)</b>						
Ülesanne on mulle jõukohane					2	
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud					2	
Ülesanne on põnev					2	
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.				1	1	
Arvutimäng aitab mul ülesannetest paremini aru saada					2	
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida				1	1	
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil					2	
<b>Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevates asukohtades/punktides (n=3)</b>						
Ülesanne on mulle jõukohane				1	1	1
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud				1		2
Ülesanne on põnev			1		1	1
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.					2	1
Arvutimäng aitab mul ülesannetest paremini aru saada				1		2
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida		1			2	
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil					1	2
<b>Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel (n=1)</b>						
Ülesanne on mulle jõukohane						1
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud						1
Ülesanne on põnev						1
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.				1		
Arvutimäng aitab mul ülesannetest paremini aru saada						1
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida					1	
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil						

<sup>a</sup> Hinnang Lickerti skaalal, 1 – „Üldse ei ole nõus“, 2 – „Pigem ei ole nõus“, 3 – „Nii ja naa“, 4 – „Pigem olen nõus“, 5 – „Olen täielikult nõus“

<sup>b</sup> Erinevaid ülesandeid lahendas erinev hulk õpilasi, seetõttu on õpilaste arv n toodud iga küsimuse puhul sulgudes välja.

### Õpilaste poolt õppekomplektile antud hinnangud ning parandusettepanekud

Õpilased hindasid esimest ülesannet enamasti väidetega „Pigem olen nõus“ ning „Olen täielikult nõus“, vaid neljal korral vastusega „Nii ja naa“. Kolme väite puhul tegi seda üks ja sama õpilane, kes tõi selgituseks, et füüsika õppimine teda ei huvita. Üks õpilane tegi ettepaneku esimene ülesanne viia interaktiivsesse formaati integreeritult otse KSP keskkonda.

Teine ülesanne oli õpilaste poolt kõige paremini hinnatud ülesanne. Kolm õpilast hindasid kõiki väiteid vastusega „Olen täielikult nõus“. Parandusettepanekuid ei tehtud.

Õpilaste poolt antud hinnangud kolmandale ülesandele jaotusid vastusevariantide „Pigem olen nõus“ ja „Olen täielikult nõus“ vahel. Parandusettepanekuid ei tehtud.

Neljanda ülesande puhul hindas eelpool mainitud õpilane, kes pidas end füüsika õppimisest mitte huvitatud olevaks, väidet, et ülesanne on põnev vastusega „Pigem ei ole nõus“. Väitele „Ma tahan selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida“ andis ta hinnangu „Üldse ei ole nõus“. Antud ülesandele kolmel korral registreeritud hinnang „Nii ja naa“ pärineb samuti sellelt õpilaselt. Väitele „Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil“ valis ta vastusevariandi „Olen täielikult nõus“. Oma vastust ta ei kommenteerinud.

Viendat ülesannet lahendas üks õpilane ning tema vastused jagunesid variantide „Pigem olen nõus“ ning „Olen täielikult nõus“ vahel. Õpilane parandusettepanekuid ei teinud.

## Arutelu

Ekspertide arvamused õppekomplekti kohta küsiti aprillikuu vältel. Erinevate ekspertide hinnangud on koondatud tabelitesse (tabel 2 ja tabel 3). Ekspertide hinnangut ja kommentaare on arvestatud õppekomplekti viimistlemisel ning saadud soovitusi rakendatud ülesannete lihvimisel ning sõnastuse arusaadavamaks muutmisel. Füüsikaõpetaja hindas õppekomplekti mitu nädalat pärast katsetusi esimese kolme eksperdiga. 32 korral hindas ta väiteid vastusega „Olen täielikult nõus“ ning neljal korral „Pigem olen nõus“. Õpilaste antud 103 hinnangust 94. korral valiti vastusevariant kas „Pigem olen nõus“ või „Olen täielikult nõus“.

### *Ülesannetesse viidud parandused*

- Ülesande 1 teksti muudeti lihtsamaks ning arusaadavamaks. Mehikeste navigeerimiseks vajalike klahvide õpetuse kohta tehti joonis, mida täiendab tekst.
- Ülesandele 2 tehti keeleline korrektuur ning liigendati teksti.
- Ülesandele 3 tehti keeleline korrektuur ning liigendati teksti. Mängulise osa juhend muudeti arusaadavamaks.
- Ülesandes 4 vormistati valemid õpilastele sobivamasse formaati.
- Ülesanne 5 täiendavaid parandusi ei vajanud.

Kolmanda ülesande puhul ei lähtunud kommentaarist, et ülesanne on liialt raske ega muudetud ülesannet kergemaks, kuna ülesande läbi teinud kolmest eksperdist viitas probleemile ainult üks. Lisaks sellele said kõik eksperdid ülesannetega hakkama mitte ületades neile antud aega. Samuti käsitleb ülesanne valemeid, mis on gümnaasiumi riiklikus õppekavas ette nähtud.

Neljanda ülesande puhul ei hakatud mängulise osa suurendamist teostama ülesannete mahu vähendamise arvelt, kuna probleemile viitas vaid üks ekspert ning käesoleva töö autor paneb rõhku rohkem õppimisele kui mängimisele.

Õpilastelt tulnud ainus soovitus õppekomplekti täiustamiseks on käesoleva töö autori arvates hea mõte. Paraku on esimese ülesande integreerimine KSP keskkonda ehk interaktiivsesse formaati väga mahukas töö, mistõttu ei hakatud antud töö raames õpilase poolt pakutud ideed teostama.

***Vastused bakalaureusetöös püstitatud uurimusküsimustele***

***Õppekomplekti vastavus gümnaasiumi riiklikule õppekavale.*** Esimene uurimusküsimus sai positiivse tulemuse – välja töötatud õppekomplekt vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale. Gümnaasiumi riiklikku õppekava puudutavatele küsimustele andis füüsikaõpetaja peaaegu kõigile väidetele hinnangu „Olen täielikult nõus“. Neljanda ülesande juures toodud valem küll ei figureeri gümnaasiumi riiklikus õppekavas nõutud materjalide hulgas, kuid õpetaja soovitas selle silmaringi laiendamiseks õppekomplekti jätta, kuna tema hinnangul on valem õpilastele sobiva struktuuriga ning sisaldab neile kohustuslikke argumente.

***Õppekomplekti sobivus gümnaasiumi 10. klassi füüsika kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks.*** Pealkirjaga samanimeline väide füüsikaõpetajale mõeldud küsitlusest sai vastuse „Pigem olen nõus“. Õppekomplekti testiti ainult poiste peal ning käesoleva töö raames õnnestus eksperthinnang saada vaid ühelt füüsikaõpetajalt. Käesoleva töö autor soovib edaspidistes uurimustes testida õppekomplekti ka tüdrukutel, kuna nende lähenemine ülesannete lahendamisele võib poiste omast erineda (Luik, 2004). Antud katsetes osalenud õpilastele õppekomplekt sobis – tähelepanu väärib õpilane, kes väitis, et ta ei taha selle mängu abil füüsikat õppida. Samas tuleb tema vastustest välja, et kui ta siiski peab neid valemuid õppima, valib ta kindlasti käesoleva õppekomplekti. Õppekomplekti katsetamises osalenud valim on aga liialt väike statistiliselt oluliste ning seega paikapanevate järelduste tegemiseks, mistõttu antud andmete põhjal on raske täielikult hinnata õppekomplekti vastavust füüsika kinemaatika ja dünaamika õpetamisel ning seega uurimusküsimus on saanud vaid osalise vastuse.

***Õppekomplekti kaasahaaravus ning põnevus õpilastele.*** Õppekomplekt osutus õpilastele põnevaks ning kaasahaaravaks ning seega sai uurimusküsimus positiivse vastuse. Kaheksast katses osalenud õpilasest neli kirjutasid spontaanselt esimese ülesande (sissejuhatuslik ülesanne, mis õpetab KSP-d mängima) juurde märkuse, et pole varem nii põnevat ja kaasahaaravat arvutimängu mänginud ning see tundub nende jaoks põnev. Mänguline osa meeldis neile väga ning katse käigus oli kuulda nalja tegemist ning naeru. Emotsioonide olulisusele õppimise juures on viidatud ka varasemates töödes (Krull, 1999). Oli näha, et mängides veedetud aeg paelus õpilasi ning nad soovisid KSP-d mängida ka pärast ülesannete lahendamist. Käesoleva töö autor tegi tähelepaneku, et ülesannetele saadud õiged

vastused ning raketidega lendamine tekitasid rõõmu ja elevust. Ka Gibsoni ja John'i tööst tuleb välja, et emotsioonid aitavad mänguga sidestuda (Gibson, s.a.; John, 2010). Pooled katses osalenud õpilastest töid emotsionaaselt välja, et oli hea otsus katses osaleda ning nad pärisid, kust on võimalik KSP-d endale soetada. Eelnev annab alust arvata, et antud õppekomplektil on suur potentsiaal õpetamiseks füüsikat läbi eluliste probleemide mängulises võtmes, mille olulisust on rõhutatud ka varasemates töödes (Guillèn-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012). Antud katses osalenud õpilastele oli õppekomplekt kaasahaarav ning põnevust tekitav.

Luige (2004) doktoritööst tuleb välja, et tütarlaste puhul võib erinevate sisendseadmete kasutamise võimalus parandada nende arvutiga täidetud ülesannete tulemusi. Käesoleva töö raames väljatöötatud õppekomplektis on vastavad võimalused hiirt ning klaviatuuri kasutada spetsiaalselt välja toodud. Samuti viitab ülaltoodud doktoritöö, et tüdrukute ruumiline võimekus võib olla madalam kui poistel. Käesoleva töö autor on nõus, et KSP üks osa on kosmoselendude kolmemõõtmeline simuleerimine ning see nõuab vaimset pingutust just kolmemõõtmeliselt mõeldes. Kuigi käesoleva töö autori hinnangul on mainitud probleemidega seotud õppekomplekti osad arusaadavalt koostatud, oleks antud küsimuste valguses huvitav õppekomplekti katsetada ka tütarlaste peal.

### **Kokkuvõte**

Bakalaureusetööle seatud eesmärk luua aktiivõppepõhine õppekomplekt füüsika õpetamiseks 10. klassile, koostada õpilastele töölehed, mis vastavad gümnaasiumi riiklikule õppekavale ning kontrollida nende sobivust läbi eksperthinnangute, sai täidetud. Ekspertide konstruktiivsed ideed viidi töölehtedesse sisse. Autor näeb Kerbali kosmoseprogrammis väga suurt potentsiaali õpetamiseks füüsikat ning illustreerimaks valemite realiseeritavust praktiliste probleemide lahendamisel. Käesoleva töö autor soovib õppekomplekti katsetada ka tütarlastel ning suurema valimiga.

### **Tänuõnad**

Suured tänud ekspertidele ning õpilastele, kes tegid õppekomplekti läbi ning vastasid küsitlustele. Olgu tänatud Tartu Kivilinna Gümnaasium, kes toetas töö valmimist arvutiklassiga katsete tarvis.

### **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.

**Kasutatud kirjandus**

- Anderson, J., & Barnett M. (2011) Using Video Games to Support Pre-Service Elementary Teachers Learning of Basic Physics Principles. *Science Education and Technology* 20(4), 347–362.
- Baum-Valgma, T., & Šmõreitšik, A. (2010). Aktiivõppe olemus. S. Soidro (Toim), *Aktiivõppe võtted eesti keele ja kultuuri õpetamiseks kutseõppeasutustes* (lk 6–7). Tallinn: OÜ Vali Press.
- Felder, R. M., & Brent, R. (2003) LEARNING BY DOING. *Chemical Engineering Education*, 37(4), 282–283.
- Gibson, J. (s.a.) *Are Video Games Educational?*. Külastatud aadressil [http://www.education.com/magazine/article/Video\\_Games\\_Educational/](http://www.education.com/magazine/article/Video_Games_Educational/)
- Guillén-Nieto, V., & Aleson-Carbonell, M. (2012). Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal!. *Computers & Education* 58(1), 435-448.
- Gümnaasiumi riiklik õppekava. Lisa 4. (2011). Külastatud aadressil [https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1140/1201/1002/VV2\\_lisa4.pdf](https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1140/1201/1002/VV2_lisa4.pdf)
- John, L. S. (2010). 10 Matching Computer Game Genres to Educational Outcomes. *Teaching and Learning With Technology: Beyond Constructivism* 37(214) 214–225.
- Juurak, R. (1999). Aktiivõpe. *Õpetajate leht*, 32, lk 11.
- Kerbal Space Program (2013). *About Kerbal Space Program*. Külastatud aadressil <https://kerbalspaceprogram.com/about.php>
- Krull E. (1999). Aktiiv- ja avastusõppele pole alternatiivi. *Õpetajate leht*, 44, lk 8–lk 9.
- Laane, H. (2012) *Matemaatikamängu koostamine puutetahvlil 5-6-aastastele lastele*. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool.
- Luik, P. (2004) *Õpitarkvara efektiivsed karakteristikud elektrooniliste õpikute ja drillprogrammide korral*. Doktoritöö. Tartu Ülikool

Muehrer, R., Jenson, J., Friedberg, J., & Husain, N. (2012). Challenges and opportunities: using a science-based video game in secondary school settings. *Cultural Studies of Science Education*, 7(4), 783-805.

Oregon State University (2005). *Active Teaching–Active Learning Teaching Techniques and Tools*. Külastatud aadressil <http://extension.oregonstate.edu/catalog/4h/4-h02591.pdf>.

PEGI questionnaire (s.a.) Külastatud aadressil <http://www.pegi.info/en/index/id/1184/media/pdf/235.pdf>

Piret Luik (s.a.) Külastatud aadressil <http://www.ttc.ee/~luik/Praktikud/aktiivope.html>

Püttsepp, U. (2013). *Ülevaade ESTCube-1 missioonist*. Külastatud aadressil <http://teadus.err.ee/artikkel?cat=1&id=8313>.

Reedik, M. (2011). *Loodusained. Valdkonvaraamat gümnaasiumile*. Füüsika. II kursus „Mehaanika“. Külastatud aadressil [http://www.oppekava.ee/images/1/18/II\\_kursus\\_%E2%80%9EMehaanika%E2%80%9C.pdf](http://www.oppekava.ee/images/1/18/II_kursus_%E2%80%9EMehaanika%E2%80%9C.pdf)

Singh J., & Sivaswamy, J. (2009). Creating Educational Game by Authoring Simulations. Esitletud konverentsil *The 17th International Conference on Computers in Education, Hong Kong*. Hong Kong: Asia-Pacific Society for Computers in Education. 703-707.

Squire, K. D. (2008). Video games and education: Designing learning systems for an interactive age. Külastatud aadressil <http://website.education.wisc.edu/kdsquire/tenure-files/02-squire-ed-tech-refchecV3.pdf>

Teistsugune füüsika (s.a.). Külastatud aadressil [http://www.fyüsika.ee/koolidele/oppekavad/g\\_valikkursus\\_II/](http://www.fyüsika.ee/koolidele/oppekavad/g_valikkursus_II/)

Üleuroopaline mänguteabesüsteem PEGI. Külastatud aadressil <http://www.pegi.info/et/index/id/537>

Xie, C., Tinker, R., Tinker, B., Pallant, A., Damelin, D., & Berenfeld, B. (2011). Computational experiments for science education. *Science* 332(6037), 1516-1517.

Yang, J. C., Chien, K. H., & Liu, T. C. (2012). A digital game-based learning system for energy education: an energy conservation pet. *The Turkish Online Journal of Educational Technology* 11(2), 27–37.

# Lisad

## Lisa 1 Ülesanne 1 – Mänguga tutvumine

Tere tulemast Kerbali kosmoseprogrammi, noor maailmaavastaja. Teeme tutvust lõbusa ning samas mahuka võimalusterohke ja põneva arvutimänguga, mille abil on võimalik füüsikat õppida ning oma maailmapilti avardada praktiliste näidete valguses. Täna lahendame ülesandeid kinemaatika ning dünaamika teemadest, mida õpetatakse 10. klassis ning ehk vaatame ka midagi uut. Aga hakkame pihta!

Esmalt, kuna tegemist on mahuka arvutimänguga, teeme väikese sissejuhatus, kus õpime natukene mängu kasutajaliidest tundma. Mängus on modelleeritud välja mõeldud päikesesüsteem ning sinu jaoks on salvestatud kaks päikesesüsteemi, kus ühes tutvume mänguga ning teises lahendame juba ülesandeid.

Vajuta "Start Game" -> "Resume Saved". Leiadki menüü salvestustega. Vali "PÄIKESESÜSTEEM" ning vajuta nuppu "Continue" või tee salvestuse peal topeltklikk.

Jõuad mängu peamenüüsse, kus näed nelja rajatist. Täna on sinu jaoks olulised parapoolantenniga satelliitide juhtimiseksus ning eemal ilutsev rakettide stardiplatvorm.

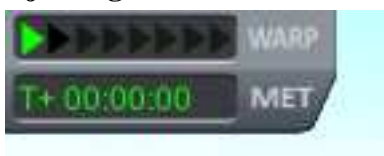


Klikka nüüd satelliitide juhtimiskeskuse peal (pildi peal alumine punakates toonides). Jõuad menüüsse, kus vasemal on sul võimalik valida olemas olevaid satelliite, mis erinevatel orbiitidel tiirlevad. Hetkel on seal neid üks nimega "LENDAV SOLAARIUM". Tee sellel topeltklikk või vali see ühe klikiga ning vajuta all vasakul rohelist raketi ikooniga nuppu. Oota, kuni ekraanile tekib satelliit.

Jõuad raketivaatesse, kus tehaksegi mängu kõige suuremad kangelasteod. Õpetan nüüd mõned trikid, mis mängus väga olulised on.

- **Vajuta klahvile "F5"**. See salvestab mänguseisu. **Hoia klahvi "F9"** alla 2 sekundit. See laeb salvestatud mänguseisu.
- Hoia paremat hiireklahvi all ning liiguta kursorit mööda ekraani. Sama efekti annavad ka klaviatuuri nooleklahvid. Soovitan selle liigutuse käe sisse harjutada.
- Rulli hiire rullikuga, et zoomida.
- Klõbista paar korda **"m" klahvi**. See vahetab raketivaate planetaarvaate vastu ning vastupidi. Planetaarvaade on täpselt nagu raketivaade, aga siin vaadatakse raketti palju-palju kaugemalt. Ka siin toimivad mainitud vaate reguleerimise võtted hiire ja klahvide abil. Erinevalt raketivaatest on siin välja joonistatud rakettide ja satelliitide ning looduslike taevakehade orbiidid, mida mööda need lendavad. Looduslike taevakehade orbiidid on nendega sama värvi, tehiskaaslaste orbiidid on aga sinised.

### Aja kulgemise kiirendamine



Mine nüüd planetaarvaatesse ning rulli ennast hiirega nii kaugele, et sa näeksid korraga tervet päikesesüsteemi. Klõbista kiiresti mitmeid kordi " ." nuppu. On näha, et taevakehad ning satelliit hakkavad kiiremini liikuma. Pane tähele üleval vasemas nurgas väikest ekraani, kus on rohelised

kolmnurgakesed ja kiiresti kulgev aeg. Klõbista nüüd nuppu " , " ning vaata, mis juhtub. Kuna selles mängus on kosmoselende, mis kestavad väga kaua, ongi nuppude " . " ja " , " abil väga mugav aega kiiremini või aeglasemalt kulgema panna. Kõige suurem kiirus on

100000 korda kiirem reaalsusest. Aga ole ettevaatlik, kuna väga suurel kiirusel võid soovitud sihtmärgist kogemata mööda sõita. Seetõttu ma soovitan alati enne aja kiirendamist klahvi "F5" abil mängu seis salvestada. Samuti ei luba mäng väga suuri kiiruseid panna, kui sa oled mõnele taevakehale liiga lähedal. Kiirendatud ajaga võib vaadata raketi/satelliidi lendamist ka raketivaates.

### Satelliidi Kiirus ja kõrgus



Mine nüüd raketivaatesse (klahv „m“) ning silmitse ekraani ülemist keskmist osa. Leiad sealt piltidel toodud ekraani, mis näitab sulle kõrgust taevakeha pinnast, mille ümber sa tiirled või mille kohal sa lendad. Vasemal pildil on satelliit taevakehast 2144 megameetri kaugusel. Paremalt pildil on kaugus aga 68 meetrit. Sinu praegune olukord mängus sobib kokku vasema pildiga.



Kui sa nüüd aga planetaarvaatesse lähed (vasak pilt) ja kursoriga oma satelliidi peale liigud, leiad sealt 3 rida teskti, kus viimane on see sama kõrgus, aga siin on mõõtühikuks meeter. Keskmiselt reaal leiad satelliidi kiiruse ühikuga m/s. Kiirust on võimalik näha ka kompassi pealt raketivaates, mille leiad ekraani keskelt alumisest servast (parem pilt).



### Päikesesüsteem

Kui sul aeg liiga kiiresti kulgeb, pane see nüüd **klahvi** " , " abil normaalseks (põlema jääb ainult üks kolmnurk) – mäng ei luba mitmeid toiminguid kiirendatud aja puhul teha. Vaatame erinevaid taevakehasid harjutamise mõttes. Mine planetaarvaatesse ning tee topeltklikk mõnel taevakehal. Kui vaade liigub pärast klikki nõnda, et taevakeha on ekraani keskel, oled sa selle edukalt valinud. Siis on sul võimalik taevakehale lähemale rullida ning seda vaadata. Vaata tähte ka :)

### Täidame mõned lüngad

Kosmoses puututakse kokku tohutute mõõtmete ja suurte arvudega. Aga ei ole hullu, proovime. Pane tähele, mis mõõtühikuid on küsitud.

Selles päikesesüsteemis on.....planeeti. Tähele kõige lähem planeet asub umbes.....km kaugusel tähest. Kõige kaugem planeet aga umbes.....km kaugusel tähest. Planeedil nimega Jool on....kuud. Kõige kiiremini nendest tiirleb kuu nimega....., mille kiirus on umbes.....m/s.

## Kerbinlased avakosmoses

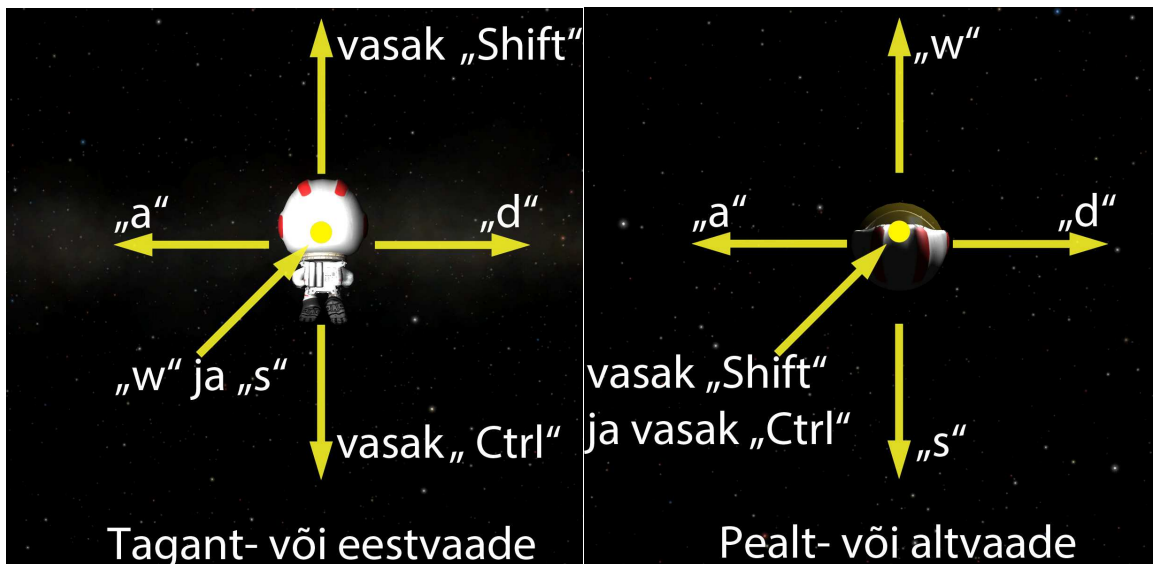


**Kontrolli, et aeg kulgeks normaalselt!** Läheme nüüd kerbinlasega satelliidist välja! Klõbista klahvi „t“ ja vaata samal ajal kompassi. Seal vilgub indikaatorlamp „SAS“, mis tähistab autopilooti. Autopiloot hoiab satelliiti vaataja suhtes paigal. **Vajuta See välja!** Kosmoses manööverdamine nõuab palju vilumust, aga teeme proovi. Keera satelliiti **klahvide „q“ ning „e“** abiga nii, et redeli peale paistaks valgus. Siis sa näed luugist väljuvat mehikest paremini. Kui sa oled saavutanud õige positsiooni, vajuta uuesti **klahvi „t“**, et masin vaatleja ehk sinu suhtes seisma jätta. Salvesta **klahvig „F5“**.

Mine raketivaatesse ja pane tähele mehikese all paremal nurgas. Need on kerbinlased, kes lendasid tähele lähemale päevitama. Kui sa liigud suvalise näo peale, tekib tema juurde kaks nuppu. Vajuta nupul "EVA". Oled avakosmoses.

- Säti vaade nii, et sa näed kerbinlast selja tagant.
- Vajuta klahvi "tühik", et ta masinast lahti laseks ning **klahvi "r"**, et ta oma skafandri mootorid aktiveeriks.
- Hoia paar sekundit all **klahvi "s"**, mille abil kerbinlane satelliidist eemale sõidab. Edaspidises suunas lükkab sind **klahv "w"**.

Ega siin ainult sõnadega ei saagi – neid manöövreid peab harjutama. Mängi paar minutit ning siis läheme arvutuste juurde. Annan lisaks pildid, kus vasemal on mehikene eest- või tagantvaates ja paremal pealt- või altvaates. Nooled tähistavad liikumissuunda ning valges kirjas on toodud klahvid, mis soovitud manöövreid esile kutsuvad. Kollane punkt on suund, mis on ekraaniga risti.



Kui sa tahad veel näha, milline on kosmoselaev seestpoolt, on sul see võimalus. Lae mängu seis **klahviga „F9“**. Kontrolli, et aja kiirus oleks normaalne. Läheme nüüd raketivaatesse oma satelliidi juurde. See kord vali alt paremast nurgast mehikene ning vajuta nupul "IVA". Kui sa nüüd **klahvi "v"** vajutad, saad kerbinlasi vahetada. Ja loomulikult saad parema hiirenupu abil vaadet reguleerida. **Klahv "c"** toob su tagasi raketivaatesse.

**Väljume mängust!** Vajuta klahvi „Esc“. Vali „Space Center“. Alla paremas nurgas on punakas nupuke. Vajuta sellele.

**Lisa 2 Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus****Esmalt teeme arvutusi ning siis kontrollime neid arvutimängus.****Vali endale üks nendest raketidest:**

Esimese võistkonna raketi andmed:

Nimi: 01\_BANAANALIND

Mass  $m=504300$  kgMootori tõukejõud  $F=54000000$  N

Teise võistkonna raketi andmed:

Nimi: 02\_RASVAVARES

Mass  $m=244800$  kgMootori tõukejõud  $F=1500000$  N

Kolmanda võistkonna raketi andmed:

Nimi: 03\_KOOLIBRI

Mass  $m=152905$  kgMootori tõukejõud  $F=1500000$  N

Kerbini planeedil oli raketide ehitamise võistlus ning sind on palutud appi kontrollima, kas võistkondade loodud raketid üleüldse lendu suudavad tõusta või on nad selleks liiga rasked... Start toimub Kerbini planeedil, mille raskuskiirendus maapinnal  $g=9,81$  m/s<sup>2</sup> – täpselt nagu meie koduplaneedil.

**Tee arvutused****NB: arvutuskäigud kirjutage paberile välja.**

Arvuta välja:

- Kui suure kiirenduse annab teoreetiliselt sinu poolt valitud raketimootor raketile?
- Kui suure kiirendusega raketit reaalselt taeva suunas lendab, kui raskuskiirendus mootoritele vastu töötab?

Vihjeks võib öelda, et kui raketi kiirendus on suurem, kui raskuskiirendus, mis hetkel sellele raketile planeedi poolt mõjub, siis suudab raketit ennast planeedist eemale tõugata.

Raketi mootori poolt tekitatud kiirendus  $a = \frac{F}{m}$ ,

kus  $a$  - kiirendus  $\frac{m}{s^2}$ ;

$F$  - jõud N;

$m$  - mass kg.

**Täida lüngad arvutuste järgi**

Kerbini planeedi raskuskiirendus on maapinnal  $9,81$  m/s<sup>2</sup> ning raketi mootor(id) annab/annavad.....meeskonna raketile nimega.....kiirenduse..... m/s<sup>2</sup>. Järelikult see raketit.....reaalse kiirendusega..... m/s<sup>2</sup>.

### Katsetused arvutimängus

Tubli. Algus on hea. Aga alati on soovituslik oma katsetusi kontrollida.



Vajuta "start Game" -> "Resume Saved".– EKSKURSIION. Ning sa jõuad taaskord peamenüüsse. See kord valid rakettide stardiplatvormi, mis on kõige eemal olev ehitis (pildil asub üleval pool). Otsi sealt rakett, mille kohta sa arvutusi tegid - 01\_BANAANALIND, 02\_RASVAVARES või 03\_KOOLIBRI. Vali klikiga sobiv rakett ning vajuta nupul „Fly“. Võid nüüd rahulikult oodata, kuni rakett on laetud.

Seda sa juba tead, et kompassi peal on ekraan, kust saab kiirust vaadata. Tutvustan sulle nüüd vasemat osutit, mis näitab raketimootori(te) tõukejõudu protsentuaalselt.



- Vajuta „**vasakut shift**“ klahvi ning on näha, kuidas osuti tõuseb. Säti see maksimaalseks, et mootorid töötaks nõnda, nagu oli arvutustes.
- Vajuta „**t**“ klahvi. See lülitab käima autopiloodi, mis aitab raketil otse lennata juhul, kui see rakett üldse lennuvõimeline on.
- Ja nüüd vajuta „**tühiku**“ klahvi ja vaata, mis juhtub. Kui sulle sattus rakett, mis ei lenda nii, nagu sulle meeldiks, võid vajutada „esc“. Sealt edasi vali „End Flight“ ja „Restart flight“ Head (õhku) lendamist :)!

### Täida lüngad katsetulemuse järgi

Minu arvutused ja katsetulemused.....omavahel kokku.

**Lisa 3 Ülesanne 3 - Gravitatsiooniseadus ja Newtoni II seadus****Esmalt teeme arvutusi ning siis kontrollime neid arvutimängus.**

Selles ülesandes on olukord, kus rakett ei stardi mitte maapinnalt, vaid hoopis 1080 km kõrguselt. See on juhtum, kus rakett koosneb kahest osast. Sellist raketti kutsutakse kaheastmeliseks raketiks. Esimene aste koosneb tavaliselt suurtest mootoritest, mis annavad raketile piisava kiiruse ja kõrguse. Kui teise astme kütus on otsas, lastakse see primaarse raketi küljest lahti ning see kukub planeedile tagasi.

Kirjeldan probleemi. Kerbini nooremteadurid ehitasid naistepäevaks kaheastmelise raketi, et selle abil ühe teise planeedi teaduskeskusesse tuhandeid roose läkitada. Rakett koosneb kahest faasist. Esimeses faasis on suured mootorid ning teises nõrgem mootor. Esimene faas suudab raketile anda piisava kiiruse, et see planeedi pinnalt otse ülesse 1080 km kõrgusele maapinnast lendaks. Esimene faas lastakse lahti ning see kukub planeedile tagasi. 1080 km kõrgusel käivitatakse teine mootor, mis on nõrgem, aga töötab palju kauem.

**Algandmed**

Raketi teise faasi ehk peamise mooduli mass koos nõrgema mootoriga pärast suurte mootorite lahti laskmist on 34700 kg;

Kerbini planeedi raadius: 600000 m;

Kerbini planeedi mass:  $5,29 \cdot 10^{22}$  kg;

gravitatsioonikonstant:  $G = 6.7 \cdot 10^{-11}$  N\*m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>;

Selleks, et leida raketi ning planeedi massikeskmete vahelist kaugust  $r$ , tuleb kokku liita planeedi raadius ning ekraanilt loetud kõrgus merepinnast;

väiksema mootori tõukejõud: 60000 N.

**Tee arvutused****NB: arvutuskäigud kirjuta paberile välja.**

Arvuta välja:

- Kui suure jõuga tõmbab planeet 34700 kg massiga raketti enda poole tagasi 1080 km kõrgusel?
- Kas raketimootori 60000 N suurune tõukejõud on piisav, et rakett 1080 km kõrgusel planeedist eemale tõugata?
- Kui suur on raskuskiirendus 1080 km ehk 1080000 m kõrgusel? Külgetõmbejõu saad teada gravitatsioonijõu valemist ning raketi mass on antud.

Gravitatsioonijõud  $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ ,

kus  $F$  - gravitatsioonijõudjõud N;

$G$  - gravitatsioonikonstant  $\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ ;

$m_1$  - planeedi mass Kg ;

$m_2$  - raketi mass Kg ;

$r$  - kehade vaheline kaugus m.

Kusjuures  $r$  leidmiseks tuleb sul liita planeedi raadius ning kõrgus maapinnast

Raskuskiirendus  $g = \frac{F}{m}$ ,

kus  $g$  - raskuskiirendus  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;

$F$  - gravitatsioonijõud N;

$m$  - raketi mass kg.

Kui vastus on käes, siis on super. Kasutame Newtoni II seadust.

### Täida lüngad arvutuste järgi

Kui rakett on jõudnud 1080 km kõrgusele, siis planeet Kerbin tõmbab seda alla tagasi jõuga.....N Kas rakett suudab ennast planeedist eemale tõugata 1080 km kõrgusel, kui mootori tõukejõud on 60 000 N?.....1080000 m kõrgusel mõjub 34700 kg raketile raskuskiirendus.....m/s<sup>2</sup>.

### Katsetused arvutimängus

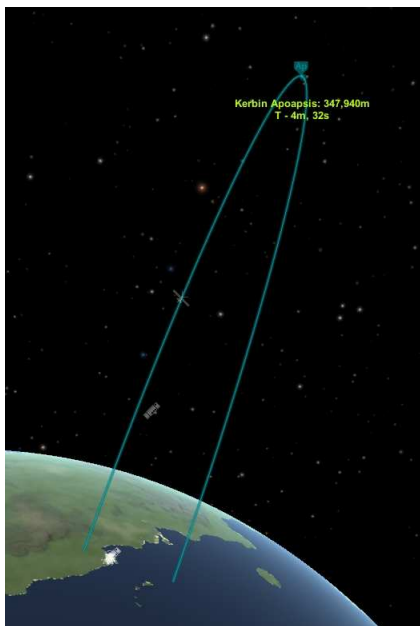


Vajuta "start Game" -> "Resume Saved". – EKSKURSIION. Ning sa jõud taaskord peamenüüsse. See kord valid raketite stardiplatvormi, mis on kõige eemal olev ehitis (pildil asub üleval pool). Lae esimeses ülesandes tutvustatud raketiplatvormist rakett 04\_LILLEKULLER1080. Selleks vali klikiga sobiv rakett ning vajuta nupul „Fly“. Võid nüüd rahulikult oodata, kuni rakett on laetud.

Seda sa juba tead, et kompassi peal on ekraan, kust saab kiirust vaadata. Tutvustan sulle nüüd vasemat osutit, mis näitab raketimootori(te) tõukejõudu protsentuaalselt.



- Vajuta „vasakut shift“ klahvi ning on näha, kuidas osuti tõuseb. Säti see maksimaalseks, et mootorid töötaks nõnda, nagu oli arvutustes.
- Vajuta „t“ klahvi. See lülitab käima autopiloodi, mis aitab raketil otse lennata.
- Ja nüüd vajuta „tühiku“ klahvi ja vaata, mis juhtub. Head lendamist :)!
- Klõbista klahvi „m“ abil sõidu ajal raketivaate ning planetaarvaate vahel.



Leia ülesse oma raketi muutuv sinine trajektoor. Algul on see väike, aga paari minutiga hakkab see arenema sarnaseks, nagu on antud pildil. Joonel on punkt „Ap“, mis tähistab maksimaalselt kõrgust, kuhu rakett ajahetkel paiskuda suudab oma kineetilise energia arvelt. Kuna mootorid annavad kineetilist energiat aina juurde, siis

trajektoor ning maksimaalne kõrgus on pidevas muutuses. Kui sa liigud „Ap“ peale, kuvatakse infot kahel tekstireal, millest esimene on kõrgus meetrites ning teine on aeg, mis raketil kulub, et sinna punkti lennata.

- Umbes 100 km ehk 100000 m kõrgusel saab esimese faasi kütus otsa. **NB: Järgi nüüd täpseid juhiseid, et katse korraldus sooritada!** Mine nüüd raketivaatesse ning vajuta ja hoi a all, „**vasakut ctrl**“ klahvi, mille abiga sa vajutad mootorite tõukejõu välja (vaata osutit kompassist vasemal). **Pärast seda salvesta klahviga „F5“.**
- Vajuta „**tühiku**“ klahvi – raketi esimene aste visatakse peamise süsteemi küljest lahti.
- Vajuta veel „**tühiku**“ klahvi. Nüüd aktiveeritakse väike 60000 N mootor (aktiveerimine tähendab, et see on töövalmis, aga veel ei tõuka). See on selleks, et pardakompuuter saaks arvutusi teha, mida sul kohe vaja läheb. **NB – ära mootorit reaalselt tõukama pane, see rikub katse ära.**
- Las nüüd raketil lendab. Loe rahulikult, kuni tuleb korraldus mägnu seis laadida. Oma arvutiekraanilt leiad väikese ekraani „Vessel Information“, mis kuvab sinu raketi

Vessel Information	
Untitled Space Craft	
Prelaunch	
G-force:	0.99 gees
Parts:	12
Total mass:	36.6 tons
Resource mass:	24.0 tons
Throttle:	0%
Thrust (curr/max):	0.0 / 1500.0 kN
T:W (curr/max):	0.00 / 4.18
Max T:W @ surface:	4.19

kohta erinevat infot (pildil olevad andmed ei käi sinu raketi kohta). Antud ülesandes huvitab meid alt teine rida „T:W (curr/max):“. Tegemist on suhtarvuga, kus raketi moototi(te) tõukejõud on jagatud raketi kaaluga, mis oleneb raketi massist ning raskuskiirendusest antud kõrgusel. Kui see arv on suurem kui 1, suudab raket ennast planeedi gravitatsiooniväljast lahti rebida. Meid huvitab kaldkriipsust **parempoolne** arv arv , (pildi peal punane joon all), näitab võimalikku maksimaalset suhet juhul kui mootorite tõukejõud on maksimaalne.

Orbital Information	
Primary:	Kerbin <input type="checkbox"/>
Altitude (ASL):	79.72m
Altitude (true):	11.40m
Velocity:	174.54m/s
Apoapsis:	79.72m
Time to Ap:	00h 09m 11.6s
Periapsis:	-598.44km
Time to Pe:	00h 04m 35.8s
Inclination:	0.1027°
Gravity:	9.80m/s²
<input type="checkbox"/> Extended info	

Pardakompuutri infoaknas „Orbitan Information“ huvitab meid kõige viimane rida „Gravity“. Tegemist on raskuskiirendusega antud kõrgusel.

S

- Tutvu tabeli ning lütkadega – sul on tarvis kõrguse tõustes jooksvalt andmeid üles märkima hakata. Kui sa märkasid, läheb maksimaalsele kõrgusele lendamiseks üle 15 minuti. Vana hea ajakiirendus on abiks :) Sinu raketil on lugemise ajal päris palju ülesse lennanud. Lae oma salvestatud olukord hoides 2 sekundit **klahvi „F9“** ning head lendamist.

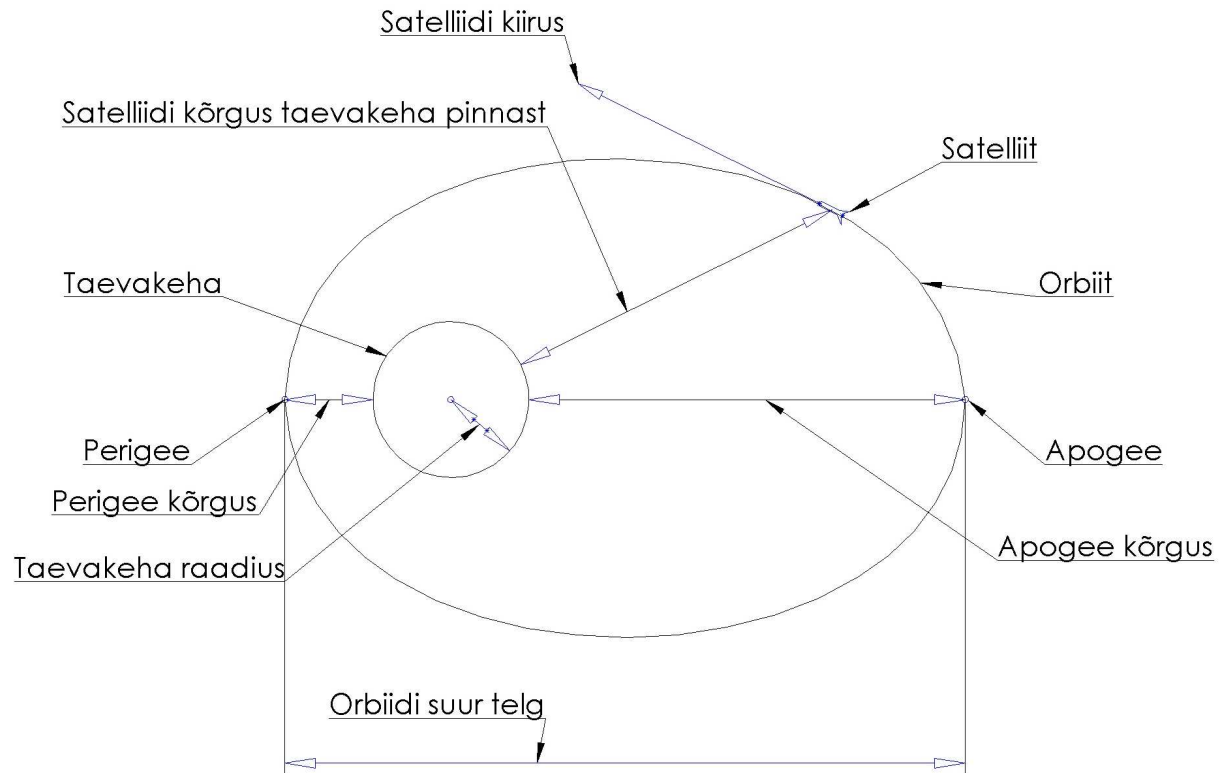
**Täida lüngad ja tabel katsetulemuste järgi**

Kõrgus m	Tõukejõu ja kaalu suhe „T:W (curr/max) kaldkriipsust parempoolne väärtus:“	Raskuskiirendus „Gravity“ m/s <sup>2</sup>
500000		
830000		
<small>Sinu maksimaalne saavutatud kõrgus</small>		

Tabelis olevate „T:W (curr/max):“ väärtuste järgi võib väita, et rakett.....  
 .....planeedi gravitatsioonist välja rebida.  
 Vaatlushinnangute järgi saan väita, et minu välja arvutatud raskuskiirenduse väärtus 1080 km  
 kõrgusel.....kokku katsetulemustega.

**Lisa 4 Ülesanne 4 - Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevatel kõrgustel****Esmalt teeme arvutusi ning siis kontrollime neid arvutimängus.**

Selles ülesandes me õpime tundma valemit, mille abil saab arvutada satelliidi kiirust orbiidi erinevatel kõrgustel taevakeha pinnast. Vahet pole, millise taevakeha ümber see ka ei tiirleks. Tutvume tähtsate orbitaalmehaanika mõistetega perigee ning apogee. Pildil on näha, kuidas satelliit tiirleb ümber taevakeha. Olgu selleks Kerbin. On näha, et perigee on orbiidi kõige madalam punkt, kus satelliit on planeedile kõige lähemal. Apogee seevastu on kõige kaugem. Elliptilisel orbiidil on satelliidi kiirus pidevas muutuses. Igal kõrgusel on see erinev.

**Algandmed**

- 1) perigee kõrgus = 125 km
  - 2) apogee kõrgus = 80000 km
  - 3) sinu valitud kõrgus = sinu valitud suvaline kõrgus
- Kerbini mass:  $5,29 \cdot 10^{22}$  kg;  
 Kerbini raadius 600000 m;  
 Gravitatsioonikonstant:  $G = 6.7 \cdot 10^{-11}$  N\*m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>;

**Tee arvutused****NB: arvutuskäigud kirjuta paberile välja.**

- Leia satelliidi kiirus kõrgusel 125000 m.
- Leia satelliidi kiirus kõrgusel 80000000 m.
- Leia satelliidi kiirus suvalisel enda poolt valitud kõrgusel x. Siinjuures on tingimuseks, et  $125000 < x < 80000000$ .

$$\text{satelliidi kiirus } V = \sqrt{M \cdot G \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)},$$

kus  $V$  – satelliidi kiirus orbiidil m/s;  
 $M$  – taevakeha mass, mille ümber satelliit tiirleb kg;  
 $G$  – gravitatsioonikonstant  $N \cdot m^2 / kg^2$ ;  
 $r$  – satelliidi ning taevakeha massikeskmete omavaheline kaugus m;  
 $a$  – elliptilise orbiidi suure pooltelje pikkus m.

Abistavad valemid:

$$a = \frac{\text{apogee} + \text{perigee} + 2 \cdot \text{raadius}_{\text{planeet}}}{2}$$

$$r = \text{kõrgus} + \text{raadius}_{\text{planeet}}$$

**Täida lüngad arvutuste järgi**

125 km kõrgusel on satelliidi kiirus.....m/s ehk.....km/s. 80000 km kõrgusel on seadeldise kiirus vastavalt.....m/s ehk.....km/s. Minu valitud kõrgusel.....km on satelliidi kiirus.....m/s ehk.....km/s. Perigees on kiirus.....kui apogees.

**Katsetused arvutimängus**

Vajuta "start Game" -> "Resume Saved". – EKSKURSION. Ning sa jõuad taaskord peamenüüsse. See kord vali satelliitide juhtimiskeskus (pildil asub esiplaanil). Otsi sealt satelliit KERAKEERUTAJA. Vali see klikiga ning vajuta nupul „Fly“. Võid nüüd rahulikult oodata, kuni satelliit on laetud.

Nüüd on lihtne. Varem õpitud aja kiirenduse abil on sul võimalik sõita mööda suurt orbiiti ning kontrollida kiiruseid sobivatel kõrgustel. Proovi nii raketivaates kui planetaarvaates. **Klahvid „ , „ ja „ . “** on abiks. Kõrguseid on sul võimalik vaadata raketivaates või planetaarvaates ekraani ülemises keskmises osas või planetaarvaates liikudes kursoriga satelliidi peale. Jõudu ja naudi vaateid :)

**Täida lüngad reaalse katse järgi**

KERAKEERUTAJA kiirus kõrgusel 125 km on.....m/s ehk.....km/s.. 80000 km kõrgusel on satelliidi reaalne kiirus.....m/s ehk.....km/s. Minu poolt valitud kõrgusel on satelliidi reaalne kiirus.....m/s ehk.....km/s. Perigees on kiirus.....kui apogees. Minu poolt valitud kõrgust esineb ühe orbiidi ehk täisringi jooksul.....korda.

**Lisa 5 Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel****Esmalt teeme arvutusi ning siis kontrollime neid arvutimängus.**

Selles ülesandes tahame me teada saada kui kõrgele hüppab kerbinlane Maast umbes 200 korda väiksema massiga asteroidi peal. Kui mõtlema hakata, siis mida loogika ütleb?

Aga teadlane kontrollib oma oletusi teaduslike vahenditega, seega teeme ka arvutusi. Et inimesed on piiratud olendid, teevad nad keerulistest asjadest mudeleid ning lihtsustusi. Teeme meiegi lihtsustuse ning ütleme, et vahet pole, kui suur on raskuskiirendus ning kui tugevad on kerbinlase jalalihased, olgu tema maapinnalt ülesse hüppamise kiirus alati 3,25 m/s. Nõnda kõigis ülesannetes täna.

Kerbinlane jalutab mööda asteroidi pinda ning leiab suure kivi, mis tundub talle, et on viiekordse maja gabariitidega ja kõrgusega. Nooremapoolne kosmonaut on krutskeid täis ning otsustab selle otsa hüpata.

**Algandmed.**

Ütleme, et üks korrus on 0,003 km kõrge.

Kosmonaut hüppab maapinnalt lahti algkiirusega 3,25 m/s.

Oma hüppe maksimumkõrguse saavutab ta 110 s pärast hüppamist.

Asteroidi raskuskiirendus on 0,03 m/s<sup>2</sup>.

**Tee arvutused**

**NB: arvutuskäigud kirjuta paberile välja.**

- Arvuta saadud andmete abil välja, kui kõrgele kerbinlane hüppab.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2},$$

kus  $x$  - kõrgus ajahetkel , mis on sulle antud m;

$x_0$  - algkõrgus m;

$v_0$  - hüppe algkiirus m/s;

$t$  - aeg, millest sõltub kerbinlase kõrgus s;

$g$  - asteroid Gilly raskuskiirendus  $\frac{m}{s^2}$ .

**Täida lüngad arvutuste järgi**

Kerbinlane hüppab algkiirusega 3,25 m/s ning kui hüpe on kestnud 110 s, on ta jõudnud.....m kõrgusele. Järelikult, kui ta soovib viiekordse maja kõrguse kivi otsa hüpata, mille kõrgus on.....m, siis.....

### Katsetused arvutimängus



Vajuta "start Game" -> "Resume Saved". – EKSKURSIION. Ning sa jõuad taaskord peamenüüsse. See kord vali satelliitide juhtimiskeskus (pildil asub esiplaanil). Otsi sealt satelliit LUTSUKIVI. Vali see klikiga ning vajuta nupul „Fly“. Võid nüüd rahulikult oodata, kuni satelliit on laetud.

- Leiad ennast tuttavast olukorrast. Pead kerbinlasega kosmosemasinast välja saama ning kahe jalaga maa peale jõudma. Kasuta spikrilehte, et vaadata, milliseid klahve on soovitud manöövrile tarvis vaja.
- Kui oled kahe jalaga maa peal, pane kirja oma praegune kõrgus  $x_0$  ning anna aga tuld. Uuri välja, kui kõrgele ta hüppab. Hüpe käib klahviga „**tühik**“.

### Täida lüngad reaalse katse järgi

Katses hüppas kerbinlane realselt.....m kõrgusele. Katsetulemused ning arvutused.....omavahel kokku.

**Lisa 6 Tööleht õppeprogrammi jaoks õpetajatele**

Kinemaatikat ning dünaamikat õpetav Kerbali kosmoseprogrammi õppekomplekt koosneb kahest ülesandest. Esimene, kohustuslik, õpetab arvutimängu mängima ning annab ülevaate päikesesüsteemi mõõtmetest. Teine ülesanne on valikuline. Valikülesandeid on 4 ning need käsitlevad allpool välja toodud valemid – (raskus)kiirendus, gravitatsioonijõud ning keha asukoht sõltuvalt ajast ning (raskus)kiirendusest. Lisaks käsitletakse ühte valemit, mida gümnaasiumi tasemes ei õpetata – satelliidi kiirus elliptilise orbiidi erinevates punktides.

Enne ülesannete lahendamist Kerbali kosmoseprogrammi abil on soovitatav õpilastega koos meelde tuletada:

- õpitud ning allpool välja toodud valemid.
- taskuarvuti abil astmetega arvutamine.
- valemites õigete mõõtühikute kasutamise.
- mõõtühikute teisendamised.
- eesliited – õppekomplektis tuleb tegemist pikkuse variatsioonidega, kus vahemaad on 2 Tm ümbruses ning neid on vaja km teisendada. Samuti on arvutimängus esitatud väga pikad vahemaad lihtsalt meetrites. Näiteks 50,000,000,000 m.

Soovitage õpilastel taskuarvutid kaasa võtta õppekomplektiga õppimise päevaks.

Raketi mootori poolt tekitatud kiirendus  $a = \frac{F}{m}$ ,

kus  $a$  - kiirendus  $\frac{m}{s^2}$ ;

$F$  - jõud N;

$m$  - mass kg.

Gravitatsioonijõud  $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ ,

kus  $F$  - gravitatsioonijõudjõud N;

$G$  - gravitatsioonikonstant  $\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$ ;

$m_1$  - planeedi mass Kg ;

$m_2$  - raketi mass Kg ;

$r$  - kehade vaheline kaugus m.

Kusjuures  $r$  leidmiseks tuleb sul liita planeedi raadius ning kõrgus maapinnast

satelliidi kiirus  $V = \sqrt{M \cdot G \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$ ,

kus  $V$  – satelliidi kiirus orbiidil m/s;

$M$  – taevakeha mass, mille ümber satelliit tiirleb kg;

$G$  – gravitatsioonikonstant  $N \cdot m^2 / kg^2$ ;

$r$  – satelliidi ning taevakeha massikeskmete omavaheline kaugus m;

$a$  – elliptilise orbiidi suure pooltelje pikkus m.

Abistavad valemid satelliidi kiiruse määramiseks orbiidi eripunktides:

$$a = \frac{\text{apogee} + \text{perigee} + 2 \cdot \text{planeedi}_{\text{raadius}}}{2}$$

$$r = \text{kõrgus} + \text{planeedi}_{\text{raadius}}$$

$$x = x_0 + v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2},$$

kus  $x$  - kõrgus ajahetkel, mis on sulle antud m;

$x_0$  - algkõrgus m;

$v_0$  - hüppe algkiirus m/s;

$t$  - aeg, millest sõltub kerbinlase kõrgus s;

$g$  - asteroid Gilly raskuskiirendus  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Pärast õppekomplekti läbimist võib õpilastega arutada:

- Kas ülesanded tulid välja ning kas nad said targemaks?
- Kuidas muutub raskuskiirendus kõrguse/kauguse muutumisega? Vihje – raskuskiirendus väheneb.
- Kui rakett on liiga raske, kas siis vähendada selle massi või suurendada mootorite tõukejõudu? Vihje – see on suhteline.
- Miks tehakse mitmeastmelisi rakette? Vihje – jõud, millega on vaja planeedi pinnalt üles tõusmiseks ning läbi atmosfääri lendamiseks on palju suurem, kui juba orbiidil lennates vaja läheb. Orbiidil lennates on võimalik kasutada nõrgema tõukejõuga kuid efektiivsemaid mootoreid. Seetõttu vistakse võimsad mootorid planeedile tagasi.
- Kui suur on Kerbali kosmoseprogrammi päikesesüsteem ning kui suur on meie oma? Vihje – lapsed leiavad mängumailma info oma töölehtedest.
- Kas kiiremini kulgevad tähele lähemal olevad planeedid või hoopis kaugemad? Vihje – tähele lähemal tiirlevad planeedid liiguvad mööda orbiiti kiiremini.
- Kui suuri raskusi me suudame tõsta erinevatel taevakehadel? Vihje – kaalu valem.
- Kas planeetide vahelistel lendudel on olulisem mootorite tõukejõud või kasutegur? Vihje – kui orbiit on ümber taevakeha saavutatud ning kiirendamiseks on palju aega (näiteks aasta aega), siis on mõistlik valida võimalikult efektiivne mootor.
- Miks ümber planeedi tiirlev satelliit alla ei kuku? Vihje – see lendab nii suure kiirusega, et nn kukub planeedist mööda.
- Kummale taevakehale on lihtsam maanduda – kas atmosfääriga või ilma atmosfääriga taevakehale? Miks? Aga kummalt on lihtsam ära lennata? Vihje – atmosfäär pidurdab liikuvat objekti – seega maandudest on see hea ning planeedilt lahkudes paha.

**Lisa 7 Küsitlus esimesele kolmele eksperdile**

Tere!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaal- ja Haridusteaduskonna kolmanda aasta üliõpilane ning teen oma lõputööd teemal „Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt fümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks“. Olen Teile väga tänulik, kui aitate kaasa minu uurimustöö valmimisele, vastates käesolevale küsitlusele. Vastamine on anonüümne ning võtab aega 10 kuni 15 minutit.

Ette tänades,

Mihkel Väljaots

Palun hinnata väidet nubriliselt, kus 1 tähendab „Üldse ei ole nõus“ ning 5 tähendab „Olen täielikult nõus“

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

**Ülesanne 1 – Arvutimänguga tutvumine**

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust.						
Ülesanne tekitab õpilases selle arvutimängu vastu huvi.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus**

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ja Newtoni II seadus**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevates punktides**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Õppekomplekti terviklik hinnag**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Õppekomplekt muudab füüsika õppimist kaasahaaravamaks.						
Õppekomplekt seostab hästi teooriat ning reaalsel elu.						
Antud arvutimänguga on võimalik füüsikat populariseerida.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid õppekomplekti parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Lisa 8 Küsitlus füüsikaõpetajale**

Tere!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaal- ja Haridusteaduskonna kolmanda aasta üliõpilane ning teen oma lõputööd teemal „Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt fümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks“. Olen Teile väga tänulik, kui aitate kaasa minu uurimustöö valmimisele, vastates käesolevale küsitlusele. Vastamine on anonüümne ning võtab aega 10 kuni 15 minutit.

Ette tänades,

Mihkel Väljaots

Palun hinnata väidet nubriliselt, kus 1 tähendab „Üldse ei ole nõus“ ning 5 tähendab „Olen täielikult nõus“

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

**Ülesanne 1 – Arvutimänguga tutvumine**

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust.						
Ülesanne tekitab õpilases selle arvutimängu vastu huvi.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

## Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale.						
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele.						
Ülesanne lähtub aktiivõppe meetodikast.						
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

### Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ja Newtoni II seadus

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale.						
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele.						
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast.						
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevates punktides**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale.						
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele.						
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast.						
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne vastab gümnaasiumi riiklikule õppekavale.						
Ülesanne vastab loodusainete gümnaasiumi valdkonnaraamatu 10. klassi füüsika teemadele.						
Ülesanne lähtub aktiivõppe metoodikast.						
Ülesanne on õpilasele huvipakkuv.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on õpilasele jõukohane.						
Arvutimäng demonstreerib hästi ülesandes lahendatud teoreetilist osa.						
Arvutimäng näitab ilmekalt ülesandes käsitletud valemite vajalikkust reaalsuses.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Õppekomplekti terviklik hinnag**

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Õppekomplekt sobib gümnaasiumi taseme 10. klassi kinemaatika ja dünaamika õpetamiseks.						
Õppekomplekt muudab füüsika õppimist kaasahaaravamaks.						
Õppekomplekt seostab hästi teooriat ning reaalsel elu.						
Antud arvutimänguga on võimalik füüsikat populariseerida.						

Kui Teil on ideid ning ettepanekuid õppekomplekti parendamiseks, saate need kirjutada siia:

**Lisa 9 Küsitlused õpilastele**

Tere!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaal- ja Haridusteaduskonna kolmanda aasta üliõpilane ning teen oma lõputööd teemal „Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt fümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks“. Olen Teile väga tänulik, kui aitate kaasa minu uurimustöö valmimisele, vastates käesolevale küsitlusele. Vastamine on anonüümne ning võtab aega 5 minutit.

Ette tänades,

Mihkel Väljaots

Palun hinnata väidet nubriliselt, kus 1 tähendab „Üldse ei ole nõus“ ning 5 tähendab „Olen täielikult nõus“

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

**Ülesanne 1 – Arvutimänguga tutvumine**

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne on mulle huvipakkuv.						
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust.						
Mul tekkis selle arvutimängu vastu huvi.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

## Ülesanne 2 – Raketi start ja Newtoni II seadus

- 1 – Üldse ei ole nõus
- 2 – Pigem ei ole nõus
- 3 – Nii ja naa
- 4 – Pigem olen nõus
- 5 – Olen täielikult nõus

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on põnev.						
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.						
Arvutimäng aitas mul ülesannetest paremini aru saada						
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida.						
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

Tere!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaal- ja Haridusteaduskonna kolmanda aasta üliõpilane ning teen oma lõputööd teemal „Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt fümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks“. Olen Teile väga tänulik, kui aitate kaasa minu uurimustöö valmimisele, vastates käesolevale küsitlusele. Vastamine on anonüümne ning võtab aega 5 minutit.

Ette tänades,

Mihkel Väljaots

Palun hinnata väidet nubriliselt, kus 1 tähendab „Üldse ei ole nõus“ ning 5 tähendab „Olen täielikult nõus“

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

### Ülesanne 1 – Arvutimänguga tutvumine

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne on mulle huvipakkuv.						
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust.						
Mul tekkis selle arvutimängu vastu huvi.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

**Ülesanne 3 – Gravitatsiooniseadus ja Newtoni II seadus**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on põnev.						
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.						
Arvutimäng aitas mul ülesannetest paremini aru saada						
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida.						
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

Tere!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaal- ja Haridusteaduskonna kolmanda aasta üliõpilane ning teen oma lõputööd teemal „Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt fümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks“. Olen Teile väga tänulik, kui aitate kaasa minu uurimustöö valmimisele, vastates käesolevale küsitlusele. Vastamine on anonüümne ning võtab aega 5 minutit.

Ette tänades,

Mihkel Väljaots

Palun hinnata väidet nubriliselt, kus 1 tähendab „Üldse ei ole nõus“ ning 5 tähendab „Olen täielikult nõus“

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

### Ülesanne 1 – Arvutimänguga tutvumine

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne on mulle huvipakkuv.						
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust.						
Mul tekkis selle arvutimängu vastu huvi.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

**Ülesanne 4 – Satelliidi kiirused elliptilise orbiidi erinevates punktides**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on põnev.						
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.						
Arvutimäng aitas mul ülesannetest paremini aru saada						
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida.						
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

Tere!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaal- ja Haridusteaduskonna kolmanda aasta üliõpilane ning teen oma lõputööd teemal „Arvutimängul põhinev füüsika aktiivõppekomplekt fümnaasiumiastme füüsika II kursuse kinemaatika ja dünaamika osa käsitlemiseks“. Olen Teile väga tänulik, kui aitate kaasa minu uurimustöö valmimisele, vastates käesolevale küsitlusele. Vastamine on anonüümne ning võtab aega 5 minutit.

Ette tänades,

Mihkel Väljaots

Palun hinnata väidet nubriliselt, kus 1 tähendab „Üldse ei ole nõus“ ning 5 tähendab „Olen täielikult nõus“

1 – Üldse ei ole nõus

2 – Pigem ei ole nõus

3 – Nii ja naa

4 – Pigem olen nõus

5 – Olen täielikult nõus

### Ülesanne 1 – Arvutimänguga tutvumine

Väide	1	2	3	4	5	Kommentaar
Ülesanne on mulle huvipakkuv.						
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne annab hea ülevaate käsitletud arvutimängust.						
Mul tekkis selle arvutimängu vastu huvi.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

**Ülesanne 5 – Ülesse hüppamine erinevatel taevakehadel**

- 1 – Üldse ei ole nõus  
 2 – Pigem ei ole nõus  
 3 – Nii ja naa  
 4 – Pigem olen nõus  
 5 – Olen täielikult nõus

<b>Väide</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Kommentaar</b>
Ülesanne on mulle jõukohane.						
Tööjuhend on selgelt ja arusaadavalt sõnastatud.						
Ülesanne on põnev.						
Arvutimäng demonstreerib hästi, kuidas antud valemeid reaalsuses kasutada.						
Arvutimäng aitas mul ülesannetest paremini aru saada						
Ma tahaksin selle arvutimängu abil veel füüsikat õppida.						
Kui ma pean neid valemeid õppima, siis võimalusel õpiksin selle arvutimängu abil.						

Kui sul on ideid ning ettepanekuid ülesande parendamiseks, saad need kirjutada siia:

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina Mihkel Väljaots (sünnikuupäev: 04.02.1984)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
ARVUTIMÄNGUL PÕHINEV FÜÜSIKA AKTIIVÖPPEKOMPLEKT GÜMNAASIUMIASTME FÜÜSIKA II  
KURSUSE KINEMAATIKA JA DÜNAAMIKA OSA KÄSITLEMISEKS,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendajad on Heli Lätt ja Mart Noorma

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 17.05.2013