

Füüsika 8. klass

Teema: Valgus ja valguse sirgjooneline levimine. Valguse peegeldumine ja neeldumine.	
Õpitulemused: Õpilane: 1) tunneb erinevaid valgusallikaid; liigitab valgusallikaid nende suuruse ja valguse spektraalse koostise järgi; 2) tunneb valguse sirgjoonelise levimise ja peegeldumise seadust ning konstrueerib nende põhjal optilisi nähtusi selgitavaid jooniseid ja korraldab vastavad katsed; 3) seostab peegeldunud valguse spektrit esemete värvusega.	Õppesisu: Valgus kui energia. Soojuslikud ja külmad valgusallikad. Valguse sirgjooneline levimine. Valgusvihk. Päike, tähed. Liitvalgus ja valguse spekter. Vari ja varjutused. Kuu faasid. Valguse peegeldumine ja neeldumine. Peegeldumisseadus. Tasapeegel, kumer- ja nõguspeeglid. Mattpind. Mustad, valged ja värvilised esemed. Valgusfilter.
Põhimõisted: valge valgus, liht- ja liitvalgus, valguse spekter, valguskiir, punktvalgusallikas, valgusvihk, optiline keskkond, täis- ja poolvari, tasapeegel, mattpind, kumer- ja nõguspeegel, fookus	
Praktilised tööd: - täis- ja poolvarju uurimine; - värvilise valguse uurimine valgusfiltritega; - peegeldumisseaduse uurimine; - tasapeeglis tekkiva kujutise uurimine.	

Teema olulisus:

Valgusõpetuse esimene teema suunab õppija tähelepanu teda ümbritsevasse keskkonda, milles esinevate nähtustega puutub ta kokku iga päev. Märgates ja mõistes valgusnähtuseid looduskeskkonnas, loob see võimaluse nende rakendamiseks tehiskeskkonnas. Teema avab õpilasele valguse levimisega seotud nähtuste füüsikalise sisu ning võimaldab selle kirjeldamisel kasutada lihtsamat geomeetriat ja matemaatikat. Õpilane saab ülevaate nii looduslikest kui tehislimest, soojadest ja külmadest valgusallikatest ning valguse levimisega kaasnevatest nähtustest (nt valguse peegeldumine, neeldumine, varju teke, varjutused, värvused, jne). Valgus- ja energiaallikana väärib eraldi väljatoomist Päike, mis võimaldab elu Maal sellisel kujul, millega me harjunud oleme. Teema läbimisel antakse seni looduskeskkonnas märgatud nähtuste tekkimisele teaduspõhine selgitus. Antud teema annab ülevaate valguse levimise ja ruumide valgustamise põhitõdedest, mis loob seose valgustehniku, valgustaja, fotograafi, ruumidisaini jms erialadega.

Metoodilised soovitused:

Et paremini visualiseerida Päikeselt saabuva valguse peegeldumist atmosfääri, soovitame kasutada NASA animatsioone:
https://svs.gsfc.nasa.gov/10395/#section_credits

Päikeselt tuleva ja Maalt lahkuva energia bilansi kirjeldamiseks on hea kasutada seda kodulehekülge: <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere/energy>. Siin on hea võimalus selgitada juurde, et Päikeselt jõuab Maale peamiselt lühilaineline valgus (sh ultravalgus), Maalt tagasi atmosfääri aga infravalgus (pikema lainepikkusega). Teema juures saab käsitleda ka teisi valgusega kaasnevaid nähtusi nagu peegeldumine ja neeldumine.

Et luua seoseid igapäevaeluga, soovitame õpilastele tutvustada eri tüüpi tehisklikke valgusallikaid (lambipirne) ning rääkida nende plussidest/miinustest. Iga õpilane võiks valida lambi, mida tema oma kodus kasutaks ning oma valikut peaks ta oskama füüsikatunnis omandatud teadmiste abil põhjendada.

Et vältida valguse peegeldumise seaduse omandamist pelgalt teoreetiliselt, tuleks see seadus mitmete erinevate olukordade najal läbi joonestada (kumer- ja nõguspeegel, mattpind, nurkpeegel, periskoop jms), et õpilane oskaks peegeldumisseadust ka rakendada.

Täis- ja poolvarjust rääkides kindlasti sisse tuua varjutuste teema. Selle teema ilmestamiseks sobivad hästi NASA internetilehekülgedel välja toodud varjutuste kaardid: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEatlas/SEatlas.html>

Kuu- ja päikesevarjutuste teema ilmestamiseks soovitame õpilastele näidata internetist (nt youtube) möödunud varjutustest filmitud videoid.

Kuu faaside tekkimise selgitamiseks ja ilmestamiseks saab kasutada arvutisimulatsiooni: <https://astro.unl.edu/naap/lps/animations/lps.html>

Kui koolis on kasutada valgusfiltrid, siis soovitame lasta õpilastel nende tööpõhimõtte (milliseid värvusi neelavad ja läbi lasevad) ise filtreid uurides avastada. Punast ja sinist filtrit kasutades saab uurida ka anaglüüfipilte (internetiotsing *anaglyph* annab mitmesuguseid vasteid, mida õpetaja saab klassis ekraanile kuvada).

Värvuste tajumist on võimalik õpetajal selgitada ja õpilastel uurida arvutisimulatsiooniga: https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_all.html?locale=et

Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise:**Õpilane**

- võrdleb eri tüüpi valgusallikaid ning oskab neid iseloomustada ja kirjeldada (LT 1, 2);
- valib endale sobivaima tehiskliku valgusallika ja põhjendab oma valikut (LT 1, 2, ettevõtlikkuspädevus);
- joonestab valguse leviku (valguskiire käigu) erinevates seadmetes ja pindadel (nurkpeegel, periskoop jt), rakendades valguse levimise seadust (LT 2, õpipädevus);
- viib läbi praktilise töö valguse peegeldumisseaduse ja tasapeeglis tekkiva kujutise uurimiseks, töö alguses püstitab hüpoteesi, kavandab katse selle kontrollimiseks ja teeb katse käigus kogutud andmetest järeldused (LT 1, 2, 3, 5; ettevõtlikkuspädevus);
- kasutab NASA varjutuste kaarti ning kirjeldab seal toodud infot (LT 1, 2, 5);
- joonestab täis- ja poolvarju ning Kuu- ja Päikesevarjutuse tekkimise joonised (LT 2);
- viib läbi praktilise töö täis- ja poolvarju uurimiseks, töö alguses püstitab hüpoteesi(d), kavandab katse nende kontrollimiseks ja teeb katse käigus kogutud andmetest järeldused (LT 1, 2, 4, 5, õpipädevus);
- uurib Kuu faaside tekkimist arvutisimulatsiooni abil ning selgitab selle põhjal nähtuse olemust (LT 1, 2, 4; õpipädevus, digipädevus);
- kasutab värvide nägemist ja valgusfiltrite tööd selgitavat arvutisimulatsiooni ning selgitab selle põhjal valgusfiltrite tööd ning värvide nägemist (LT 1, 2, 4, 5; digipädevus);
- viib läbi praktilise töö valgusfiltritega, milles uurib nende omadusi, katse käigus kogutud andmetest teeb järeldused valgusfiltrite töö kohta (LT 1, 2, 3, 4; ÜP 4, 6)
- arutleb koos kaaslastega, miks on NASA päikesevarjutuste kaartidel varjutuse teekond kõver-, mitte sirgjooneline (LT 1, 2, 3, 4, 5, 6; suhtluspädevus, ettevõtlikkuspädevus).

Lõiming:

geograafia (Maa, Kuu ja Päike, päikesekiirguse jaotumine Maal, pinnavormid)

keemia (keemilised nähtused)

matemaatika (nurgad - geomeetria/joonestamine, kujundi peegeldamine sirgest)

Hindamine:

Teemaga seotud teadmiste, oskuste ja hoiakute hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks.

Võimalikud hindamise objektid on:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõte) ning tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltööd, ülesannete lahendamised, jne).

Oodatavad õpitulemused muudab õpilasele paremini arusaadavaks hindamismudelite kasutamine (Vt näiteid [siit](#)).

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt peegeldumisseaduse rakendamine või varjutuste teke.
2. Praktiline töö peeglitega peegeldumisseaduse uurimiseks.

Tähelepanuks - kontrolltöö ja tunnikontrollide juures soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et töö küsimused seaksid fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Teema õppimise käigus kogutud info õpilase õpitulemuste saavutamise kohta annab õpetajale sisendi kokkuvõtva hinde panekuks.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Värvuste nägemist ja valgusfiltrite tööd simuleeriv mudel: https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_all.html?locale=et

Ekoolikoti kogumiku tööleht värvide nägemise ja valgusfiltrite töö kohta (autor õpetaja Ingrid Rõigas): <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/7517-Valgus-ja-varvid>

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas): https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

Videoõpsi videod: <https://youtu.be/FaUvz9ckl18> (nägemine), <https://youtu.be/rsdnAQAg7HQ?si=IUI8EbE8srLNrj3M> (valgus ja varjud), <https://youtu.be/xOLicFThqbc> (peegeldumine), <https://youtu.be/iphkwx0mhQI> (valge valgus ja värvused) ja <https://youtu.be/Hx2IlANgs3o?si=HH6KlXN8ShkB49Ra> (kujutis)

NASA möödunud ja tulevaste varjutuste kaardid: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEatlas/SEatlas.html>

Kuu faaside animatsioon: <https://astro.unl.edu/naap/lps/animations/lps.html>

NASA animatsioonid Maa energiabilansi kohta: https://svs.gsfc.nasa.gov/10395/#section_credits

Valgusallikate pakenditel olen info ja selle täpsem sisu/tähendus: <https://www.hektor.ee/uudised-nouanded-teated/kuidas-valgusallikat-valida/>

Raamatu "Huvitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>

Teema: Valguse murdumine

Õpitulemused: Õpilane: 1) rakendab valguse murdumise seaduspärasust läätse tööpõhimõtte selgitamiseks ja probleemülesandeid lahendades; 2) seletab fookuse, fookuskauguse ja optilise tugevuse mõistet; 3) tunneb erinevate läätsede omadusi ja seostab kujutiste tekkimist läätsede omadustega; konstrueerib kiirte käiku kumer- ja nõgusläätses, eristab tõelist ja näivat kujutist; 4) selgitab jooniste järgi erinevate optiliste seadmete tööpõhimõtet; 5) selgitab silma kui optilise süsteemi tööpõhimõtet ning lühi- ja kaugnägemise põhjuseid; 6) rakendab probleemülesandeid lahendades seost: $D = \frac{1}{f}$	Õppesisu: Valguse murdumine üleminekul ühest optilisest keskkonnast teise. Täielik peegeldumine. Liitvalguse lahutamine spektriks. Kumer- ja nõguslääts. Tõeline ja näiline kujutis. Silm ja nägemine. Lühi- ja kaugnägelikkus, prillid.
Põhimõisted: valguse murdumine, optiline keskkond, optiline tihedus, langemis- ja murdumisnurk, lääts, fookuskaugus, optiline tugevus, kujutis	
Praktilised tööd: • läätsega tekitatud kujutiste uurimine; • läätse fookuskauguse ja optilise tugevuse määramine; • kumerlääts (luubi) suurenduse uurimine.	

Teema olulisus:

Õpilane tutvub valguse murdumise nähtusega, läätsede tööpõhimõttega ja kujutise mõistega, mis kõik loob eeldused, et selgitada väga suure hulga optiliste seadmete tööpõhimõtet. Õpilane saab ülevaate silma ehitusest ja nägemishäiretest, mis aitab paremini mõista igapäevaelus tekkida võivaid probleeme (lühi- ja kaugnägelikkus) ning võimalikke lahendusi nende probleemide parandamiseks või leevendamiseks. Siin teemas tuleb käsitleda fookuskauguse ja optilise tugevuse pöördvõrdeline seos (ka valem), mis võimaldab luua seoseid matemaatikas õpituga. Lahendatakse ka lihtsamaid probleemülesandeid, mis panevad aluse hilisemate keerukamate probleemide mõistmiseks ja ülesannete lahendamiseks. Antud teema annab ülevaate valguse murdumisel ja läätsede/peeglite tööl põhinevate optiliste seadmete tööpõhimõttest, mis loob seose optiku, optometristi, optilise side operaatori, foto- ja videograafi jms erialadega.

Metoodilised soovitused: Et kinnistada valguse murdumise seaduspärasust ning parandada joonestamisoskust, soovitame läbi teha mitmeid jooniseid, kus tuleb konstrueerida valguse levimine läbi erineva kujuga klaasist kehade. Läätsede teema juures tuleks keskenduda praktilistele näidetele, millega õpilasel on isiklik kokkupuude - silm, prillid, fotoaparaadi objektiiv (suumimine), mikroskoop (koostöö bioloogiaõpetajaga), teleskoop. Fookuskauguse ja optilise tugevuse mõisted on arusaadavamad, kui need seostada näiteks prillides olevate läätsede ja nende tugevusega. Kujutise teema juures soovitame ühendada teooria ja praktika - esmalt tuleks vaadelda kujutise tekkimist ekraanile ning alles seejärel see joonisega konstrueerida. Nii tekib parem seos kujutise jooniste ja nende reaaleluliste rakenduse vahel. Iga joonise puhul tuleks ka kindlasti välja tuua, millise optilise seadme tööd joonis võiks kirjeldada. Valguse murdumist, täpsemalt murdumise seaduspärasust, täielikku sisepeegeldust ja kiirte käiku murdumise/sisepeegeldumise käigus on õpetajal võimalik näidata ja õpilastel iseseisvalt uurida arvutisimulatsiooniga: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html?locale=et Teleskoopidega lähemalt tutvumiseks soovitame külastada Tallinna või Tartu tähetorni või Tartu observatooriumit. Eriala- või karjäärivaliku suunamiseks soovitame külastada õpilastega mõne optometristi kabinetti või kutsuda optometrist kooli oma tööst rääkma.	Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise: Õpilane • joonestab valguskiire murdumise üleminekul ühest optilisest keskkonnast teise ning rakendab seda tehes valguse murdumise seaduspärasust (LT 2); • uurib arvutisimulatsiooni abil valguse murdumist ning sõnastab kogutud info põhjal valguse murdumise seaduspärasuse (LT 1, 2, 4; digipädevus); • joonestab valguskiire läbimineku erineva kujuga klaasist kehade, rakendades seda tehes korrektselt valguse murdumise seaduspärasust (LT 2, 3, 4); • konstrueerib joonised kiirte käigu kohta lühi- ja kaugnägelikkuse korral ning selgitab (samuti joonisega) kuidas neid nägemishäireid prillide abil korrigeeritakse (LT 1, 2, 3, 4, 6); • võrdleb kumer- ja nõgusläätsed ning viib läbi katse, kus uurib, mis juhtub paralleelse valgusvihuga nendes läätsedes (LT 1, 2, 4; õpipädevus); • kasutab fookuskauguse ja optilise tugevuse seost ilmestavat valemit probleemülesannete lahendamiseks (LT 1, 2, 3); • konstrueerib joonised, mis ilmestavad kujutise tekkimist kumerläätses eseme erinevate kauguste korral läätsest (LT 2); • viib läbi praktilise töö, mille käigus ta uurib kumerläätses tekkitatud kujutise omadusi, katse alguses püstitab õpilane hüpoteesi(d), seejärel kavandab katse nende kontrollimiseks ning sõnastab kogutud katseandmete põhjal järelduse(d) (LT 1, 2, 4, 6; õpipädevus, ettevõtluspädevus); • valib ühe optilise seadme (silm, luup, prillid, mikroskoop, teleskoop, valgusjuht/valguskaabel vms) ning koostab esitluse/plakati/video vms selle tööpõhimõtte selgitamiseks, tutvustab valitud optilist seadet klassikaaslastele (LT 1, 2, 3, 5; õpipädevus, suhtluspädevus, ettevõtluspädevus); • külastab observatooriumit, et tutvuda teleskoopide ja astronoomiaga tegelevate teadlaste tööga (LT 1, 6, 8; sotsiaal- ja kodanikupädevus); • külastab optometristi kabinetti või kuulab optometristi ettekannet, mille käigus tutvub selle ameti sisu, võimaluste ja väljakutsetega (LT 1, 6, 8; sotsiaal- ja kodanikupädevus); • uurib internetist infot optiliste illusioonide kohta, valib ühe ning selgitab selle tööpõhimõtet (LT 1, 2, 3, 5).
---	--

Lõiming:

bioloogia (silm, mikroskoop)

matemaatika (nurgad, pöördvõrdeline seos, geomeetria/joonestamine)

Hindamine:

Teemaga seotud teadmiste, oskuste ja hoiakute hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks.

Võimalikud hindamise objektid on:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõtte) ning tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltöö, ülesannete lahendamised jne).

Oodatavad õpitulemused muudab õpilasele paremini arusaadavaks hindamismudelite kasutamine (Vt näiteid [siit](#)).

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt valguse murdumine levikul ühest keskkonnast teise, valguse murdumine läbi eri kujuga klaasist kehade, kujutise konstrueerimine jms.
2. Praktiline töö kujutiste uurimiseks.
3. Plakat ja/või ettekanne, millega õpilane tutvustab klassikaaslastele mõne optilise seadme (fotoaparaat, mikroskoop, teleskoop, silm vms) tööpõhimõtet ja ehitust.

Tähelepanuks - kontrolltöö/tunnikontrolli vms puhul soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et töö küsimused seaksid fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Teema õppimise käigus kogutud info õpilase õpitulemuste saavutamise kohta annab õpetajale sisendi kokkuvõtva hinde panekuks.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Valguse murdumist ilmestav arvutusimulatsioon: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html?locale=et

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas): https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

Juhend käepärastest vahenditest mikroskoobi ehitamiseks: <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/20341-Kuidas-ehitada-kaeparastest-vahenditest-mikroskoopi>

Ekoolikoti kogumiku esitlus silma ja nägemise kohta (autor õpetaja Ingrid Rõigas): <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/7515-Silm-ja-nagemine-8-kl-fuusikas>

Videoõpsi selgitavad videod: https://youtu.be/9eNf162xH_s (valguse murdumine), https://youtu.be/qaJ_F0EY3q0 (läätsed), <https://youtu.be/cmwXUGuUAqg> (kujutis) ja <https://youtu.be/CcD4jOtnN0> (silm ja nägemine)

Helkuri ehitamise õpetus: <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/20336-Kuidas-ehitada-helkurit>

Kuidas muuta valguse murdumise abil noole suunda: <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/20340-Kuidas-kaamerasilma-jaoks-noole-suunda-muuta>

Ekoolikoti kogumiku tööleht (praktilise töö juhend) läätsede kohta (autor õpetaja Merit Eier): <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/31746-Laatsed>

Ekoolikoti kogumiku praktiliste tööde juhendid teemal "Optilised seadmed": <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/32278-Optilised-seadmed>

Miraaži tekkimis selgitav artikkel (autor Jaan Kalda): <https://novaator.err.ee/1608427889/lugeja-kusib-miks-talvel-laevad-nailiselt-ohku-tousevad>

Raamatu "Huvitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>

Teema: Liikumine ja jõud	
Õpitulemused: Õpilane: 1) uurib ja kirjeldab keha liikumist ning oskab seda graafiliselt analüüsida; 2) uurib ja kirjeldab kehade vastastikmõju ning selgitab kehade kiiruse muutumist sõltuvalt kehade massist ja vastastikmõju kestusest; 3) teab, et vastastikmõju tugevust iseloomustab jõud; 4) rakendab probleemülesandeid lahendades järgmisi seoseid: $v = \frac{s}{t}; \quad \rho = \frac{m}{V}.$	Õppesisu: Ühtlane ja mitteühtlane liikumine. Hetk- ja keskmine kiirus. Liikumise graafiline kirjeldamine. Keha mass ja inertsus. Tihedus. Kehade vastastikmõju. Jõud.
Põhimõisted: trajektoor, teepikkus, kiirus, keskmine kiirus, mass, tihedus, jõud	
Praktilised tööd: • keha kiiruse määramine kaudsel meetodil; • keha tiheduse määramine kaudsel meetodil; • keha inertsuse uurimine; • jõu mõõtmine dünamomeetriga.	

Teema olulisus:

Siin teemas pannakse alus liikumise olemuse mõistmisele ja tutvutakse esimeste liikumist kirjeldavate füüsikaliste suurustega. Õpitakse eristama hetk- ja keskmist kiirust ning seostama seda olukordadega oma igapäevaelus. Teema võimaldab luua seose matemaatikaga, kus õpilased on varasemalt kokku puutunud graafikute lugemise ja joonestamisega. Graafikute joonestamiseks vajalikke oskusi saab siin taas harjutada ja kinnistada. Antud oskused on väga oluline osa kogu füüsika õppekavast ning antud oskused aitavad kaasa füüsikaliste seoste sisulisele mõistmisele. Antud teemas lisandub kaks uut matemaatilist seost ja valemit ning neid kasutatakse varasemast keerukamate probleemülesannete lahendamiseks. Tõsisemalt tegeletakse eri tüüpi mõõtühikute ja nende teisendamisega - need teadmised ja oskused on läbivalt olulised kõigi järgnevate teemade käsitlemiseks ja mõistmiseks. Õpitakse kasutama dünamomeetrit ning arendatakse praktiliste tööde läbiviimise oskusi. Teema on tugevalt seotud ka ohutusega: õpitakse hindama liiklusvahendite kiirust ja seda liigeldes arvestama ning mõistma inertsuse mõju liikuvale kehale ja vajadust seda liiklusohutuse seiskohast arvestada.

Metoodilised soovitused:

Käesoleva teemaga on õpilased varasemalt juba põgusalt kokku puutunud. *Kiirus* mõistena on kasutusel juba I kooliastme matemaatikas ning *tihedus* 7. klassi loodusõpetuses. Seega on hea alustuseks toetuda õpilase senisele kogemusele, selgitada välja senine arusaamine ning sellele edasi ehitada uut teadmist.

Kiiruse mõiste/definiitsioon ei tohiks jääda vaid teoreetilisele tasandile, selle tähendus tuleks õpilastega eluliste näidete baasil läbi arutada.

Siin on hea võimalus teha koostööd kehalise kasvatusõpetajaga ning määrata nt õpilase 60 m jooksu keskmine kiirus.

Rohkelt rõhku panna graafikute analüüsile ja koostamisele, see on üldoskus, mis on väga suurel määral vajalik kogu põhikooli ja gümnaasiumi füüsikakursuste raames.

Katseandmete graafiliseks esitamiseks soovitame kasutada ka IKT vahendeid ning teha selle raames koostööd arvutiõpetuse õpetajaga/ainega.

Kindlasti tasub võtta eraldi aeg, et meelde tuletada valemite vajalike füüsikaliste suuruste avaldamist ja teisendamist (oskused, mis on varasemalt juba matemaatikas ja 7. klassi loodusõpetuses omandatud, kuid mis võivad vajada meelde tuletamist).

Et paremini mõista tiheduse mõiste olemust ja sisu, tasub sel teemal kindlasti sooritada mõõtmisi ja praktilisi töid.

Käesolev teema annab mitmeid võimalusi erinevate praktiliste tööde (tiheduse määramine, kiiruse mõõtmine, jõu mõõtmine) läbiviimiseks väliskeskkonnas ning koostöös teiste ainevaldkondadega.

Antud teemas välja toodud praktilised tööd (juhul, kui neid on varasemates klassides juba sooritatud või tunneb õpetaja, et õpilased vajavad midagi keerukamat) võib läbi viia ka kitsendatud hulga mõõteriistadega. See tähendab, et õpilane peab välja töötama esmalt sobiva mõõteriista ning seejärel saab asuda otsitavat füüsikalist suurust mõõtma (nt ei ole tiheduse määramisel ette antud mõõtesilindrit, kiiruse leidmisel mõõdulinti, vms).

Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise:**Õpilane**

- kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus määrab keha kiiruse (LT 1, 2, 4; õpipädevus);
- kasutab kiiruse valemit probleemülesannete lahendamiseks (LT 1, 2, 3);
- koostab ette antud andmetest või läbi viidud katsete käigus kogutud andmetest füüsikalisi seoseid ilmestavaid graafikuid ja loeb olemasolevatelt graafikutelt vajalikke andmeid (LT 4);
- teisendab kiiruse ja tiheduse mõõtühikuid (LT 2);
- kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus määrab tundmatust materjalist keha tiheduse ja materjali, esmalt püstitab hüpoteesi ning teeb saadud katseandmetest järelduse(d) (LT 1, 2, 4; õpipädevus);
- kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus uurib mõne aine (nt liiv, vesi) massi ja ruumala vahelist seost, koostab andmetest graafiku ja analüüsib neid andmeid (LT 1, 4; õpipädevus);
- kasutab tiheduse valemit probleemülesannete lahendamiseks (LT 1, 2, 3);
- kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus kasutab mõõtmiseks dünamomeetrit, kogub andmeid ja analüüsib neid (LT 1, 4; õpipädevus).

Lõiming:

matemaatika (kiirus, graafikud, võrdeline ja pöördvõrdeline seos)

loodusõpetus (tihedus ja kiirus)

kehaline kasvatus (sprindi kiirus)

Hindamine:

Teemaga seotud teadmiste, oskuste ja hoiakute hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks.

Võimalikud hindamise objektid:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõte) ning tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltööd, hindelised ülesannete lahendamised, jne).
4. Täidetud töölehe tagasisidestamine.
5. Teemat läbiva tervikuna kattev arvestuslik kirjalik töö.

Oodatavad õpitulemused muudab õpilasele paremini arusaadavaks hindamismudelite kasutamine (Vt näiteid [siit](#)).

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt graafikute lugemine ja joonestamine, kiiruse ja/või tiheduse teemaliste arvutusülesannete lahendamine, mõõtühikute teisendamine jms.
2. Praktiline töö kiiruse määramiseks.
3. Praktiline töö tiheduse määramiseks.

Tähelepanuks - kontrolltöö/tunnikontrolli vms puhul soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et töö küsimused seavad fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Teema õppimise käigus kogutud info õpilase õpitulemuste saavutamise kohta annab õpetajale sisendi kokkuvõtva hinde panekuks.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Veebipõhiste graafikute koostamise rakendus: <https://www.desmos.com/?lang=et>

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas):
https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

Arvutisimulatsioon teemal jõud ja liikumine: https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html?locale=et

Eva Maria Tõnsoni teadusteatri etendus saates Rakett 69 teemal tihedus: <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/20360-Eva-Maria-Tonson-Tihedus>

Praktilise töö juhend teemal "Keha tiheduse määramine" (autor Kristiina Akulitš): <https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/32463-Praktiline-too-Keha-aine-maaramine-tiheduse-kaudu>

Videoõpsi videod: <https://youtu.be/c6tUI6akUE8> (mehaaniline liikumine) ja https://youtu.be/5he-shNYZUE?si=S_cAav4P5YKfDskF (vastastikmõju ja inertsus)

Raamatu "Huvitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>

Teema: Jõud looduses

Õpitulemused: Õpilane: 1) võrdleb eri kehadele mõjuvat raskusjõudu ja seostab seda keha massiga; 2) uurib hõõrdejõudu ja seletab selle mõju kehade liikumisele, analüüsib graafiliselt hõõrdejõu sõltuvust rõhumisjõust; 3) uurib elastsusjõudu ja seletab selle tekkimise põhjuseid; 4) oskab kasutada dünamomeetrit erinevate jõudude mõõtmiseks; 5) rakendab probleemülesandeid lahendades seost: $F = mg$.	Õppesisu: Gravitatsioon. Raskusjõud. Hõõrdumine, hõõrdejõud. Kehade elastsus ja plastsus. Deformeerimine, elastsusjõud. Dünamomeetri tööpõhimõte. Kehale mõjuvate jõudude tasakaal.
Põhimõisted: gravitatsioon, raskusjõud, hõõrdejõud, elastsusjõud	
Praktilised tööd: • hõõrdejõudu vähendavate ja suurendavate tegurite uurimine; • raskus-, hõõrde- ja elastsusjõu mõõtmine; • elastsusjõudu mõjutavate tegurite uurimine.	

Teema olulisus:

Kui eelmises teemas tegeleti liikumise kirjeldamisega, siis siin teemas saavad selgemaks ka liikumise (või paigalseisu) põhjused. Erinevate jõudude käsitlemine aitab paremini mõista liikumist mõjutavaid tegureid, mis omakorda võimaldab liikumise iseloomu ja muutumist prognoosida. Õpilane saab erinevat tüüpi jõudude mõõtmise kogemuse ning analüüsib praktiliste tööde käigus kogutud andmeid, harjutab nende graafilist esitamist. Selles teemas käsitletud nähtused ja mõisted on olulised liiklusohutuse seisukohast ning aitavad kujundada õpilases parema arusaama teda lii kluses varitsevatest ohtudest ja nendega toime tulekust. Antud teema annab ülevaate erinevatest kehale mõjuvatest jõududest ning nende koosmõjust, mis koostöös eelmise teemaga paneb aluse edasisteks õpinguteks tehnoloogia valdkonnas ja loob seose väga mitmete inseneeria valdkonna erialade ning ametitega (transport, masinaehitus, robotika, kosmosetehnoloogia jne).

Metoodilised soovitused: Praktiliste tööde käigus kogutud andmetest tasub kindlasti koostada graafikud, et arendada oskust esitada andmeid graafiliselt. Raskusjõu tegurist rääkides tuua kindlasti välja teguri väärtus teistel planeetidel ning selgitada, mis on see, mis meie jaoks muutub, kui me peaksime viibima mõnel teisel planeedil (massi ja raskusjõu/kaalu mõiste sisuline erinevus). Raskusjõu teema juures tasub puudutada ka kaaluta oleku mõistet ning selgitada raskusjõust lähtuvalt, mida see mõiste tähendab. Kehade kukkumist (õhuga ruumis ja vaakumis) ilmestav video: https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=2s&ab_channel=BBC Hõõrdejõu praktilisele töö käigus võiks võimalusel uurida pinna kareduse mõju hõõrdejõule (selleks on vaja erineva karedusega pindasid, nt ajalehepaber, liivapaber, õli pinna määrimiseks jms). Soovitame näidata õpilastele mõnd videot astronautide elust Rahvusvahelises kosmosejaamas (ISS), nt https://www.youtube.com/watch?v=06-Xm3_Ze1o&t=579s, misjärel saab arutleda astronauti elukutse ning selle väljakutsete üle. Astronauti elu ja kosmoseteemade ilmestamiseks saab kasutada ka pikemat videot, mille endine astronaut Heidemarie M. Stefanyshyn-Piper pidas Tallinna Tehnikaülikooli innovatsiooni- ja ettevõtluskeskkonnas Mectory: https://www.youtube.com/watch?v=N9Ha3gabNk0&ab_channel=TalTechMEKTORY Lühike video, kus Eestit külastanud astronaut kirjeldab elu kaaluta olekus: https://forte.delfi.ee/artikkel/75828187/vaade-ulevalt-kuidas-kirjeldab-avakosmost-eestit-kulastanud-astronaut. Et anda õpilastele ülevaade antud temaga seotud karjäärivalikutest, soovitame külastada mõne ülikooli inseneeriaga seotud osakonda, et uurida lähemalt inseneride töö ja karjäärivalikute kohta või kutsuda kooli oma tööst rääkima mõni insener, tehnoloog, robotik, mehaanik vms eriala esindaja.	Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise: Õpilane - uurib, kui suur on raskusjõud meie Päikesesüsteemi eri planeetidel, arvutab talle erinevatel planeetidel mõjuva raskusjõu ja võrdleb ning analüüsib saadud tulemusi (LT 1, 2, 3, 4, 5; õpipädevus); - kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus uurib hõõrdejõudu mõjutavaid tegureid, esmalt püstitab hüpoteesi(d), viib läbi katsed ja kogub andmed ning teeb saadud andmete põhjal järelduse(d) (LT 1, 2, 4; õpipädevus); - kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus uurib vedrule mõjuva raskusjõu, vedrus tekkiva elastsusjõu ja vedru pikenemise seoseid (LT 1, 2, 4; õpipädevus); - kasutab raskusjõu valemit probleemülesannete lahendamiseks (LT 2, 3); - vaatab kehade kukkumist (vaakumis) ilmestavat videot ning teeb sellest kokkuvõtte, kasutades korrektselt õpitud mõisteid (LT 1, 2, suhtluspädevus); - valmistab ise kumminiididünamomeetri, mis aitab paremini mõista elastsus- ja raskusjõu koosmõju ning arendab oma käelisi oskusi (LT 1, 3; ettevõtlikkuspädevus); - osaleb omavalmistatud dünamomeetriga võistlusel, mille käigus püüab võimalikult täpselt määrata talle antud keha massi (LT 1, 4; õpipädevus); - vaatab videoid, mis ilmestavad astronautide elu ja tööd Rahvusvahelises kosmosejaamas ning kaaluta oleku tingimustes ning arutleb peale videote vaatamist kaasõpilastega kosmose elamistingimuste ning astronauti elukutse valiku plusside ja miinuste üle (LT 1, 3, 8; sotsiaal- ja kodanikupädevus; väärtuspädevus); - külatab mõnda tehnoloogiaasutust või ülikooli inseneriteadustega tegelevat osakonda ning saab ülevaate selle valdkonna karjäärivõimaluste ning erialavalikute kohta (LT 6, 8; kultuuri- ja väärtuspädevus, sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus; ettevõtlikkuspädevus); - kuulab mõnes tehnoloogiaga seotud valdkonnas tegeva inimese (insener, robotik, mehaanik, tehnik vms) ettekannet oma töö sisust, selle võimalustest ja väljakutsetest (LT 6, 8; kultuuri- ja väärtuspädevus, sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus).
---	--

Lõiming:

geograafia ja loodusõpetus (päikesesüsteem)

loodusõpetus ja inimeseõpetus (liiklusohutus)

matemaatika (graafikute analüüs ja koostamine)

Hindamine:

Teemaga seotud teadmiste, oskuste ja hoiakute hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks.

Võimalikud hindamisobjektid on:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõtte) ning tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltööd, ülesannete lahendamised, jne).

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt graafikute lugemine ja joonestamine jms.
2. Praktiline töö hõõrdejõu ja elastsusjõu uurimiseks.
3. Plakat ja/või ettekanne ühe meie Päikesesüsteemi planeedi kohta.
4. Arutelu õpetajaga teemaga seotud elukutsete üle.

Tähelepanuks - kontrolltöö/tunnikontroll jms juures soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et töö küsimused seaksid fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Teema õppimise käigus kogutud info õpilase õpitulemuste saavutamise kohta annab õpetajale sisendi kokkuvõtva hinde panekuks.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Veebipõhiste graafikute koostamise rakendus: <https://www.desmos.com/?lang=et>

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas):
https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

BBC video keha kukkumise kohta õhus ja vaakumis (NASA vaakumkambri katse): https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=2s&ab_channel=BBC

Video, mis ilmestab elu Rahvusvahelises kosmosejaamas: https://www.youtube.com/watch?v=06-Xm3_Ze1o&t=579s

Astronaut kirjeldab elu ja tingimusi kosmoses:
https://www.youtube.com/watch?v=N9Ha3gabNk0&ab_channel=TalTechMEKTORY

Hõõrdumist ilmestav simulatsioon: https://phet.colorado.edu/sims/html/friction/latest/friction_all.html?locale=et

Gravitatsioonijõudu ilmestav simulatsioon: https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_all.html?locale=et

Raamatu "Huvitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>

Teema: Rõhumisjõud ja rõhk. Rõhk ja üleslükkejõud vedelikes ja gaasides

Õpitulemused: Õpilane: 1) kavandab ja teeb katse rõhu määramiseks, seostab rõhku kokkupuute pindala ning rõhumisjõuga; 2) kirjeldab rõhu edasikandumist gaasides ja vedelikes (Pascali seadus); teeb katse vedelikes kehadele mõjuva üleslükkejõu uurimiseks ja selgitab katse tulemusi; 3) tunneb kehade ujumise ja uppumise tingimusi ning selgitab nende seoseid loodusnähtustega; 4) seletab õhurõhu, vedelikusamba rõhku ja üleslükkejõu mõistet ning rakendab neid loodusnähtusi selgitades; 5) rakendab probleemülesandeid lahendades järgmisi seoseid: $p = \frac{F}{S}, \quad p = \rho g h, \quad F_{\text{ü}} = \rho g V.$	Õppesisu: Rõhumisjõud ja rõhk. Keha kaal. Pascali seadus. Rõhk erinevatel sügavustel. Õhurõhk, kõrg- ja madalrõhkkond. Üleslükkejõud. Kehade ujumise, uppumise ja heljumise tingimused.
Põhimõisted: rõhumisjõud, rõhk, õhurõhk, normaalrõhk, üleslükkejõud	
Praktilised tööd: • keha poolt pinnale avaldatava rõhu määramine; • õhurõhu mõõtmine või ilmavaatlusjaama õhurõhu andmete analüüs; • üleslükkejõu uurimine.	

Teema olulisus:

Antud teemas saavad õpilased ülevaate rõhu kui väga olulise ja meid igapäevaselt mõjutava füüsikalise suuruse olemusest. Mõistmine, mis on rõhk ja millistest teguritest (ning kuidas) see sõltub, annab võimaluse kirjeldada mitmeid loodusnähtusi ja mõista erinevate igapäevaelus kasutatavate seadmete tööpõhimõtet. Tutvutakse teguritega, mis rõhku mõjutavad ning nende seoste täpsema sisuga. Käsitletakse kolme uut seost ning lahendatakse probleemülesandeid. See kõik aitab paremini mõista võrdelise ja pöördvõrdelise seose olemust ja füüsikaliste suuruste mõju teineteisele. Antud teema annab ülevaate rõhu mõjust kehadele, seadmetele ja süsteemidele, mis koostöös eelnevalt õpitud teemadega loob seose tugevusõpetuse ja seeläbi väga mitmete inseneeria valdkonna erialade ning ametitega (mehaanika, ehitus, kosmosetehnoloogia, robootika jne). Looduses esinevate rõhkude mõju ilmale ning kliimale aitab õpilastele tutvustada meteoroloogia ja klimatoloogia valdkonna erialasid ning ameteid.

Metoodilised soovitused:	Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise:
Rõhu temaatika võimaldab teha mitmeid lihtsate vahenditega deomokatseid (muna alarõhu abil pudelisse; taldrikul oleva vee taseme tõstmine vees oleva küünla süütamise abil; Pascali kera; paberilehega vee hoidmine kummuli keeratud klaasis; grillitiku torkamine läbi õhupalli jt), mida soovitame kindlasti õpilastele demonstreerida. Rõhu arvutusülesandeid lahendades soovitame keskenduda praktilistele ülesannetele, mis seostuvad õpilaste igapäevaeluga. Kui teema käsitlemise ajal on talv ning väljas lumi, on võimalik uurida rõhku lume pinnal. Välja saab selgitada tegurid, mis suurendavad/vähendavad lumme vajumist. Võimalusel teha ka mõõtmised ja koostada saadud andmetest graafik. Õhurõhu teema võimaldab lõimingut geograafiaga, soovitame uurida ilmakaarte ja ilmavaatlusjaamade andmeid (nt Ilmateenistuse koduleheküljelt) ning vaadelda õhurõhu muutumist ning selle mõju valitsevale ilmale. Iga õpilane võiks vaadelda ühe päeva õhurõhu andmeid ning koostada selle kohta analüüsi (graafiku ja ilmaolude kirjelduse). Soovi korral saab koostatud graafikuid võrrelda Ilmateenistuse lehel olevatega. Soovitame koos õpilastega vaadata videot ilmatest, et juhtida tähelepanu mõõtühikutele, milles ilmateadustaja rõhu väärtuse esitab. Lisaks saab analüüsida õhurõhu mõju ilmale ja õhurõhu, pilvisuse, sademete ning temperatuuri vahelisi seoseid. Võimalusel soovitame külastada mõnd ilmavaatlusjaama ning tutvuda sealsete ilmavaatlusseadmetega. Kui on olemas piisavalt tundlik mõõteriist saab uurida rõhu muutust kõrguse kasvades/kahanedes. Võimalusel tuua sisse ka vererõhu teema ning paluda näiteks kooli medõel klassis tutvustada vererõhu mõõtmise seadet, selle tööpõhimõtet ning mõõtühikuid, milles vererõhku mõõdetakse. Probleemülesandeid lahendades saab taas luua seose matemaatikaga ning soovitame eraldi rõhku panna valemitest vajalike suuruste avaldamisele. Rõhku vedelikus saab õpetaja selgitada ja õpilased iseseisvalt uurida arvutisimulatsiooniga: https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_all.html?locale=et Üleslükkejõu teema juures soovitame läbi viia võimalikult palju praktilisi tegevusi (ülevooluanumaga välja tõrjutud vedeliku massi ja ruumala määramine, dünamomeetriga vette sukeldatud kehale mõjuva üleslükkejõu määramine, eri tihedusega kehade ujumine/uppumine, vees ujuva keha üleslükkejõu ja tiheduse määramine jms). Et anda õpilastele ülevaade antud temaga seotud karjäärivalikutest, soovitame külastada mõne ülikooli inseneeriaga seotud osakonda, et uurida lähemalt inseneride töö ja karjäärivalikute kohta või kutsuda kooli oma tööst rääkima mõni insener, tehnoloog, robotik, mehaanik vms eriala esindaja.	Õpilane - kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus määrab iseenda rõhu maapinnale ühel ja kahel jalal seistes (LT 1, 2, 4; õpipädevus); - kasutab rõhu valemit probleemülesannete lahendamiseks (LT 1, 2, 3); - uurib, kui suurt rõhku tuleb avaldada, et vajuda läbi lumepinna, koostada läbivajumisgraafik (LT 1, 4); - teisendab rõhu mõõtühikuid (LT 2); - kasutab Ilmateenistuse kodulehte ilmavaatlusandmete kogumiseks ning koostab saadud andmetest graafikuid, kirjeldab andmete ja graafikute põhjal vaatlusperioodi ilma (LT 1, 2, 4, 5; õpipädevus, suhtluspädevus, digipädevus); - loeb õhurõhu graafikutelt vajalikke andmeid ja analüüsib neid (LT 1, 2, 4, 5; õpipädevus, digipädevus); - kavandab ja salvestab video, milles kannab ette ühe päeva ilmaennustuse, kasutades korrektselt antud teemas õpitud termineid (LT 1, 2, 3, 5; õpipädevus, suhtluspädevus, digipädevus); - tutvub kooli medõe juhendamisel vererõhu mõõtmise seadme ja protseduuriga (LT 1, 2, 3, 8); - kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus uurib üleslükkejõudu ning ujumise/uppumise tingimusi, esmalt püstitab hüpoteesi(d), seejärel viib läbi katse(d) ning kogub andmed, kogutud andmetest teeb järelduse(d) (LT 1, 2, 4; õpipädevus); - kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus määrab vette sukeldatud kehale mõjuva üleslükkejõu (LT 1, 4; õpipädevus); - kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus määrab üleslükkejõu kaudu õuna/mandariini vms keha tiheduse (LT 1, 4; õpipädevus); - uurib vedelikus olevale kehale mõjuvat rõhku arvutisimulatsiooni abil ning teeb kogutud andmetest järelduse(d) vedelikus olevale kehale mõjuva rõhu ja seda mõjutavate tegurite kohta; (LT 1, 2, 4, 5; õpipädevus, digipädevus); - kasutab üleslükkejõu ja vedeliku rõhu valemite probleemülesannete lahendamiseks (LT 1, 2, 3); - külastab mõnd tehnoloogiaasutust või ülikooli inseneriteadustega tegelevat osakonda ning saab ülevaate selle valdkonna karjäärivõimaluste ning erialavalikute kohta (LT 6, 8; kultuuri- ja väärtuspädevus, sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus, ettevõtlikkuspädevus); - kuulab mõnes tehnoloogiaga seotud valdkonnas tegeva inimese (insener, robotika, mehaanik, tehnik vms) ettekannet oma töö sisust, selle võimalustest ja väljakutsetest; (LT 6, 8; kultuuri- ja väärtuspädevus, sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus, ettevõtlikkuspädevus); - külastab ilmavaatlusjaama ja tutvub sealsete ilmavaatlusseadmetega, mille käigus saab ülevaate ja praktilise kogemuse ilmavaatluseks vajalikest mõõteriistade ja nende kasutamise metoodika kohta; (LT 6, 8; kultuuri- ja väärtuspädevus, sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus, ettevõtlikkuspädevus); - külastab ilmavaatlusjaama, mille käigus tutvub klimatoloogi ja meteoroloogi igapäevatöö sisu, võimaluste ja väljakutsetega (LT 6, 8; kultuuri- ja väärtuspädevus, sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus, ettevõtlikkuspädevus).

Lõiming:

geograafia (ilm ja kliima, õhurõhk, temperatuur)

matemaatika (graafikute analüüs ja koostamine)

Hindamine:

Teemaga seotud teadmiste, oskuste ja hoiakute hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks.

Võimalikud hindamise objektid oleks:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõtte) ning tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltööd, ülesannete lahendamised, jne).

Oodatavad õpitulemused muudab õpilasele paremini arusaadavaks hindamismudelite kasutamine (Vt näiteid [siit](#)).

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt arvutusülesannete lahendamine rõhu, vedeliku rõhu või üleslükkejõu kohta, mõõtühikute teisendamine, graafikute koostamine ja analüüs jms.
2. Praktiline töö üleslükkejõu uurimiseks.
3. Ilmavaatlusandmete graafiline esitamine ja analüüs.
4. Oma kodukoha ühe ööpäeva ilmavaatlusandmeid tutvustav plakat ja/või ettekanne.

Tähelepanuks - kontrolltöö/tunnikontrolli jms juures soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et töö küsimused seaksid fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Teema õppimise käigus kogutud info õpilase õpitulemuste saavutamise kohta annab õpetajale sisendi kokkuvõtva hinde panekuks.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Veebipõhiste graafikute koostamise rakendus: <https://www.desmos.com/?lang=et>

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas):
https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

Arvutisimulatsioon vedelikus mõjuva rõhu uurimiseks: https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_all.html?locale=et

Ilmateenistuse kodulehekülg, kust leiab eri ilmavaatlusjaamade vaatlusandmed:
<https://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/oopaevaandmed/>

Raamatu "Huvitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>

Teema: Mehaaniline töö, energia ja võimsus

Õpitulemused: Õpilane: 1) seletab mehaanilise töö, mehaanilise energia (potentsiaalse ja kineetilise energia), võimsuse ja kasuteguri mõistet; 2) selgitab lihtmehhanismide otstarvet ja üldist tööpõhimõtet, rakendades mehaanika kuldreeglit; 3) rakendab probleemülesandeid lahendades järgmisi seoseid: $A = Fs, \quad N = \frac{A}{t}.$	Õppesisu: Töö. Võimsus. Energia, kineetiline ja potentsiaalne energia. Mehaanilise energia jäävuse seadus. Lihtmehhanism, kasutegur. Lihtmehhanismid looduses ja nende rakendamine tehnikas. Mehaanika kuldreegel.
Põhimõisted: mehaaniline töö, võimsus, potentsiaalne energia, kineetiline energia, kasutegur, lihtmehhanism	
Praktilised tööd: • mehaanilise töö ja võimsuse määramine kehade tõstmisel; • mehaanika kuldreegli uurimine lihtmehhanismidega.	
Teema olulisus: Antud teema paneb aluse ühe looduses esineva põhiseaduse (energia jäävuse seadus) mõistmiseks ning ühes sellega aitab õpilastel looduses esinevaid protsesse (liikumisi) paremini mõista. Füüsikaliste suuruste mehaaniline töö, energia ja võimsuse tundmine on hädavajalik erinevat tüüpi masinate tööpõhimõtte mõistmiseks, mis omakorda annab võimaluse ise masinaid ehitada või nende tööd oskuslikumalt juhtida. Lihtmehhanismide tööpõhimõtte tundmine annab võimaluse rakendada neid ka praktikas, et oma igapäevaelus mehaanilise töö tegemist lihtsustada. Ka selles teemas tutvutakse kahe uue seose ja valemiga ning harjutatakse nende abil probleemülesannete lahendamist. See kõik arendab õpilaste loogilist mõtlemist, analüüsioskusi ja võimet luua seoseid.	

Metoodilised soovitused: Lihtmehhanismi mõiste selgitamisel soovitame appi võtta mõni koolis kasutada olev lihtmehhanism (nt kaldtee, kang vms) ning selgitada tööpõhimõtet selle abil. Seejärel tuua teisi näiteid ja luua seos, et tööpõhimõte (mehaanika kuldreegel) on kõigil sama. Energia jäävuse seadus annab võimaluse rääkida igiliikurist ning arutleda õpilastega selle üle, miks sellise seadme valmistamine ei ole võimalik. Õpilase jaoks on huvitavamad sellised mõõtmised, mis on seotud tema endaga. Seetõttu tasub kindlasti töö, võimsuse ja/või energia määramisel (praktiline töö) rakendada õpilasi ja määrata nende kohta käivaid parameetreid. Tulemusi tasub hiljem võrrelda ja analüüsida klassi kui tervikut. Võimsusest rääkides ja iseenda võimsust mõõtes soovitame luua seose kodumasinatega (võrrelda inimese ja masina võimsuseid). Kangi reeglit saab õpetaja selgitada ja õpilased iseseisvalt uurida arvutisimulatsiooniga: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=et Antud teema kokkuvõtteks võib ehitada Rube Goldbergeri masina (väiksemates gruppides), kasutades selleks klassiruumis käepärast olevaid vahendeid, puidujääke, pappi/paberit, palle, teipi jms (vahendeid võib paluda ka õpilastel endil kodust kaasa võtta). Sellise masina planeerimine ning ehitamine annab võimaluse mehaanika teemasid (jõud, vastastikmõju, liikumine, rõhk, energia, lihtmehhanismid) korrata ning omandatud teadmisi praktikas rakendada. Masina kavandamiseks ja ehitamiseks soovitame planeerida minimaalselt u 1,5-2 tundi. Enne masina ehitamist tuleks õpetajal ette anda teatud kriteeriumid (nt mitmest eri lülist peab masin koosnema, kas peaks sisaldama ka suunamuutust, lihtmehhanismi vms).	Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise: Õpilane • kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus määrab enda tehtud mehaanilise töö ja võimsuse trepist üles jooksmisel ja kõndimisel (LT 1, 2, 4; õpipädevus) • selgitab näite põhjal kineetilise ja potentsiaalse energia kaudu energia jäävuse seaduse kehtivust (LT 2); • kasutab üht vabalt valitud lihtmehhanismi ja demonstreerib ning kirjeldab selle abil kirjalikult või suulise ettekande vormis lihtmehhanismide tööpõhimõtet ja mehaanika kuldreegli olemust (LT 2, 6; õpipädevus, suhtluspädevus); • uurib arvutisimulatsiooni abil kangi tööpõhimõtet ning sõnastab selle põhjal kangi reegli (LT 1, 2, 4; digipädevus); • kasutab töö ja võimsuse valemeid probleemülesannete lahendamiseks (LT 2, 3); • selgitab kirjalikult või suulise ettekande vormis õpetajale ja kaasõpilastele, miks igiliikuri valmistamine ei ole kooskõlas energia jäävuse seadusega (LT 1, 2, 3, 6; õpipädevus, suhtluspädevus) • paneb kokku plakati/kirjaliku kokkuvõtte/video vms, mille käigus võrdleb inimese ja erinevate (kodu)masinate võimsust ning tutvustab seda oma klassikaaslastele (LT 1, 2, 3; õpipädevus, suhtluspädevus); • planeerib, kavandab ja ehitab koos klassikaaslastega Rube Goldbergeri masina ning filmib selle tööd (LT 1, 3, 4, 5; õpipädevus, suhtluspädevus, ettevõtlikkuspädevus, digipädevus).
--	---

Lõiming:

bioloogia (energia ja energiakulu)

tehnoloogiaõpetus (masinad, lihtmehhanismid, võimsus)

Hindamine:

Teemaga seotud teadmiste, oskuste ja hoiakute hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks.

Võimalikud hindamise objektid on:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõtte) ning tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltööd, ülesannete lahendamised, jne).

Oodatavad õpitulemused muudab õpilasele paremini arusaadavaks hindamismudelite kasutamine (Vt näiteid [siit](#)).

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt arvutusülesannete lahendamine töö ja võimsuse kohta, mõõtühikute teisendamine, kangi reegli rakendamine jms.
2. Praktiline töö mehaanilise töö ja võimsuse määramiseks.
3. Ühte lihtmehhanismi ja selle tööpõhimõtet tutvustav plakat ja/või ettekanne.
4. Rube Goldbergi masina ehitamine ja selle töö filmimine.

Tähelepanuks - kontrolltöö/tunnikontrolli vms juures soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et töö küsimused seaksid fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Teema õppimise käigus kogutud info õpilase õpitulemuste saavutamise kohta annab õpetajale sisendi kokkuvõtva hinde panekuks.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Veebipõhiste graafikute koostamise rakendus: <https://www.desmos.com/?lang=et>

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas):
https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

Kangi reegli uurimiseks/kinnistamiseks sobiv simulatsioon: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=et

Vesi-igiliikurit tutvustav tekst: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/36314#/section/36314>

Igiliikuritele keskenduv Eesti Päevalehe artikkel: <https://epl.delfi.ee/artikkel/51003142/igiliikuri-poole-puudleb-inimene-igavesti>

Raamatu "Huvitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>

Teema: Võnkumine ja laine

Õpitulemused: Õpilane: 1) kirjeldab mudeli toel võnkumist, kasutades amplituudi, perioodi ja sageduse mõistet; 2) seostab võnkumist heli tekkimise ja helilainete levimisega; 3) kavandab ja korraldab katsed müra tugevuse mõõtmiseks ning muusikariistade heli kõrguse ja sageduse vahelise seose uurimiseks; 4) rakendab probleemülesandeid lahendades seost: $f = \frac{1}{T}$	Õppesisu: Võnkumine. Amplituud, sagedus ja periood. Heli tekkimine ja levimine. Rist- ja pikilaine. Heli kõrgus ja valjus. Ultra- ja infraheli. Müra ja mürakaitse. Kõrv ja kuulmine.
Põhimõisted: võnkumine, amplituud, sagedus, periood, heli, müra	
Praktilised tööd: • pendli võnkumise uurimine; • müra mõõtmine ja uurimine.	
Teema olulisus: Heli mõjutab ja ümbritseb meid igapäevaselt, mistõttu on oluline mõista, kuidas see tekib ning millised tegurid seda mõjutavad. Kui saame aru, kuidas ja miks heli meid mõjutab, oskame end negatiivse mõjuga helide eest paremini kaitsta. Mõistes, milliseid parameetreid ja kuidas tuleb mõjutada, et tekitada kindla sageduse ja valjusega heli, mõistame paremini muusikat ja muusikainstrumentide tööd. Teema annab võimaluse muusika ja heliga seotud erialade ning ametite (helitehnik, -operaator, -insener, muusik, helilooja, muusikaprodutsent jne) tutvustamiseks.	

Metoodilised soovitused: Võnkumist kirjeldavaid suurusi soovitame tutvustada pendlit kasutades. Õpilased võiksid ise ehitada pendli ja uurida selle parameetreid. Ühe keelega pilli (monokord) ehitamine koostöös muusikaõpetajaga aitab lõimida muusikas ja füüsikas õpitavat. See aitab praktikas läbi teha kõik olulised võnkumist kirjeldavad suurused. Lisaks ühe keelega monokordile on võimalik ehitada kõrrepilli, mille erineva pikkusega saab demonstreerida sageduse mõju heli kõrgusele. Kindlasti tuleks peatuda ka helivaljuse ja müra teemal ning selgitada müra kahjulikku mõju inimese organismile. Riigi Teatajas on info müranormide kohta: https://www.riigiteataja.ee/akt/163756 Müra, helivaljuse ja -sageduse mõõtmiseks on võimalik kasutada telefoni, alla tuleb laadida mõni vastav rakendus, nt <i>Pitch Detector</i>, <i>Soundmeter</i> vms). Vajalikke katsevahendeid (helihark, keel- ja löökpillid jms) soovitame laenata muusikaõpetajalt. Et luua parem seos muusika ja füüsika vahel, soovitame kaasata tunni läbi viimisesse kas muusikaõpetaja või mõnd pilli (klaver, kitarr, viiul vms) mängiv õpilane. Et ilmestada heli tekitamist häälepaelte abil soovitame näidata mõnd internetis olevat videot häälepaeltest (rääkimise/häälitsemise ajal), nt https://www.youtube.com/watch?v=9Tlpkdq8a8c&ab_channel=VOXDOC-thevoicedoctor Kõrva ehitust aitab ilmestada vastav joonis või animatsioon. Et tutvustada heliga seotud erialasid ja ameteid, võib õpilastega külastada mõnd helistuudiot või kutsuda kooli oma tööst rääkima nt mõne helitehniku, -inseneri, -operaatori, helilooja või hoopis muusikaprodutsendi.	Õpilase tegevused, mis tagavad aine, valdkonna ning üldpädevuste saavutamise: Õpilane - ehitab pendli ning kavandab ja viib läbi praktilise töö, mille käigus uurib pendli perioodi ja sageduse sõltuvust erinevatest teguritest (amplituud, koormise mass, pendli pikkus), esmalt püstitab hüpoteesi(d), seejärel kogub andmed ning teeb nende abil järelduse(d) (LT 1, 2, 4, 6; õpipädevus, ettevõtlikkuspädevus); - ehitab lihtsa keelpilli ja uurib selle abil võnkumist kirjeldavaid suurusi ning seoseid nende vahel, saab selle kaudu ülevaate muusika ja füüsika vahelistest seostest ja füüsikalistest teguritest mis mõjutavad muusikainstrumentide tööd ja heli tekitamist (LT 1, 2, 3, 4, 6; õpipädevus, ettevõtlikkuspädevus); - kasutab mobiiltelefoni rakendust heli sageduse ja valjuse mõõtmiseks, esitab saadud andmeid graafiliselt ja analüüsib neid (LT 1, 4, 6, 7; digipädevus); - kasutab sageduse ja perioodi sõltuvust kirjeldavat valemit ning kiiruse valemit probleemülesannete lahendamiseks (LT 1, 2, 3); - vaatab inimese kõrva ehitust ja häälepaelte tööd kirjeldavaid videoid ning teeb saadud infost kirjaliku või suulise kokkuvõtte õpetajale ja/või klassikaaslastele; (LT 1, 2, 3, 4, 5; õpipädevus, suhtluspädevus); - pane kokku plakati/video vms vormis ettekande kõrva ehituse või häälepaelte töö põhimõtte kohta ning tutvustab teemat klassikaaslastele (LT 1, 2, 5; suhtluspädevus, digipädevus); - tutvub Riigi Teatajas välja toodud müra normidega kooli ruumides, mõõdab mobiiltelefoni rakendust või vastavat mõõteriista kasutades tegeliku mürataseme nendes ruumides ning analüüsib saadud tulemusi ja nende vastavust seadusele; (LT 1, 3, 4, 5, 6; sotsiaal- ja kodanikupädevus, õpipädevus, digipädevus, ettevõtlikkuspädevus, digipädevus); - osaleb klassis toimivas arutelus, kus analüüsitakse müra koolimajas, selle mõju õpilastele ning mürataseme vähendamise võimalusi (LT 1, 3, 6; sotsiaal- ja kodanikupädevus, õpipädevus, ettevõtlikkuspädevus); - tutvub muusikaõpetaja kaasabil erinevate pillidega, valib ühe pilli ning teeb kirjalikus (tekst, plakat, video vms) ja/või suulises vormis kokkuvõtte selle ehitusest ning töö põhimõttest (LT 1, 2, 5; õpipädevus, suhtluspädevus); - külastab helistuudiot ja/või kuulab helitehniku, -inseneri, -operaatori, helilooja vms ameti esindaja ettekannet oma töö sisust, võimalustest ja väljakutsetest (LT 1, 3, 8; sotsiaal- ja kodanikupädevus, enesemääratluspädevus, ettevõtlikkuspädevus).
---	--

Lõiming:

bioloogia (müra, kõrv, häälepaelad)

muusika (heli sagedus ja kõrgus, helivaljus, noodid ja nende sagedus, tämber)

Hindamine:

Ainega seotud teadmiste ja oskuste hindamise võimalusi on erinevaid ning mitmekesine hindamismetoodika annab õpilasele põhjalikumalt tagasisidet tema senisele ainealasele arengule ja edasiminekuks. Olemuselt ja ülesehituslikult erinevate tööde juures saab kasutada hindamisvõimaluste erinevaid kombinatsioone võttes aluseks eristava, mitteeristava või kujundava hindamise.

Võimalikud hindamismeetodid õpilase arengu toetamiseks:

1. Läbiviidud katsete ja praktiliste tööde protokollid (mõõdetud/vaadeldud andmete esitamine, andmete analüüs, katsetulemuste kokkuvõte). Lisaks - tulemuste esitamine/kaitsmine suuliselt.
2. Suuline vastamine/arutelu õpetajaga.
3. Kirjalikud tööd (sh tunnikontrollid, kontrolltööd, hindelised ülesannete lahendamised, jne).
4. Täidetud töölehe tagasisidestamine.
5. Teemat läbiva tervikuna kattev arvestuslik kirjalik töö.

Hindamisvõimaluste konkreetsemad näited/soovitused kõnealuses teemas:

1. Tööleht mõne keerukama ja harjutamist vajava teema kohta nt arvutusülesannete lahendamine võnkumise sageduse ja perioodi kohta; graafikute analüüs ja koostamine jms.
2. Praktiline töö võnkumise uurimiseks.
3. Praktiline töö müra ja heli sageduse mõõtmiseks.

Tähelepanuks - hindeliste tööde juures soovitame kasutada pigem reaalelulisi ülesandeid, mille konteksti õpilane mõistab. Samuti on soovituslik jälgida, et hindeline töö seab fookuse õpitust arusaamisele, mitte faktiteadmiste kontrollile.

Õppevara:

Veebiõpik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/36>

Digiõpikud: <https://www.opiq.ee/Kit/Details/291> ja <https://www.opiq.ee/Kit/Details/170>

Veebipõhiste graafikute koostamise rakendus: <https://www.desmos.com/?lang=et>

Põhikooli füüsika ja loodusõpetuse praktiliste tööde kogum (autor õpetaja Ingrid Rõigas):
https://issuu.com/ingridroigas/docs/pohikooli_toolehed_fyysika

Müranormid: <https://www.riigiteataja.ee/akt/163756>

Video naise häälepaelttest heli tekitamise ajal: https://www.youtube.com/watch?v=9Tlpkdq8a8c&ab_channel=VOXDOC-thevoicedoctor

Monokordi ehitamise juhend (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=Qe17BvIKbx4&ab_channel=TalKatsir

Raamatu "Huivitav füüsika II" veebiversioon: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/54>

Olümpiaadiülesannete kogumik: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/view/44>