

Teadushuvihariduse näidisõppekava

TEADUS JA TEATER JA TEADVUS! (TEADUSTEATER) III KOOLIASTMELE (7.–9. KLASS)

- **Alustamise tingimused:** osalejatelt oodatakse rahuldavaid esinemiskogemusi (referaadi ettekanded, tantsu- ja laulukogemused jms), huvi teaduse vastu ja loogilist mõtlemist.
- **Kestus:** 3 õppeaastat, 2 akadeemilist tundi nädalas, kokku 60 + 60 + 60 = 180 tundi.

SISUKORD

Üldosa.....	3
1. Näidisõppekava lühikirjeldus	3
2. Alusväärtused	3
3. Õppekorraldus	3
4. Õppekasvatuslikud eesmärgid	4
5. Õppeteemad (olulisemad üldteemad).....	4
6. Tagasiside	5
7. Ringi juhendaja profiili kirjeldus.....	5
8. Vajalikud töö-, õppe- ja katsevahendid	5
9. Õpiväljundid	6
I õppeaasta	6
Õppe sisu kolmel õppeaastal	7
I õppeaasta	7
1. Ohutus: tuli (6 tundi)	7
2. Teater ja improvisatsioon: kindlus, vabadus ja mäng (4 tundi)	8
3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod (4 tundi)	10
4. Füüsika ja matemaatika: rõhk ja õhk (12 tundi).....	11
5. Keemia ja materjaliteadus: kodukeemia (8 tundi)	14
6. Roheline, valge ja pruun loodus: toiduteadus (8 tundi).....	16
7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: teadvus (6 tundi)	18
8. Esinemine: kehakeel ja hääl (4 tundi).....	20
9. Praktika: esimene etendus (8 tundi)	21
II õppeaasta	22
1. Ohutus: elekter (12 tundi)	22

2. Teater ja improvisatsioon: ideede müümine (4 tundi).....	25
3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod: seosed ja põhjuslikkus (4 tundi)	26
4. Füüsika ja matemaatika: akustika ehk heliteadus (10 tundi)	27
5. Keemia ja materjaliteadus: temperatuur ja aine olekud (10 tundi).....	32
6. Roheline, valge ja pruun loodus: vesi (6 tundi)	37
7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: illusioonid (4 tundi)	38
8. Esinemine: mustkunst (4 tundi)	39
9. Praktika: originaalne katse (6 tundi)	40
III õppeaasta	42
1. Ohutus: pauk (6 tundi)	42
2. Teater ja improvisatsioon: loo jutustamise maagia (6 tundi).....	45
3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod: loogika ja argumendid (4 tundi).....	46
4. Füüsika ja matemaatika: optika (10 tundi).....	48
5. Keemia ja materjaliteadus: happed, alused ja soolad (10 tundi).....	51
6. Roheline, valge ja pruun loodus: inimene (8 tundi)	53
7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: eksikujutelmad (4 tundi)	55
8. Esinemine: professionaalne teaduskommunikatsioon (4 tundi).....	58
9. Praktika: iseseisev teadusetendus (8+ tundi)	59

„Teadus ja teater ja teadvus!“ õppekava tellija ja levitaja on SA Eesti Teadusagentuur. Näidisõppekava on koostatud Euroopa Regionaalarengu Fondi TeaMe+ toetuse andmise tingimuste raames. Õppekavale kohaldatakse järgmist Creative Commonsi Eesti litsentsi (versioon 3.0): autorile viitamine, jagamine samadel tingimustel.

Õppekava on koostanud [Teadusbussi](#) liige (2009–2016), [Teadusteatri Kvark](#) esineja (2016–...) ja [MTÜ SPARK Makerlab](#) juhatuse liige (2016–...) [Tarvo Metspalu](#) (tarvo@makerlab.ee).

Üldosa

1. Näidisõppekava lühikirjeldus

Näidisõppekava „Teadus ja teater ja teadvus!“ on dokument, mille alusel korraldatakse õppetööd huvikoolis või üldhariduskooli huviringis. Õppekava on mõeldud huviringide tegevuse rikastamiseks ja oma teadushuviringi õppekava koostamiseks või kohandamiseks vastavalt enda vajadustele ning huviringi õpilaste ja kooli soovidele.

Õppekava koostamisel on lähtutud väljundipõhisest õppest, mille abil omandavad osalejad oskused sisukate ja meelelahutuslike teadusteatri etenduste korraldamiseks. Näidisõppekavas on lõimitud eri teadussuunad (füüsika, materjaliteadus, insenerindus, matemaatika, informaatika, psühholoogia, bioloogia ja keskkonnateadused), aga ka teabe otsimise, kriitilise mõtlemise, esinemise ja lugude jutustamise oskus. Lisaks pööratakse tähelepanu katsete planeerimise ja elluviimise ohutusele.

Õpilased teevad õppekava raames mitu teadusliku taustaga etteastet, mille iga detail kajastab õpiväljundite tulemuslikkust. Nii saavad osalejad aimu nii teadussuundade ajaloolistest nurgakividest kui ka uusimatest edasiminekutest, usaldatavatest ja kaheldavatest teabeallikatest, paeluvast ja monotoonset teaduskommunikatsioonist ja paljust muust. Teadust õpitakse põhimõttel “kui oskan seda seletada oma vanaemale ja viieaastasele vennale, saan ka ise aru”.

Õppekava on tihedalt seotud loodusõpetuse, füüsika, matemaatika ja bioloogia, aga ka teatri, improvisatsiooni ja muid esinemisioskusi edendavate õppevaldkondadega. Õpe on mõeldud 7.–9. klassi õpilastele, keda huvitab see, kuidas maailm meie ümber toimib ning kuidas keerulisi teaduslikke põhimõtteid ja looduse võlu teistelegi edasi anda. Samuti annab õppekava hea põhja avalikuks esinemiseks ka muudel teemadel peale teadusteatri.

2. Alusväärtused

- Hoida ja arendada õpilase õpi- ja tegevushuvi teaduse ja avaliku esinemise ainevaldades.
- Pakkuda mitmekesiseid õpikogemusi ja kaasatagemisvõimalusi teadmiste, tunnetuse ja tegevuse tasandil.
- Pakkuda õpilaste arengut ja sellega kaasnevat turvatunnet soodustavat keskkonda.
- Arvestada õpilaste ealiste, sooliste ja individuaalsete iseärasuste ja vajadustega.

3. Õppekorraldus

Õppekorralduse soovitusel ja õppeteemad (vt 5. punkti) põhinevad õppekava koostaja varasematel kogemustel noorte huvitegevuse ja teadusteatri etenduste juhendamiseks.

Õpe toimub kord nädalas, kokku kaks akadeemilist tundi. Sel juhul jõuavad osalejad tutvuda teooriaga ja teha ka praktilisi ülesandeid. Huviringi õppetundides tuleks rõhutada teooria ja praktika lõimitust, kasutades mitmesuguseid õppetöö vorme ja meetodeid. Õppegrupis võiks olla vähemalt viis, ent mitte rohkem kui kümme õpilast juhendaja kohta, et tagada osalejate ohutus. Vahendite ja noorte arvust

olenevalt saab katseid teha individuaalselt või väiksemates rühmades eeldusel, et kõikide osalejate ohutus on tagatud.

Õpe on jaotatud kolme aasta peale õppeteemade keerukuse (sh teadusliku sisu) kasvu ja riiklikke loodusteaduste (füüsika, keemia, bioloogia) õppekavasid silmas pidades. Tuleb tähele panna, et õppes püsiks meelelahutuse ja teadusliku sisu tasakaal, kuna teadusteatrit etendused peavad olema paeluvad, ent ka faktiliselt õiged. Teadusteatrit huviringis osalevad noored on teaduskommunikeerijad, kes loovad edaspidi laia publiku ees teadusmaailma kuvandit.

Iga teema lõpus tuleks õpitud teadmised ja praktilised katsed kokku võtta ning anda noortele tagasisidet.

4. Õppekasvatuslikud eesmärgid

Näidisõppekava koos õppeprotsessi kirjeldusega on huvihariduse pakkujatele ja juhendajatele abimaterjal, mis mitmekesistab ja toetab teadushuviringide eesmärkide elluviimist, sh:

- laste ja noorte teadushuvi suurendamine ja säilitamine,
- ettevõtlikkuse ja loovuse arendamine, eneseteostuse võimaldamine ning karjäärivalikute toetamine,
- sotsiaalsete ja koostööoskuste arendamine ning tegevuste sidumine igapäevaste tegevustega,
- laste ja noorte silmaringi avardamine ja mitmekülgse maailmapildi arendamine läbi ühistegevuste,
- teaduse ja tehnoloogia mõju mõistmine meie igapäevaelus,
- teaduse valdkonna tutvustamine praktilise õppe ja avaliku esinemise kaudu,
- huvi tekitamine ja eelduste loomine, et õppida edasi ja omandada teadusega seotud elukutse,
- õpilaste uudishimu soodustamine ja rõõmu tundmine omandatud uutest teadmistest ja oskustest,
- kõrgemate mõtlemisoskuste (analüüs, süntees, hindamine) ja käeliste tegevuste arendamine,
- iseseisvuse arendamine ja meeskonnatöö õppimine.

5. Õppeteemad (olulisemad üldteemad)

Õppekava teemad igal kursusel on:

- ohutus
- esinemine
- teater ja improvisatsioon
- kriitiline analüüs ja teaduslik meetod
- füüsika ja matemaatika
- keemia ja materjaliteadus
- inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu
- roheline, valge ja pruun loodus
- praktika

Õppeteemade täpsemad eesmärgid ja alateemad on toodud õppeteemade lühikirjelduses. Alateemad on kursuste vahel jaotatud keerukuse alusel ja sõltuvad osalejate oskustest.

6. Tagasiside

Tagasisidet tuleb anda iga teema kokkuvõttes. Arutletakse, mis oli huvitav, mis oli raskemini mõistetav. Pärast esinemist arutatakse üheskoos esinemise sisu ja ladususe üle. Õpilased saavad enda teadusetendusi ja huvitavamaid katseid esitleda õpilasüritustel, teadusnädalatel, ainetundides või mujal. Tagasiside kajastub ka huviringi päevikus, kuhu juhendaja märgib huviringi tegevused, lisades märkusena, millised tegevused olid huvitavad ja mis nii hästi ei õnnestunud.

Õppeaasta lõpus võib korraldada kohaliku teadusteatri festivali, kus õpilased kinnistavad aasta jooksul õpitut. Sinna on oodatud ka lapsevanemad. Õpilastele jagatakse tunnustuskirjad, kus on märgitud aasta jooksul omandatud teadmised ning praktilised ja kognitiivsed oskused.

Õppematerjale ja näidiseid tagasiside andmiseks:

- Õpimeetodid 1 (eesti keeles): <http://mitteformaalne.ee/opimeetodid/otsi-opimeetodit/?cat=206>.
- Õpimeetodid 2 (eesti keeles): <http://mitteformaalne.ee/opimeetodid/otsi-opimeetodit/?cat=207>.
- Noortepassi avastades (eesti keeles): https://noored.ee/wp-content/uploads/2014/03/noortepassi_avastades.pdf.

7. Ringi juhendaja profiili kirjeldus

Ennekõike peab ringi juhendaja olema hea kommunikatsiooni- ja õppevõimekusega. Kui huviringi juhendaja on kooli loodusainete ja reaalteaduste (matemaatika-informaatika) õpetaja või loodusteadusliku taustaga noorsootöötaja, siis ei ole nende teemade õpetamiseks eraldi väljaõpet vaja. Kui sellist tausta pole, siis peaks huviringi juhendaja olema valmis põhjalikuks kodutööks ja eneseharimiseks – eeskätt uute erialaste teemade puhul. Lisaks õppekavas toodud suuniste ja lisamaterjalidega tutvumisele võiks teha tihedamat koostööd kohaliku kooli reaalteaduste aineõpetajate või SPARK Makerlabi töötajatega, et neilt abistavat infot saada.

8. Vajalikud töö-, õppe- ja katsevahendid

Näidisõppekava pakub õpilastele käelisi tegevusi (katsed, vaatlused, meisterdamised jms), milleks on tarvis teatud töövahendeid. Vajalike töö-, õppe- ja katsevahendite loetelu ja soovitusel on iga teema meetoodilise juhendi osa. Tegevuste juures on püütud lähtuda põhimõttest, et neid saaks läbi viia käepäraste vahenditega. Kui võimalik, on pakutud teisi tegevusi, millest juhendaja valib sobivaima. Väiksemate eksperimentide kuvamiseks tasub uurida, kas etenduse ajal saab kasutada videoülekannet. Lihtsaim võimalus on kasutada nutitelefoni ja arvuti vahelist konverentsikõnet (Skype, Hangouts, Facebook Live vms), mida näidatakse projektoriga suurele ekraanile. Mõnel juhul saavad noored meisterdada päris enda katse- ja demovahendi, mida loovtööülesande täitmisel kasutada. Õppematerjalide lingid vaadati viimati üle 1. novembril 2018.

Levinuimad vahendid: internet, projektor, ohutusvahendid (prillid, kõrvaklapid, kindad, tuletekk ja tulekustuti), plastpudelid, kausid ja muud anumad, tikud, termokast, SPARK Makerlabi oskusteave.

9. Õpiväljundid

I õppeaasta

Õpilane:

- teab ohutustehnika põhimõtteid,
- oskab püstitada hüpoteesi, teha lihtsaid katseid ja järeldusi,
- tunneb ja oskab selgitada huvipakkuva teadusvaldkonna olulisemaid mõisteid,
- oskab teha lihtsaid teadusteatri katseid ja saab aru nende seaduspäradest,
- oskab teha koostööd, mõistab oma tegevuse tähtsust meeskonnas,
- oskab käsitseda lihtsaid tööriistu ja katsevahendeid.

II õppeaasta

Õpilane:

- on tutvunud erisuguste teadusteatriatega ja oskab tuua võrdlusi,
- mõistab loo jutustamise ja eduka teaduskommunikatsiooni põhimõtteid,
- oskab koostada ja esitleda teaduslikke ettekandeid,
- oskab seletada teadusnähtusi ja -avastusi ka teistele peale oma eakaaslaste,
- oskab anda konstruktiivset tagasisidet ja on omandanud kriitilise mõtlemisviisi.

III õppeaasta

Õpilane:

- oskab iseseisvalt kokku panna teadusetenduse vastavalt etteantud või valitud temaatikale,
- oskab vahet teha usaldusväärse ja ebausaldusväärse infoallikal või on vähemalt omandanud kriitilise analüüsi oskuse.

Õppe sisu kolmel õppeaastal

I õppeaasta

1. Ohutus: tuli (6 tundi)

Teadusteatris on nii lõbusaid kui ka ohtlikke katseid. Selleks, et tekitada noortes kohe alguses parajalt huvi, ent viia nad kurssi ka sellega, kuidas katseid ohutult teha, alustatakse tuleohutuse põhitõdedest. Tehakse läbi ohutuskoolitus, mille raames räägitakse töökoha (asutuse) sisekorraeskirjadest ja ohutustehnikast; kuidas vahendeid ohutult kasutada; milline on ohutu riietus; mida teha tulekahju ja teiste hädalukordade puhul; kus asuvad lähimad väljapääsud, tulekustutid jne. Ohutus on edaspidi läbiv teema, mida korratakse iga uue valdkonna juures.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Tuleohutuskoolitus** – tutvutakse kohaliku asutuse tuleohutusplaani, vastutavate isikute ja lähimate väljapääsudega. Mängitakse läbi olukorrad, kus on väike või suur leek, leek akna lähedal või väljapääsu juures. Räägitakse, millal võib uksi-aknaid avada ja millal mitte (tuuletõmbus ja hapnik). Tutvutakse tuleohutusvahenditega, süttivate ainetega, eri tüüpi tulekahjude kustutamisega (puit, elektriseadmed, keemia, õli jne).
- **Tule kustutamine (sisekatse)** – suurde veekindlasse ja läbipaistvasse kõrgete servadega kaussi või karpi pannakse erineva pikkusega küünlad, mis seejärel süüdatakse. Mõne aja möödudes hakkavad küünlad ükshaaval kustuma – madalast kõrgemani –, kuna anum täitub õhust raskema süsihappegaasiga. Katse jooksul on tähtis vältida anuma ümber tuuletõmbuse või muu õhu liikumise tekitamist, kuna see võib anuma põhja kogunevat süsihappegaasi segada. Süsihappegaasi koguse suurendamiseks ja kustutamise mõjusamaks visualiseerimiseks võib äädika ja sooda kokkusegamisega tekitada kõrgesse klaasi või muusse anumasse hulgaliselt süsihappegaasi, mida küünaldele valada. Ka sellega saab leegi kustutada.
- **Tule kustutamine (väliekspärimine)** – pott või pann asetatakse kivi- või asfaltplatsile, süttimisohtlikest esemetest vähemalt 3 m kaugusele. Potti või panni pannakse põlevat materjali, mis kaetakse kergelt süütevedeliku või -geeliga (MITTE bensiiniga!) ja süüdatakse. Noortel lastakse proovida nii tuleteki kui ka tulekustuti kasutamist. Räägitakse, miks ei tohiks kasutada taolise katsega bensiini (plahvatusoht!) ja miks ei tohi mitte kunagi süttiva aine pudelist põlevale leegile süttivat ainet juurde valada. Kui noorte, juhendaja ja teiste läheduses viibijate ohutus on tagatud, võib viimast proovida süütevedeliku pudeliga, mis on tugevasti kinnitatud vähemalt 2 m pikkuse toki otsa. Pudel peab olema peaaegu tühi, kindlasti mitte üle viiendiku täis. Noored peavad sel juhul olema tulekustutiga valmis vähemalt 10 m kaugusel juhendaja selja taga (mitte mujal!). Juhendaja peab kasutama ohutusvahendeid ja tagama ümberkaudsete inimeste ohutuse. Tokist tuleb kõvasti kinni hoida, kuna pudelist saab rakett, millest pritsib kütust välja. Seetõttu on väga oluline, et pudelis oleks vaid natuke kütust. **NB!** Koolitust peaks läbi viima volitatud spetsialist, ent kui taolist inimest pole, tuleb juhendajal enne noortega katse kordamist teha seda katset paar korda teise inimese järelevalve all!

Commented [MOU1]: Kooli? Huviringi asukoha?

- **Paberpanni/veeõhupalli kuumutamine lahtisel leegil** – pannakse tähele, kuidas vee soojusmahtuvus hoiab paberi süttimast ja õhupalli lõhkemast. Edasijõudnud võivad proovida paberi peal muna praadida.
- **Butaanimullid** ehk põlevad mullid märgade käte peal (teha vaid mõistlike ja julgete osalejatega, esmalt tuleb katse ise ette näidata). Varem elutute objektide peal katsetatud teooriat katsetatakse enda peal, kinnitades usku vee soojusmahtuvuslikesse omadustesse. Enne eksperimenti teeb katseisik käed küünarnukkideni märjaks. Seejärel tekitatakse seebivees butaangaasiga põlemisohtlikud gaasimullid, millest mõned katseisik peopesadele võtab. Mullid süüdatakse ja katseisik viib käed kohe kiire liigutusega laiali ega saa põletada.

TÖÖVAHENDID

Suur ja läbipaistev kõrgete servadega anum või karp, pott või pann, põlev materjal (tekstiil, ajalehed vms), süütegeel/-vedelik või diislikütus (MITTE bensiin!), tuletekk, tulekustuti (pulber, võimalusel ka CO₂), butaangaas (igas ehitus- ja matkapoes) või metaangaas, nõudepesuvahend, veeanumad, tulekindlad kindad, visiir, keevitaja põll või muud kaitseriided, pika otsaga süütaja või pikad tikud, soovi korral äädikas, sooda või kuiv jää.

ÕPPEMATERJALID

- Tuletööde tuleohutusnõuded (eesti keeles): <https://www.riigiteataja.ee/akt/22764>.
- Tuleohutuskoolitus Rääma põhikooli näitel (eesti keeles): https://www.raama.ee/elmo/TURVALINE_KOOL/Toimunud_koolitused/Tuleohutuskoolitus_2015.pdf.
- SPARK Makerlabi insenerinduse näidisõppekava (otsi märksõna „butaanimullid“) (eesti keeles): http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc.
- Ohutusjuhend poiste tööõpetuse õpetajale (eesti keeles): http://www.syg.edu.ee/dokumendid/ohutusjuhendid/syg_ohutusjuhend_poiste_toopetus.pdf.
- Tulekahjude kustutamine varajases staadiumis (inglise keeles): <https://www.wikihow.com/Extinguish-a-Fire-at-the-Initial-Stages>.
- Teadusteatri katsete kirjeldused (otsi märksõnu „butaanimullid“ ja „õhupalli ja vee katse“) (eesti keeles): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>.
- Butaanimullid (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=FTLuQ2b2DBg>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: tuleohutus, butaanimullid, ohutusjuhend, tulekahju kustutamine.

Inglise keeles: *fire safety, butane bubbles, methane bubbles, how to extinguish fire, how to put out fire.*

2. Teater ja improvisatsioon: kindlus, vabadus ja mäng (4 tundi)

Etteastete edukus sõltub ennekõike sellest, kui enesekindlalt ja vabalt esineja publikuga suhtleb. Alles seejärel muutub tähtsaks etteaste sisu. Selleks, et noortel oleks esinemisjulgest, peavad nad välja astuma enda mugavustsoonist ja astuma publiku ette. Selleks, et esinejad tunneksid ennast vabalt, peab neil olema oskus kontvõõrastega suhelda ja oskus täbaratest olukordadest kiire ja ratsionaalse mõtlemisega välja tulla. Teisisõnu õpivad noored alustuseks teiste osalejate ees emotsioone näitama ja improviseerima.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Soojendavad jäämurdjad** – noored on mõnes tunnis kokku saanud, võib-olla isegi varem, ent nüüd on aeg teineteisega lähemalt tutvuda. Improvisatsioonimängude entsüklopeediast võib leida terve hulga jäämurdjaid, millega panna inimesi omavahel vabamalt suhtlema. Üheks võimalikuks näidismänguks on ahvimismäng. Osalejad seisavad ringis ja üks neist alustab žesti või häälsusega, mida tema kõrval olev inimene peab imiteerima, lisades liigutustesse rohkem ulatust või häälsustesse rohkem emotsioone. Kui eneseväljendus läheb liialt tõmblemiseks ja mõirgamiseks, võib jätkata natuke aega vastupidi: iga järgmine inimene peab liigutama vähem ja võtma häälsustest või näoilmetest emotsioone vähemaks.
- **Teadusuudis** – nelja (või rohkemasse) anumasse kogutakse väikestele paberlipikutele valikuid järgnevatest teemadest:
 - teadusvaldkond (nt füüsika, keemia, geograafia, bioloogia jne);
 - elusolend (nt šimpans, madu, teadlane, pensionärid, siga, sipelgas, rott jne);
 - elutu objekt või materjal (nt teemant, grafiit, kirka, õhupall, tikk, aatom, DNA jne);
 - mõõtmisvahend või -meetod (nt mõõdulint, spektromeeter, silm, sirkel, magnetresonantstomograafia jne).

Õpilased võtavad igast anumast ühe sedeli, mõtlevad 1–3 minutit ja esitavad teistele võimalikult elavalt väljamõeldud teadusuudise, mis sisaldab kõiki valitud märksõnu. Eesmärk on esitada väljamõeldud lugu elavalt ja nii pikalt ja ladusalt, kuni tekib mõttepaus (vaikus või „eeee...“ vms). Kui jutud jäävad liiga lühikeseks või tuimaks, võib teemavaldkondi (anumaid) või sõnu juurde lisada. Juhul, kui õpilased ei suuda jooksvalt juttu välja mõelda, võib neile anda võimaluse lugu paberile kirja panna ja see seejärel ette kanda.

- **Etüüd** – õpilased leiavad väikestes rühmades ühe teadusuudise, mille sisu lühikese improvisatsioonil rajaneva lavalise õppeülesandena teistele ette kanda. Kui ülesanne osutub liiga lihtsaks, võib ette võtta mitu teemat või lasta etüüdi esitada pantomiimina ehk tummnäidendina.

TÖÖVAHENDID

Paberid, pliiatsid, käärid, toolid, teip, soovi korral rekvisiidid.

ÕPPEMATERJALID

- Õpime läbi mängu (eesti keeles): <https://www.kodutytar.ee/download/magister/magister-maria-tamming.pdf>.
- Linke meeskonnamängudele (eesti keeles): <http://www.inspiratsioon.ee/meetodid/>.
- Mängude andmebaas (eesti keeles): <https://www.juvenile.ee/arhiiv/wp-content/uploads/2006/07/games.pdf>.
- Improvisatsioonimängude entsüklopeedia (inglise keeles): <http://improvincyclopedia.org/>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: improvisatsioon, jäämurdja mäng, meeskonnamängud.

Inglise keeles: *improvisation, improv games, icebreakers, team games, improv wamup.*

3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod (4 tundi)

Me kasutame neid, ent mida täpsemalt tähendavad märksõnad teadus, teaduslik meetod, artikkel, eksperiment ja teaduskommunikatsioon? Tutvutakse teadlaste liigitustega, võrreldakse neid leidurite ja inseneridega ning kummutatakse arusaam, et teadus on seotud vaid füüsika ja keemiaga (psühholoogia, bioloogia, sotsioloogia, ajalugu jne). Tuuakse näiteid probleemidest, mida teadlased on lahendanud ning selgitatakse proovimise ja läbikukkumise vajalikkust.

Uuritakse, milliseid loodusnähtusi ja -seadusi on ajalooliselt tänu teadusele inimeste hüvanguks ära kasutatud, tuginedes eri allikatele ja tehes ettekandeid. Kokkupuude igapäevaste nähtuste ja objektidega võimaldab luua aluse, mis paneb õpilasi küsima, miks nende ümber olevad asjad toimivad nii nagu nad toimivad.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Sissejuhatus teadusesse** – õpilastega luuakse ühtne terminibaas, st jõutakse ühise arutelu käigus konsensusele, kes on teadlane, kas ja kuidas ta erineb insenerist ja mida tähendab teadus kui selline. Tutvutakse põhjalikumalt selliste mõistete sisuga nagu teaduslik meetod, artikkel, eksperiment, statistika, usaldusnivoo, valim, viga (hälve). Räägitakse, kuidas need teaduse objektiivsemaks muudavad. Arutletakse, mis on pseudoteadus ja milliste tundemärkide järgi võib öelda, et infoallikas on ebausaldusväärne.
- **Müüt või teadus?** – noortele esitletakse fakte ja müüte ütle mata, kas tegu on ühe või teisega. Osalejate eesmärk on grupiviisiliselt arutleda, kuidas teadusliku meetodi abil esitletud väidete kontrollimiseks hüpoteese esitada ja katseid kavandada. Loogiliste arutelude toel võib kiiresti välja selgitada, kas tegu on tõe või müüdiga. Noortele võib lisaks anda ligipääsu internetti, kust nad peaksid leidma vähemalt kolm erinevat usaldusväärset allikat, mis lükkavad müüdi ümber või näitavad, et tegu on faktiga.
- **Kiirteadus** – õpilased mõtlevad ja viivad väikestes rühmades läbi teaduslikke töid, mida saaks teha vähem kui kümne minutiga (sobiliku pikkusega teadusetenduseks), sealhulgas rahvaküsitlused. Näiteks „Kas võine poole jääb alati allapoole, kui võileib maha kukub?“, „Kas heledama juuksevärviga inimestel on väiksem IQ?“, „Kui kaua magavad teismelised võrreldes täiskasvanutega?“, „Hamburgeri koostise sõltuvus sööja nutitelefoni margist“ jne. Kui teemasid on raske välja mõelda, võib enne näidisteemad koos vahenditega ette valmistada.

TÖÖVAHENDID

Internet, vajaduse korral paber ja pliiatsid (kuna teadus on ikkagi andmete kirjanek!).

ÕPPEMATERJALID

- Teaduslik meetod (eesti keeles): https://et.wikipedia.org/wiki/Teaduslik_meetod.
- Sissejuhatus teaduslikku meetodisse ja näide saaviilu röstimisega (inglise keeles): <https://www.khanacademy.org/science/high-school-biology/hs-biology-foundations/hs-biology-and-the-scientific-method/v/the-scientific-method>.
- Esitlus ja näidisülesanded teaduslikust uurimismeetodist bioloogia näitel (eesti keeles): <http://www.ebu.ee/esitlus/TUM.ppt>.
- Teaduslik meetod lastele (inglise keeles): <https://littlebinsforlittlehands.com/using-scientific-method-experiments-kids/>.

- Teadusliku meetodi humoorikas näide (inglise keeles): <https://youtu.be/6FvSXl2iBcA>.
- 25 näidismüüti, mille teadlased on ümber lükanud (inglise keeles): <https://thebestschools.org/magazine/25-popular-science-myths-debunked/>.
- 10 vääraks osutunud müüti, mida igaüks teab (inglise keeles): <https://science.howstuffworks.com/science-vs-myth/everyday-myths/10-false-science-facts.htm>.
- Pseudoteadus (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Pseudoteadus>.
- Jaburate avastuste ja leiutiste IG Nobeli preemiad (inglise keeles): <https://www.improbable.com/ig/winners/>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: teaduslik meetod, teaduslik uurimismeetod, müüdid ja teadus, pseudoteadus.

Inglise keeles: *scientific method, myths and science, IG Nobel Prize, false science, pseudoscience.*

4. Füüsika ja matemaatika: rõhk ja õhk (12 tundi)

Teadusteatri eesmärk on seletada publikule loodusnähtusi lihtsate analoogiatega. Selleks, et noored esinejad teaksid, mida esitleda ja miks nähtused just nii töötavad või toimivad nagu nad peaks, tuleb osalejatel teha ise enne praktilisi katseid, kus nad nähtustega põhjalikumalt tutvuvad. Hea on alustada just füüsikalise nähtustega. Kõikjal, kus on õhk, on ka rõhk, ent mitte ilmingimata vastupidi. Mõelge õpilastega selle peale, miks see nii on.

PRAKTIKASE TÖÖD

- **Õhk kaalub!** – looge tasakaalustatud kaal (latt, mis on massi keskmest üles riputatud) ja kinnitage mõlemasse otsa õhupall. Veenduge, et kaal on tasakaalus. Kui üks õhupall täis puhutakse, võib tähele panna, kuidas kaal hakkab kalduma, näidates, et õhul on kaalu.
- **Ühendatud õhupallid** – ühendage omavahel kaks täpselt ühesugust õhupalli (kummi)toruga nii, et üks õhupall on rohkem õhku täis kui teine. Katse alguses hoitakse toru kinni ja küsitakse, et mis saab, kui toru vabastada. Intuitsioon ütleb, et õhupallid saavad võrdselt täidetuks, kuigi tegelikult jookseb väiksem õhupall õhust tühjaks selle õhupalli suunas, kus on rohkem õhku.
- **Miks on pisikesi õhupalle raske puhuda?** – vastus peitub eelmises katses. Mida väiksem on õhupall, seda tihedam on materjal, millest õhupall koosneb, ja seetõttu on suurem ka jõud, mille abil õhupall oma esialgset kuju tahab hoida. Teatud nivoo ületamisel läheb puhumine juba lihtsamaks.
- **Süstlad ja rõhk** – ühendage kaks (erineva mahuga) süstalt omavahel voolikuga ja laske osalejatel nendega mängida. Kui palju teine kolb liigub, kui esimest suruda? Milline tunne tekib, kui suruda mõlemat kolbi korraga?
- **Ajalehega joonlaua murdmine ehk õhurõhu visualiseerimine** – rõhk on võrdeline kehale mõjuva jõuga ja pöördvõrdeline kehade kokkupuute pindalaga. Kui panete joonlaua laua servale nii, et napilt alla poole jääb üle laua serva, ja lööte seda tugevasti, lendab joonlaud teadmata suunas, ent ei lähe katki (kui just liiga tugev lööja pole). Kui asetate joonlaua lauapealsele osale aga laiali laotatud ajalehe, suurendate pindala, mis õhurõhule vastu peab panema. Kui nüüd joonlauda lüüa, ei lenda see teadmata suunas minema, vaid läheb katki.

- **Sifoonivõistlus** – võistkondade eesmärk on saada võimalikult kiiresti laual olevast veeanumast vesi põrandal olevasse anumasse ilma, et nad laua peal olevat anumat liigutaksid. Kasutada on kõrrid ja teip. Teadusetenduses saab sifooninähtuse seletamiseks kasutada voolikut ja suuremaid anumaid, ning rääkida nähtuse kasutamisest näiteks diiselauto kütusepaagi tühjendamisel, kui sinna on ekslikult valatud bensiini. Niisamuti aitab nähtus seletada aerosoolvärvi toimimispõhimõtet.
- **Cartesiuse tuuker** (vt õppematerjalid) – õpilastele tutvustatakse rõhu olemasolu ja kasutust allveelaevades ja sukeldumisevahendites lihtsa katseseadeldisega, mida õpilased saavad ise meisterdada. Heaks näitevahendiks on lisaks veega ja paari õhumulliga täidetud (nõelata!) süstlad. Kui hoida süstla otsast kinni ja kolbi tõmmata, tekib süstla sisse alarõhk ja me näeme, et mullid suurenevad. Selle abil saab seletada, mis juhtub, kui sukeldudes liiga kiiresti veepinnale tõusta. Kui Cartesiuse tuukrile lisada konks ja panna pudeli põhja „aare“ ülespoole konksuga, saab katsevahendist teaduslik mänguasi.
- **Knopkad ja mitteplahvatavad õhupallid** – ühe knopkaga surudes on knopka teraviku pindala väga väike, mistõttu on tekkiv rõhk väga suur ja knopkaga kokku puutunud õhupall lõhkeb. Kui suurendame kokkupuute pindala, näiteks pannes lauale vähemalt 10 knopkat ja surudes nendele õhupalliga, see ei purune, sest pindala suurenedes rõhk väheneb.
- **Õhupallid pudelis** – pange õhupalli ots pudelisse ja tõmmake õhupalli suue pudeli suudme peale. Üritage õhupalli täis puhuda. See ei õnnestu enne, kui pudelisse auk teha, sest pudelis oleval õhul pole kuhugi minna.
- **Muna pudelisse** – üks klassikalisemaid teadusteatri katseid. Keedetud muna keskosast natuke väiksema suudmega klaaspudelisse visatakse põlev paberi- või riidetükk, misjärel asetatakse muna pudeli suudmele. Nagu tuleohutusest õpiti, saab põleval materjalil hapnik otsa, mistõttu leek kustub ja keskkond jahtub. Kuna jahedam õhk on tihedam kui soe õhk, tekib pudelis alarõhk, mida ümbritsev õhurõhk üritab kompenseerida. Muna, mis niisama lihtsalt pudelisse ei mahtunud ja mis on kahe õhurõhupiirkonna vahel, surutakse rõhu toimele pudelisse. Muna asemel võib kasutada veega täidetud õhupalli, mille abil saab lihtsamini demonstreerida katse teist osa. Kui keerad klaaspudeli tagurpidi ja puhud joogikõrrega pudelisse õhku juurde, tekitab pudelis ülerõhu, mis surub muna/õhupalli taas välja.
- **Baromeeter** – lihtne katse- ja mõõtevahend, mis aitab iseloomustada õhurõhu muutumist. Lõigake üks suurem õhupall pooleks. Suudmeta õhupalli osa tõmmake väiksema purgi peale ja asetage see suuremasse purki. Suudmega õhupalli osa tõmmake suurema purgi peale, veendudes, et kummalgi juhul ei pääse õhk läbi õhupallist loodud membraani. Tõmmates õhupalli suudmest ülespoole, tekitame suures purgis hõrenduse, mida on näha ka väiksest purgist baromeetri peal. Suure purgi membraanile vajutades liigub väikese purgi membraan kaasa.
- **Hõrendus ja veetorn** – nähtuse poolest sarnane katsega, kus pannakse muna pudelisse. Veega täidetud kausi keskele asetatakse küünal nii, et seda oleks võimalik süüdata. Põlevale küünlale asetatakse klaas. Leegi kustumisel tõmmatakse tekkiva hõrenduse toimele vesi tagurpidi klaasi. Selleks, et lisada visuaalselt huvitavale katsele teaduslikku poolt, saab klaasile enne kirjutada mahuühikud, mille järgi saab näha, kui palju õhk kokku tõmbus.

- **Õhu paisumine** (vt õppematerjale) – katsevahend, mis demonstreerib ühes pudelis paisuva õhu mahtu, surudes teisest pudelist vedelikku kolmandasse.
- **Magdeburgi poolkerad** – need katsevahendid, mida esitleti esimest korda 17. sajandil, iseloomustavad vaakumi tekitatavat rõhku ja seega ka jõudu, mida vaakum võib avaldada. Samal viisil saab vaakumit katsetada ka (nõelteta!) süstaldega, hoides sõrme süstla otsal ning tõmmates kolvi vaakumisse. Magdeburgi poolkeradega saab olenevalt nende ehituskvaliteedist proovida eri objektide tõstmist, omavahelist rammu jne.
- **Purgi kortsutamine** – negatiivset õhurõhku dramaatilisemalt iseloomustav katse, kus alumiiniumpurki pannakse natuke vett, mis kuumutatakse keemiseni (NB! Purki hoitakse tangidega, käes kuumakindlad kindad). Seejärel keeratakse purk järsult tagurpidi otse jääkülma vette (jää + vesi). Vesi kondenseerub kohe ja tõmbab purgi kortsu.
- **Plahvatus** (valikuline, ohtlik; enne katset on vaja hoiatada läheduses viibijaid!) – positiivset õhurõhku dramaatiliselt iseloomustav katse, kus väiksesse pudelisse pannakse kuivjäägraanulid (üle ½ täidetult) ja soe vesi. Korki peale keerates pigistatakse pudelit nii, et see oleks veidi kortsunud. Pudel visatakse veetünni või tühja maalapi peale kohas, mis on vähemalt 50 meetrit inimestest eemal.
- **Bernoulli efekt** (edasijõudnutele) – nähtus, mis aitab seletada, kuidas lennukid lendavad või miks tormide ajal majade katused pealt võivad lennata. Hoides tavalist paberit kahe sõrme vahel ja puhudes mööda paberi pinda pealtpoolt, tõuseb paber üles, kuna paberi pinnal on madalam rõhk. Nii saab näiteks WC-paberi rulli puhuriga laiali lennutada (vt õppematerjale). Lauatennisepallid saab õhu- või veekoridori lendama panna, kuna äärtes on madalam rõhk ja efekt on sarnane.

TÖÖVAHENDID

Süstlad, voolik, joonlauad (min 30 cm), ajalehed, veeanumad, kõrred, teip, topsid, plastpudelid, plastiliin, vesi, õhupallid, knopkad, klaaspudel, paber, tikud, muna, taldrik, küünel, soovi korral toiduvärv, klaas, pliit, veekeetja, gaasipõleti, kuumakindlad kindad, tangid, [Magdeburgi poolkerad](#) (võimaluse korral), kuivjää (valikuline), lauatennisepallid, föön, niit, kõrs, paber.

ÕPPEMATERJALID

- Timmu teadusteater: rõhk (eesti keeles): <https://youtu.be/DqfQvQ83WZ8>.
- Timmu teadusteater: õhk (eesti keeles): <https://youtu.be/h83e4CABjgo>.
- Õhk kaalub (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=o5LT_wfI98w.
- Ühendatud õhupallid (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=rSnnScAyljI>.
- Ühendatud õhupallide füüsika ja matemaatika (inglise keeles): <https://www.physicsforums.com/threads/hooks-law-for-a-balloon.670566/>.
- Joonlaua õhurõhuga murdmine (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=kRR0ClugaX4>.
- SPARK Makerlabi insenerinduse näidisõppekava (otsi märksõnu sifoon, Cartesius või Leiden) (eesti keeles): http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc.
- Vee transportimine (eesti keeles): <http://rakett69.ee/internetisaated/vi-hooaeg/saade/151116934>.

- Sifooni põhimõtet kirjeldav video (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=CZmP0vsRBZ8>.
- Cartesiuse tuukri mäng plastpipeti, plastiliini ja traadiga (eesti keeles): <http://opik.fysika.ee/index.php/exp/display/570/8045>.
- Cartesiuse tuuker kõrte ja plastiliiniga (inglise keeles): <https://youtu.be/5Su1JcqhV9s>.
- Teadusteatri katsete kirjeldused (otsi märksõna rõhk) (eesti keeles): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>.
- Õhupalli puhumine pudelis (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=Grziaq-caVE>.
- Muna/õhupall pudelisse (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=axbFo-wsp4g>.
- Baromeeter (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=pL6BthjvTZ4>.
- Hõrendus ja veetorn küünlata, teaduslikult (inglise keeles): <https://youtu.be/1S7Qd04oL-o>.
- Purgi kortsutamine (inglise keeles): <http://scifun.chem.wisc.edu/HomeExpts/COLLAPSE.html>.
- Pudeli plahvatus kuivjääga (inglise keeles): https://en.wikipedia.org/wiki/Dry_ice_bomb.
- Bernoulli efekt (inglise keeles): <https://youtu.be/PF22LM8AbII> ja <https://youtu.be/mNHp8iyvlio>.
- Bernoulli efekt ja WC-paberi rull (inglise keeles): <https://youtu.be/gtzVIXO7zh8>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: rõhk, õhurõhk, sifoon, Cartesiuse tuuker, muna pudelisse, Magdeburgi poolkerad, Bernoulli efekt.

Inglise keeles: *air pressure newspaper experiment, (air) pressure, siphon, Cartesian diver, egg into the bottle, burning candle in water experiment, air pressure experiments, Magdeburg hemispheres, Bernoulli.*

5. Keemia ja materjaliteadus: kodukeemia (8 tundi)

Keemia, millega noored kõige varem ja kõige rohkem kokku puutuvad, satub neile kätte kodudes ja ennekõike köögis. Kodukeemia teema all uuritakse, mida võib köögis omavahel kokku segada ja mida mitte. Katsed, millega noored kokku puutuvad, on üldjoones ohutud.

PRAKTIKASE TÖÖD

- **Kodukeemia ohutus** – noortele tutvustatakse, mida teha, kui äädik- või sidrunhappe või kangem hape satub silma või suuremas koguses meie seedesüsteemi. Tuleb tähele panna, et oksendades läbib hape söögitoru kahel korral: sisenedes ja väljudes. Seetõttu tuleks veenduda, et oksendamisel oleks vedelik juba neutraliseeritud või vähemalt lahjendatud.
- **Äädika ja soodaga õhupallide täitmine** – pange pudelisse natuke äädikat ja õhupalli lusika abil soodat. Tõmmates õhupalli pudeli otsa ja lastes soodal pudelisse pudeneda, tekib hulgaliselt süsihappegaasi, mis õhupalli täidab. Siit ja edaspidi võib äädikhappe ja sooda asemel kasutada ka koolat ja Mentost – efekt on sarnane, kuigi tihti keevalisem.
- **Vahukoletis** – võtke suurem kooniline kolb, lisage sinna 10 teelusikat söögisoodat, lisage juurde pisut toiduvärvi, segage tekkinud segu korralikult läbi. Lisage järgmisena korralik kogus nõudepesuvahendit ja lõpetuseks valage juurde äädikhapet. Äädikhappe kogus sõltub sellest, kui kiiresti gaas eraldub.

- **Veeklaas ja mündid** – sissejuhatusena pindpinevusse valavad noored klaasid ääreni vett täis ja hakkavad klaasi münte lisama. Mida kõrgemale veesammas tõuseb, seda ettevaatlikumalt tuleks münte lisada. Võib tähele panna, et veetase tõuseb klaasi äärest kõrgemale, enne kui vesi hakkab üle ääre voolama. Niisamuti võib uurida, kui palju tilku müntidele mahub.
- **Toiduvärvid ja pindpinevus** – õpilased jagatakse gruppideks ja igaühele antakse veega või piimaga kaetud taldrik, mille peale pannakse ühtlaselt näputäis pipart või tilgutatakse toiduvärvi (ei segata!). Asetades nõudepesuvahendiga kaetud sõrme taldriku peale, eemaldub pipar kiiresti. Värvikama katse jaoks võib kasutada piima ja toiduvärve. Tutvustatakse pindpinevuse olemasolu ja nõudepesuvahendi mõju selle lõhkumisele. Pärast seda pannakse veeanumasse kirjaklambreid ulpima ja lõhutakse tasakaal pesuvahendi lisamisega. Tuuakse paralleelse loodusega (liugurid) ja igapäevaga (seebimullid). Õpilased võivad tilgutada veetilku (ja seebiveetilku) eri pindadele (paber, laud, teflonpann) ja jälgida märgumise erinevusi. Nähtusest arusaamine nõuab rohkem eelteadmisi.
- **Oobleck ehk mittenjuutonlik vedelik** – kui omavahel segada kokku kartuli- või maisitärklis ja vesi, saadakse vedelik, mis on väga viskoosne ehk vähese voolavusega, ent kiiretel kokkupuudetel-löökidel tahke. Kui ooblecki teha terve vanni- või basseinitäie, võib sellest üle joosta, ent seisma jäädes vajutakse sisse.
- **Lima** – vt õppematerjale. Hea abivahend iseloomustamiseks voolamist, viskoossust ja tihedust.
- **Vedelikutorn** – kasutades kodukeemia vedelikke, luuakse värviline mitmekihiline vedelike „torn“, mis seletab nii ainete tiheduste erinevusi, pindpinevust kui ka segunemisvõimet.

TÖÖVAHENDID

Kodused kemikaalid, pudel, õhupall, suur kooniline kolb, klaaspulk, suur kandik, söögisooda, nõudepesuvahend, toiduvärvid, äädikhape, tärklis, vesi, kõrge äärega laiemad anumad (nt küpsetusvormid), kork, valikulise töötoa korral torusiil ja pudelid.

ÕPPEMATERJALID

- Kodukeemia ohutuse tagamine (lk 14) (eesti keeles): https://www.haigekassa.ee/sites/default/files/2017-10/vigastuste_valtimine.pdf.
- Päästeameti keemiaspetsialist kodukeemia ohutusest (eesti keeles): <https://www.aripaev.ee/uudised/2005/03/23/ohtlikke-jaatmeid-ei-tasu-kapinurka-jatta>.
- Õhupallide täitmine äädika ja soodaga (inglise keeles): <https://www.kiwico.com/diy/Science-Projects-for-Kids/3/project/Magic-Inflating-Balloons/2605>.
- Vahukoletise katse kirjeldus (otsi märksõnu vahukoletis, Coca-Cola ja Mentose katse) (eesti keeles): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>.
- Mis juhtub, kui juua äädikat ja soodat korraga (mittesoovitav!) (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=IHTbuFhdjLs>.
- Kuidas teha ooblecki ehk mittenjuutonlikku vedelikku (inglise keeles): <https://littlebinsforlittlehands.com/non-newtonian-fluids-cornstarch-science-activity/>.
- Oobleck suurel skaalal (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=JfppdyGHw>.
- Üle 20 limaretsepti (inglise keeles): <https://littlebinsforlittlehands.com/homemade-slime-recipe/>.

- SPARK Makerlabi insenerinduse näidisõppekava (otsi märksõna pindpinevus) (eesti keeles): http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc.
- Toiduvärvid ja pindpinevus (eesti keeles): https://omad.fyysika.ee/media/exp_kasutusjuhend/223_Piimavikerkaar.pdf.
- Vedelikutorn (inglise keeles): <https://www.kiwico.com/diy/Science-Projects-for-Kids/3/project/Density-Tower/2601>.
- Kõõgiviljade ujuvus ja tihedus (eesti keeles): [http://uurimislabor.teaduskool.ut.ee/user/themes/uurimislabor/assets/koogiviljade-tihedus-ja-ujuvus\[1\].pdf](http://uurimislabor.teaduskool.ut.ee/user/themes/uurimislabor/assets/koogiviljade-tihedus-ja-ujuvus[1].pdf).
- Valik lihtsaid kõõgikeemia eksperimente (inglise keeles): <https://littlebinsforlittlehands.com/4-mini-easiest-kitchen-science-activity-trays/>.

MÄRK- JA OTSINGUSÖNAD

Eesti keeles: äädikas ja sooda, äädikamürgistus, mittenjuutonlik vedelik, pindpinevus, kodukeemia katsed, vedelike tihedus.

Inglise keeles: *vinegar and baking soda, kitchen chemistry experiments, DIY slime, oobleck, non-newtonian fluid, food colors and surface tension, density tower, liquid layers, hot ice, Mr. Wizard's world.*

6. Roheline, valge ja pruun loodus: toiduteadus (8 tundi)

Inimene on bioloogiline olend, kes vajab ellujäämiseks bioloogilist materjali ehk sööki. Toit ei tule poest, vaid maamullast, taludest või tööstustest, kus toiduaineid töödeldakse. Toiduteaduse teemas tutvustatakse noortele lähemalt toiduga ja toidu töötlemisega seotud teaduslikke katseid.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Sool ja muna** – püstita osalejatele väljakutse panna muna laua peale püstisesse asendisse. See on võimatu ülesanne, kuid kui panna muna väikese soolakupi sisse ja puhuda sool minema, jääb muna püsti, kuna väikesed soolakristallid aitavad sellel püsti püsida. Tegu on lihtsa ja kiire katsega, mis sobib üleminekuks ühelt teemalt teisele.
- **Soolvesi ja muna** – võtke kolm klaasi, millest üks on täidetud veega, teine soolveega ja kolmas poolenisti veega. Proovige esimesse kahte panna kord toores, kord keedetud muna. Milliseid erinevusi võib märgata? Viimasesse klaasi pange natuke soola, segage läbi ja pange sinna muna. Sellele vett peale valades jääb muna klaasi keskele hõljuma. Katse demonstreerib hästi tiheduste erinevust ja vee ülestõukejõudu. Enne iga muna lahusesse laskmist saab osalejatelt uurida, mida nad arvavad, mis juhtub. See annab hea võimaluse tuua analoog väga soolase Surnumere ja ujuvusega.
- **Paljas pörkemuna** – võtke suurem klaasist kauss, valage sisse 0,5–1 l äädikhapet ning asetage toored kanamunad ettevaatlikult äädikhappe sisse. Äädika ja munas leiduva süsiniku (täpsemalt kaltsiumkarbonaadi) reaktsiooni tulemusel eraldub süsihappegaasi nii kaua, kuni süsinik munast otsa saab. Katse tulemuse nägemine võtab aega, mistõttu tuleks katse varem valmis teha, et näidata koorest ilma jäänud muna, mis vastu maad pörgates ei lähe katki. Kindlasti kanda kindaid, sest käed võivad äädikhappega kokku puutuda, kui kanamunad äädikhappesse panna.



- **Muna osmoos** – eelnevast katsest võib täheldada, et muna ruumala on esialgsega võrreldes suurenenud. Eelnevat katset jätkates saab panna muna siirupisse või kangesse soolalahusesse, mis vähendab kooreta muna veesisaldust. Seejärel võib „kuivanud“ muna asetada toiduvärviga värvitud vesilahusesse, kus muna vee endasse tõmbab ja esialgse kuju taastab. Muna asemel võib osmoosiks kasutada ka kummikaru (želatiin).
- **Teeme võid** – tänapäevane põlvkond võib ennekoike teada, et või tuleb poest, ent neil ei pruugi olla aimu, kuidas või tegelikult valmib. Võtke suletavad läbipaistvad anumad, valage sinna vahukoort ja hakake ühiselt raputama! Et esitus oleks humoorikam, võib soovi korral lisada maitseaineid. Raputamise käigus selgub või tegemise teaduslik seletus: omavahel seonduvad rasvad ja proteiinid, mis annavad võile tahke konsistentsi.
- **Teeme jäätist** – vahukoor ja moos segatakse kokku ja pannakse kilekotti (ideaalis soonkinnisega kotti). Suuremasse kilekotti pannakse jääkuubikud ja sool. Vahukoorega kilekott pannakse suuremasse kilekotti, viimane suletakse ja kaetakse käterätiga, et mitte käsi külmetada. Selleks, et jäätise tekkimise protsessi kiirendada, tuleb suuremat kilekotti raputada. Nähtuse puhul saab tuua analooge autoteede soolamisega: soola abil tuuakse lume või jää sulamistemperatuur allapoole.
- **Gluteen** – valmistage kaks erinevat tainast, üks gluteenirohke ja teine gluteenita jahu abil. Peske tõsiselt välja ja võrrelge kahe taina erinevusi. Teadusteatri kontekstis saab gluteeniga tainast mulle puhuda ja kahte erinevat tainapätsi publikule katsuda anda.
- **Pruun ja valge suhkur** – suhkrutüübiga on võimalik muuta küpsiste tekstuuri. Pruun suhkur seob rohkem niiskust kui valge suhkur. Sai, mis on jäetud pruuni suhkruga ühte karpi, murdub lihtsamini kui sai, mis on jäetud valge suhkruga karpi. See analoogia töötab ka näiteks küpsiste valmistamisel. Proovige järgi, näidake ka teistele, ja seletage, mis toimub!
- **Suhkur ja pärm** – sama suurtesse pudelitesse pannakse võrdne kogus pärm, ent erinev kogus suhkrut koos sooja veega. Pudeli otsa pannakse õhupallid ja vaadatakse näiteks etenduse lõpus, milline segu on tekitanud kõige rohkem gaasi. Võrdluse saab tuua muffinite või leiva küpsistamisega: mida rohkem suhkrut, seda õhulisem tainas. Proovige järele! Head isu!

TÖÖVAHENDID

Toored või keedetud munad, sool, klaasid, äädikhape, suurem läbipaistev anum, läbipaistvad purgid, vahukoor, jääkuubikud, sool, moos, väiksed ja suuremad läbipaistvad kilekotid või suletavad soonkinnisega kotid, segamisvahend, soovi korral käterätt, gluteeniga ja gluteenivaba jahu, pump, valge ja pruun suhkur, pärm, pudelid, õhupallid.

ÕPPEMATERJALID

- Osmoos ja „paljas muna“ (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=SrON0nEEWmo>.
- Teadusteatri katsete kirjeldused (otsi märksõna kanamuna) (eesti keeles): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>.
- Soolvesi ja muna (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=ggNI76hF6HQ>.

- Või tegemine koos teadusliku seletusega (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=Wt_RG42N3GM.
- Jäätise tegemine koos teadusliku seletusega (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=s1CpSrXa1EI>.
- Gluteen koos ettevalmistatava katsega (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=zDEcvSc2UKA>.
- Pruun ja valge suhkur (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=7gnfOwb8IKU>.
- Pärm ja suhkur (inglise ja eesti keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=qoxY0z8ukUQ> ja <https://www.facebook.com/3kolmporsakest/videos/321353538410486/>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: muna ja äädikas, soolvesi ja muna, vee filtreerimine, gluteen.

Inglise keeles: *biology science show experiments, egg and vinegar, egg and salt experiment, water filtration experiment, glutene experiment.*

7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: teadvus (6 tundi)

Teadusteatri kavades domineerivad ennekõike loodusteadused, ent teadlasi leiab ka sotsiaalsainete aladelt, nagu sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu. Selleks, et inimestele seda selgitada, tuleb enne neile teadvustada nende endi teadvust. Järgnevalt on esile toodud sotsiaalsed eksperimendid, mida on hea publiku peal katsetada, kuna inimesed saavad ise nendes kaasa lüüa ja enda teadlikkust kasvatada.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Sotsioloogiline aju poolkerade uuring** (vt õppematerjale) – lase osalejatel (või publikul) ükshaaval ennast testida ja küsimustele vastata. Kui vähegi võimalik, võiks tulemused kirja panna. Nii saab iga osaleja endast teadlikumaks ja lisaks saab iga inimese iga tulemuse kirjapanemisel demonstreerida massilise rahvaküsitluse läbiviimist.
- **Juhtsilma** – inimene kasutab objektidele tähelepanu pööramiseks ennekõike ühte silma kahest, teine annab pigem ruumilise mõõtme. Domineeriva silma leidmine pole mitte ainult tore teadmine, vaid on eriti vajalik jahimeestele, täpsuslaskjatele (vibu, püss jne) ja piljardimängijatele.
- **Refleksid ja reaktsiooniaeg** – laske ühel inimesel hoida enda käes joonlaua üht otsa, lastes sellel rippuda, ja teisel inimesel enda põialt ja nimetissõrme joonlaua alumise otsa ääres. Kui esimene joonlaua lahti laseb, kulub teise inimese ajul aega, et reageerida ja joonlauast kinni haarata. Kui tegu on lühikese joonlauaga (u 15 cm), kukub joonlaud tõenäoliselt maha. Pikema joonlaua puhul võib luua sentimeetrinäidu kõrvale ka värviskaala, mis iseloomustab inimeste keskmist reaktsioonikiirust (tekib pärast mitut katset mitme inimesega). Põnevuse lisamiseks võib joonlaua asendada rahatähga, pannes hoolega tähele, et rahatähe hoidja näpud oleksid kuivad. Vastasel juhul jääb rahatäht lahti lastes hetkeks sõrme külge kinni ja reageeriv inimene saab rahatähe kätte.
- **Fantoomkäsi** – vabatahtlikule tekitakse illusioon, nagu tal oleks veel üks käsi. Ideaalis kasutatakse mulaaži, ent katset saab teha ka täidetud kummikindaga või kinnastega. Viimasel

Commented [MOU2]: Siin peaks kuskil vist peeglit ka mainitama? Praeguses tekstis seda pole

juhul pannakse mõlemad vabatahtliku käed kindasse, sh võltskäsi. Osaleja käed pannakse lauale ja üks neist kaetakse suure linaga. Selle kõrvale asetatakse võltskäsi. Nähtaval oleva käe ja võltskäe peal tehakse samal ajal sensoorseid katseid, tekitades inimesele mulje, et ta tunneb samu puudutusi mõlemal käel. Kui võltskätt ootamatult haamriga lüüa, peaks vabatahtlik ehmudes karjatama ja käed eemale tõmbama, pidades võltskätt enda käeks.

- **Vajuvad käed** – laske vabatahtlikul kõhuli joogamatil lamada ja tõstke tema käed umbes minutiks ülespoole. Kui tema käed aeglaselt alla lasete, tekib vabatahtlikul vereringluse tõttu tunne, et ta käed vajuvad maapinnast läbi.
- **Psühholoogilised raskused** – pange sama kaaluga raskused suurde pappkasti ja väikesesse pappkasti. Kumb kast tundub vabatahtlikule tõstes raskem ja miks see raskem tundub?
- **Rööprähklemise (multitasking'u) pahupool** – korraldage rühmaga rööprähklemise eksperimente, kus üks osapool segab teise vastamist. Üks hea võimalus aju häirida on kasutada katsealusel kõrvaklappe ja kokutama panevat Stutterboxi rakendust, mis kordab inimese enda öeldud sõnu väikese viivitusega. Võib täheldada, et inimestel muutub ettekirjutatud teksti lugeminegi väga keerukaks ja kõik kõlavad kui joobnud.

TÖÖVAHENDID

Joonlaud, rahatähed, suured kindad või võltskäsi, täitematerjal, suur laua peale püsti asetatav peegel, tekk või lina, haamer, joogamatt (valikuline), pappkastid ja käepärased võrdsed raskused (nt suured pudelid, kurgipurgid vms), mobiiltelefon, kõrvaklapid.

ÕPPEMATERJALID

- Aju poolkera domineerimise katsed (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=qalaGsVqWjE>.
- Juhtsilmi (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=O2J1ul73y2A>.
- Reaktsioonaja mõõtmine aegluubis, neuroloogi kommentaaridega (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=3XM-4Qavh5k>.
- Reaktsioonaja treenimine (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=EqKogB4TpSl>.
- Psühholoogilised eneseteadlikkuse katsed: fantoomkäsi, ristatud sõrmed jne (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=5KMnZfAvlbQ>.
- Rööprähklemise eksperiment (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=AxSXiquTkXQ>.
- Kokutamiskarp (Stutterbox) (inglise keeles): <https://www.stutterbox.co.uk/>.
- Psühhobuss (eesti keeles): <http://psyhhobuss.mozello.ee/>.

MÄRK- JA OTSINGUSÖNAD

Eesti keeles: eneseteadlikkus, rööprähklemine, ajupoolkerad, juhtsilmi, reaktsiooniaeg, psühhobuss.

Inglise keeles: *proprioception, downsides of multitasking, dominant eye, self awareness experiments, reaction time tests, developing reaction time.*

8. Esinemine: kehakeel ja häääl (4 tundi)

Selleks, et alustada efektiivset teaduskommunikatsiooni, tuleb ennast kuuldavaks teha. Uurime selles teemas, mis mõju on hääle intonatsioonil, tonaalsusel, tempol ja mis need üldse on, kuidas rääkida väsimatult, selgelt ja valjult ning kuidas oma kehakeelt kasutada. Praktilised ülesanded, kus tuleb ennast omajagu piinlikesse ja totratesse olukordadesse sundida, peaksid vabastama osalejad lavahirmust, kuna piinlikkust peavad tundma kõik, mitte ainult parajasti esinev inimene.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Soojendusvõtted** – spordis on soojendusharjutused iseenesestmõistetavad, ent verbaalne ettekanne vajab samuti harjutusi, mis valmistavad hingamise ja häälepaeld ette.
- **Hääle valjus, intonatsioon, tonaalsus, tempo** – õpilased loevad ükshaaval ühte ja sama teksti teineteisele ette, esialgu normaalse häälega, juhendamata. Seejärel saavad nad ülesandeks lugeda teksti võimalikult kiiresti, monotoonselt, sosinal, väga varieeruva intonatsiooniga, kurja, sarkastilise või väga malbe tooniga, üritades imiteerida mõnda aktsenti jne. Kõlava hääle parandamiseks võib esineja panna koridori ühte otsa ja publiku teise ning lasta esinejal harjutada, kuidas häält üle koridori kanda. Vastupidi võib lasta esinejal ettekande kõrva sosistada. Igat esinemist salvestatakse!
- **Kehakeel** – valdava osa esinemise sõnumist moodustab esineja kehakeel. Nagu eelmises ülesandes kannavad noored ette ühte ja sama teksti, ent igaüks saab erineva ülesande, mida oma kehaga teha. Variantideks on näiteks meritäht (käed ja jalad laiali), WC-järjekorras (käed ja jalad risti), jooksja (kohapealne sõrk), *tai chi* (keha pidevas aeglases liikumises), Angela Merkel (sirge nagu post, käed enda ees ja sõrmeotsad koos), osutaja (iga lause lõpus tuleb millelegi osutada), ahv (tuleb ennast pidevalt sügada), kivi (tuleb kükitada ja kätega põlvede ümbert kinni hoida) ja nii edasi terve ettekande jooksul. Igat esinemist salvestatakse!
- **Ettekannete analüüs** – varem salvestatud ettekandeid analüüsitakse ja võrreldakse omavahel. Mis takistas sõnumi edastamist ja mis jättis esinejast enesekindlama mulje? Iga noor saab piinlikkust tunda ning iseennast kõrvalolija pilguga vaadelda ja hinnata.
- **Kodune ülesanne** – õpilased räägivad iseendaga peeglis. Nii lihtne see ongi. Eesmärk on saada enda kehast, näoilmetest ja häälest teadlikuks ja iseennast aktsepteerima.

TÖÖVAHENDID

Videokaamera (nutitelefon), hääle kadumisel [GeloRevoice](#).

ÕPPEMATERJALID

- Hingamisharjutused (eesti keeles):
http://stud.sisekaitse.ee/teppan/Esinemine/kik_algab_hingamisest.html ja
http://stud.sisekaitse.ee/teppan/Esinemine/hingamise_harjutused.html.
- Hääle soojendamise võtted ja hääle hoidmine (eesti keeles):
http://stud.sisekaitse.ee/teppan/Esinemine/kuidas_hlt_hoida.html.
- Intonatsiooni ja tonaalsuse erinevused (inglise keeles):
<http://www.differencebetween.net/science/difference-between-tone-and-intonation/>.
- Intonatsiooni ja tonaalsuse erinevuste näited (inglise keeles): <https://youtu.be/c2Ljh2aVHi4>.

- Otsida avaliku kõne kohta (eesti keeles): http://www.indrekmeos.xyz/e_raamat/Meos_I_Logika.pdf.
- Kolm nippi, kuidas rääkida selgelt ja enesekindlalt (inglise keeles): <https://youtu.be/VrKmaYyFNOY>.
- Kuidas luua kõlav hää (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=RuXkEJzmp50>.
- Esinemishirm (eesti keeles): <http://stud.sisekaitse.ee/teppan/Esinemine/esinemishirm.html>.
- Kuidas saada üle avaliku esinemise hirmust (inglise keeles): <https://youtu.be/ryXOW1QS0ZM>.
- Kolm vastuolulist lavahirmu ületamise strateegiat (inglise keeles): <https://www.inc.com/sims-wyeth/3-counterintuitive-ways-to-cure-stage-fright.html>.
- Kuidas ettekannet alustada (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=LrjIW00kkws>.
- Ettekanded ja edukas kehakeel (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=ZK3jSXYBNak>.
- Meisterkõneleja analüüs (inglise keeles): <https://youtu.be/k8GvTgWtR7o>.

MÄRK- JA OTSINGUSÖNAD

Eesti keeles: kõnetehnika, avalik esinemine, kehakeel, lavahirm.

Inglise keeles: *speech coaching, public speaking, body language, confident voice, stage fright.*

9. Praktika: esimene etendus (8 tundi)

Pärast pikka ja põnevat aastat on õpilastel lõpuks aeg enda esimene etteaste kokku panna ja publikule ette kanda. Selleks võiksid nad saada inspiratsiooni möödunud aasta teemadest ja katsetest. Üheskoos käiakse läbi teadusetenduse loomise etapid ja koostisosad. Samuti luuakse korduma kippuvate küsimuste kogumik, mille tasuks enne igat teadusetendust algusest lõpuni üle käia. Võimalik on luua paar eraldiseisvat etendust või võtta terve rühm kokku, jagada ülesanded laiali ning teha üks läbimõeldum ja mõjusam teadusetendus.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Aasta kokkuvõte** – lisaks teemade vahekokkuvõtetele võetakse terve aasta kokku ning meenutatakse möödunud teemavaldkondi ja katseid.
- **Teadusetenduse ülesehitus ja KKK** – ühise arutelu käigus leitakse, mis peaks olema ühes heas teadusetenduses ja millised on küsimused, millele tuleb enne etendust vastata.
- **Ülesannete jaotamine ja elluviimine** – jaotatakse laiali näiteks järgnevad rollid: stsenaarist, netituhniija (internetist materjali otsija), teadlane (teadusliku sisu ja korrektsuse kontroll), eksperimenteerija (parimate koguste ja meetodite leidja), leidur (katseseadmete ehitaja), rekvisiitor (esinemisvahendite kontroll), esinejad (teadusetenduse ettekandjad), produtsent (ülevaataja, organiseerija, asjur). Ühel inimesel võib olla mitu rolli – see oleneb osalejate ja loodavate teadusetenduste arvust.
- **Harjutamine, harjutamine ja harjutamine!** – teadusetendust kantakse mitu korda teistele ette, et analüüsida vigu ja konarusi, mida annaks päris esinemises parandada, kiiremini teha, teisiti seletada või hoopiski rahulikumalt võtta.

- **ESIMENE TEADUSETENDUS!** – ülesastumine näiteks kooli lõpuaktusel, Viljandi teadusteatri festivalil või õpilaste teadusfestivalil. Pärast etenduse ettevalmistust, sh KKK ülekäimist kantakse teadusetendus ette. Ettekanne salvestatakse pärastiseks analüüsiks. On võimalik, et on palju närveerimist, ebaõnnestumisi ja kohmetust, ent võib ka mitte olla. Palju õnne, noored on astunud esimese sammu teadusteatri maastikule! Tee kindlaks, et nad saavad sellest aru.
- **Teeme jäätist, uuesti** – pärast esimese aasta edukat lõppu meenutage, kuidas saab jää, soola, vahukoore ja moosiga jäätist teha, ning nautige suve!

TÖÖVAHENDID

Mida iganes noortel vaja läheb.

ÕPPEMATERJALID

- Käesolev õppekava.
- Lihtsa ja tõhusa teadusetenduse koostamine (inglise keeles):
<https://group.sciencemuseum.org.uk/wp-content/uploads/2017/06/writing-and-performing-science-shows.pdf>

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: teadusteatri festival, õpilaste teadusfestival, teadusteatri õppekava, teadushuvihariduse näidisõppekava, teadus ja teater ja teadvus, (teadusteater) III kooliastmele (7.–9. klass).

Inglise keeles: *setting up a science show*.

II õppeaasta

1. Ohutus: elekter (12 tundi)

Kasutame iga päev elektriseadmeid ning need on muutunud meie elus iseenesestmõistetavateks abivahenditeks. Tihtipeale võib ununeda, kui ohtlikud on seadmed, mida pole korrektselt maandatud, millel on isoleerimata juhtmeid või mis on mõnel muul viisil vigased. Eriti tähtsaks muutub elektriohutuse teadlikkus teadusteatri etendustes, kus ei räägita niivõrd seadmetest, vaid nähtustest – sealhulgas elektrist. Teema keskendub ennekõike elektri mõistmisele ja ohutusele, kuna elektri teemal võib läbida pea lõputult kursuseid ja demosid.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Mis on elekter?** – eri suuruses veeanumaid ning eri läbimõõduga torusid ja lehtreid kasutades looge analoog vee ja (alalis)elektri liikumise vahel. Võimalik on seletada pinget (potentsiaali), voolu, takistust, kondensaatoreid/patareisid, ja viimaste väljundi erinevusi. Uurige, millistel juhtudel voolab vesi kõige kiiremini kõrgemast anumast madalamasse kõrguste (potentsiaali), toru läbimõõdu ja pikkuse erinevuste korral. Koostage hüpoteesid, korraldage katsed ja tehke järeldused.
- **Üldine elektriohutus** – töötage läbi allpool välja toodud elektriohutuse õppematerjal. Mängige läbi, kuidas päästa kedagi, kes on elektrivõrguga ühendatud. Tehke selgeks, millistes olukordades võib saada elektrilöögi ning kui vähesest piisab, et inimest enam elustada ei

annaks. Miks tuleb nt elektrikarjust muude vahendite puudumisel pigem katsetada käeseljaga?

- **Staatiline elekter** (töötab eriti hästi kuivas ruumis ja külmal ajal) – tutvuge staatilise elektriga, kasutades õhupalle ja paberjuppe, PVC-torusid, puuvillaseid lappe ja (jõulu)karda, isevalmistatud elektroskoopi (nt purk, mille kaanest on läbi löödud nael, mille otsa on õhukeste traadikeste otsa riputatud kaks fooliumtükki) ning Franklini kella (vt õppematerjali).
- **Leideni purk** (elektrijuhtivus, rõõp- ja jadaühendused) – valmistage noortega oma Leideni purgid ehk staatilise elektri kondensaatorid. Laadige Leideni purk elektrostaatilise hõõrumise, elektrofoori või van de Graaffi generaatoriga. Moodustage õpilastega vooluahel, alustades ringist, kus igaüks hoiab kõrvalolija kätest kinni. Ühendades ringi Leideni purgiga, kus üks osalejatest hoiab kinni Leideni purgist ja teine purgi peal olevast poldist, läbib igat osalejat võrdse hulga staatilist elektrit (hetkeline vool). Kui kordate katset, võttes teineteise taha ritta nii, et tagumine hoiab esimese inimese küünarnukkidest kinni, ja esimene inimene sulgeb vooluringi, jaotub laeng laiali ja elektrilööki on vaevu tunda.
- **Äike ja staatiline elekter** (ja maandus) – kuiva äikese (vihma ei saja) korral tõusevad inimeste juuksed püsti, seda eriti kõrgemates piirkondades või tornide otsas. Kasutades van de Graaffi staatilise elektri generaatorit või elektrofoori, on võimalik tekitada kõrgepingeline sädelahendus, mis ometi ei ole inimesele ohtlik (v.a. südamestimulaatoriga!). Laske inimesel astuda isoleeritud alusele, hoida van de Graaffi generaatori kuplist või elektrofoori ühest vardast kinni, ning andke tema teise kätte tagurpidi asetatud fooliumist taldrikud. Staatilise elektri kogunemise tõttu saavad taldrikud samamärgilise laengu ja tõukuvad teineteisest eemale. Kui osaleja on pikajuukseline, saab ta enda juukseid sasida, ja vaadata, kuidas need üksteisest eemale tõukuvad. Kui vabatahtlik puudutab van de Graaffi generaatori maandust, elektrofoori teist varrast, maandatud objekti (sh teist inimest) või astub isoleeritud aluselt maha, saab ta kerge elektrilöögi, sest laengud tasakaalustuvad.
- **Alalisvoolu generaator** – valmistage CD-mängijast elektriahel, kus mootorit ühtpidi liigutades lähevad põlema ühte värvi LED-id ning teistpidi liigutades teist värvi LED-id. Nii tekib suurepärase võimalus näidata, et elekter liigub vaid ühes suunas, kuna LED töötab vaid ühtpidi liikuva elektriga. Liigutades CD-mängija alust võimalikult kiiresti, tekib illusioon, et mõlemat värvi LED-id põlevad korraga. Nii saab seletada, et vahelduvvool on justkui alalisvool, mis pidevalt oma suunda muudab, või patarei, mille polaarsust muudetakse.
- **Kõrgesageduslik kõrgepinge** (Tesla generaator, kui võimalik) – Tesla generaator genereerib kõrgesageduslikku kõrgepinget, mis on inimesele teatud määral ohutu, kuna see ei liigu inimese nahast väga palju sügavamatesse kihtidesse. Kasutage olemasolevat lahendust või ehitage enda Tesla generaator, millega näidata, kuidas inimene elektrit juhib. Kui anda hämaras või pimedas ruumis seisva osaleja ühte kätte päevavalguslambi ja puudutades teise otsaga Tesla generaatorit, läheb päevavalguslamp põlema, kuna sealseid aatomeid ergastatakse. Vabatahtlikest saab luua terve ahela ja vaadata, mis saab päevavalguslambi eredusest.
- **Inimene ja kodune vahelduvvool** (ohtlik!) – meisterdage katsevahend, mis ühendub otse kodusse vooluvõrku ning võimaldab faasi- ja neutraalse juhtme vahele pista objekte, millega

iseloostumata vahelduvvoolu ohtlikkust. Efektseimad objektid on hapukurk, kuna selle vee- ja soolasisaldus on suur (inimese analoogia), või viiner, mis meenutab inimliha. Katse jooksul on näha värelemist, mis viitab pinge vahelduvale iseloostule. Samuti võib näidata kuivi objekte, kus vool on väiksem või lausa olematu.

TÖÖVAHENDID

Veeanumad, eri läbimõõduga (kummi)torud, lehtrid (nt pooleks lõigatud pudelid), teip, toiduvärv (soovi korral), õhupallid, paber, foolium, pudelid, alumiiniumteip, sool, vesi, PVC-toru, puuvillane lapp, võimaluse korral elektrofoor ehk Wimshursti masin, juhtmed, hapukurk, naelad/polidid, võimaluse korral van de Graaffi generaator ja fooliumtaldrikud, kard, isoleeritud alus, CD-mängija, LED-id, jootmistarvikud, võimaluse korral Tesla generaator (nt [demosõbralik versioon](#)) ja päevavalguslambid.

ÕPPEMATERJALID

- Timmu teadusteater: elekter (eesti keeles): <https://youtu.be/CH0nhNBu2tU>.
- Elektri ja vee voolamise analoogia (inglise keeles): <https://youtu.be/HX0ok3mfMLM>, <https://youtu.be/g-wjP1otQWU> ja põhjalikumalt: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_analogy.
- Alalis- ja vahelduvpinge, staatiline elekter jne (inglise keeles): <https://youtu.be/DyCHdywI5eA>.
- Elektriohutus (eesti keeles): http://materjalid.tmk.edu.ee/jaan_olt/Ohutus/PDF/Elektriohutus.pdf.
- Kumb tapab: pinge või vool? (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=9iKD7vuq-rY>.
- Elektriohutus teadusetendus (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=L8mIZIMNipQ>.
- Kõrgepingeliinide ohutusdemo (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=2Xoyb9M5-EA>.
- Destilleeritud vesi ja elekter (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=eyuN3mr-IQ8>.
- Mehdi Sadaghdar ehk ElectroBOOMi YouTube'i kanali vedaja ja elektroonikainsener, kes näitab, mida ei tohi elektriga teha (inglise keeles): <https://www.youtube.com/user/msadaghd>.
- Tee ise Leideni purk (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=xjW-isgOijs>.
- Pinge ja voolu seletus ajalooliste mehaanikaavastuste kaudu (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=iyG9_UFJVoI.
- Alalis- ja vahelduvpinge visualiseerimine (inglise keeles): <https://youtu.be/SAvYvfg41FU>.
- Mis on maandus? (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=zLW_7TPf310.
- Miks võib veekraanist või radiaatorist elektrilöögi saada? (eesti keeles): <https://bit.ly/2NvVFGs>.
- Miks kasutatakse kodudes vahelduvvoolu? (inglise keeles): <https://youtu.be/S7C5sSde9e4>.
- Maailma parim teadusesineja staatilisest elektrist (inglise keeles): <https://youtu.be/x1-SibwIPM4>.
- Triboelektriline efekt (staatiline elekter), materjalid ja elektroskoop (inglise keeles): <https://youtu.be/ey88EdZo9hU>.
- Kuidas van de Graaffi generaator töötab? (inglise keeles): <https://youtu.be/EsZQS2GOMQE>.
- Teeme ise Franklini kella (inglise keeles): <https://youtu.be/fEqdysylWzk>.
- Teeme ise Tesla generaatori (inglise keeles): https://youtu.be/0SaEPW_iMF8.

- Kuidas elektrofoor töötab? (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=nA4aCd5qFWs>.
- Alalis- ja vahelduvvoolu mõju inimesele – MITTE JÄRELE TEHA! (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=trmxzUVT2eE>, <https://youtu.be/hp97GjuULX8>, <https://youtu.be/XDf2nhfxVzg> ja <https://youtu.be/S0mEPAnlCgc>.
- Vahelduvvool ja hapukurk (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=5FO0IKUTkJO>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: elektriohutus, lühis, maandus, rõõpühendus, jadaühendus, pinge, vool, Leideni purk, elektrit juhtivad ja mittejuhtivad ained, elektrofoor, van de Graaffi generaator, staatiline elekter, triboelektrilised materjalid, Tesla generaator.

Inglise keeles: *electrical safety, short circuit, ground, earthing, Leiden jar, series and parallel, voltage, current, conductive and nonconductive substances, Wimhurst Machine, van de Graaff generator, static electricity, triboelectric effect, Tesla generator, Walter Lewin.*

2. Teater ja improvisatsioon: ideede müümine (4 tundi)

Iga inimene on hingelt müügies. Müümine tähendab siinses kontekstis enda ideede ja veendumuste edasikandmist teistele inimestele, teisisõnu vestluspartneri(te)le samade tunnete tekitamist nagu müüjal endal. Ideedeks või veendumusteks võivad olla mobiilipaketid, pensionifondid, kinnisvara, autod, poliitilised erakonnad või hoopiski imekaunid rannad, head bändid, elu eesmärk või usk teadusesse. Selleks, et olla silmapaistev esineja, peab oskama inimesi veenda ja seega neile ideid maha müüa.

PRAKTISED TÖÖD

- **Soojendusvõtted** – spordis on soojendusharjutused iseenesestmõistetavad, ent verbaalne ettekanne vajab samuti harjutusi, mis keha, hingamise ja häälepaela ette valmistaksid. Näiteks mäng „Hääletajad“, mille alguses on „juht“ üks „autos“. Ta võtab peale hääletaja, kellel on mingi tugev omadus (liigutus, korduv fraas, hääletoon, emotsioon vms). Juht võtab selle omaduse üle. „Autosse“ lisandub uusi hääletajaid. Kõik autos olijad võtavad üle sama omaduse. Lõpuks lahkuvad hääletajad vastupidises järjekorras ja ka omadused tulevad ükshaaval uuesti tagasi.
- **„Müü see mulle maha“** – osalejad valivad juhusliku loosi alusel reaalse või kujuteldava rekvisiidi, mille nad peavad veenvate argumentide najal suutma publikule maha müüa. Müümise all ei peeta silmas ainuüksi eurode vahetamist toote/teenuse vastu, vaid ka idee kui sellise mahamüümist. Näiteks kui esineja peab maha müüma suure paugu teooria, on publikul õigus tuua vastuargumente, miks see usutav ei tundu. Esineja eesmärk on kuulajaskond ümber veenda. Paremad tulemused saavutatakse paraja ettevalmistusega. Ülesannet tasub variatsioonidega korrata ja korrata, kuna nii saavad noored rohkem esinemiskogemust ja väitlemisoskusi. Ettekanded salvestatakse, et esineja saaks neid pärast analüüsida.
- **Räägi seda enda vanaemale, väikevennale või Nobeli hindamiskomisjonile** – iga esineja peab valima teadusliku artikli või uudise, millest tuleb teha lühike ettekanne. Publik võtab endale kas lasteaia, vanadekodu, vangla, Teaduste Akadeemia või muu asutuse asunike rolli, mille alusel peab esineja enda ettekannet kohandama. Aeg-ajalt lisatakse sekka ootamatusi, millega esineja peab toime tulema: mõni „laps“ tahab väga pissile minna või räägib lõpmatult kodu

Commented [MOU3]: Ja omadused kaovad? St koos hääletajatega. Ei ole aru saada, kuhu nad tagasi tulevad.

olevast mudelautost; mõni „vanur“ jääb norsates magama, karjub „Mida?!“ või luristab tatti; mõni „teadlane“ ohib, ähib ja käitub üleolevalt; kõik „vangid“ on tuimad ja vaatavad klaasistunud pilkudega enda ette jne. Ülesande eesmärk on panna esineja kõikvõimalikesse mänguolukordadesse, kus ta peab õppima toime tulema. Ülesannet tasub variatsioonidega korrata ja korrata, kuna nii saavad noored rohkem esinemiskogemust ja väitlemisoskusi. Ettekanded salvestatakse, et esineja saaks neid pärast analüüsida.

TÖÖVAHENDID

Erinevad rekvisiidid, videokaamera.

ÕPPEMATERJALID

- Improvisatsioonimängude entsüklopeedia (inglise keeles): <http://improvincyclopedia.org/>.
- Kuidas müüa ükskõik mida ükskõik kellele? (inglise keeles): <https://youtu.be/bbQcEWYPbgs> ja pikemalt <https://youtu.be/aOKtqDTmDa4>.
- Head nipid müügiinimestele (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=RXreDCyZe64>.
- Tarmo Tamm, „Must vöö müügis“ (eesti keeles, 2015).

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: müümisoskus.

Inglise keeles: *how to sell anything to anyone*.

3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod: seosed ja põhjuslikkus (4 tundi)

Selleks, et füüsikalised suurused oleksid võrreldavad, on loodud rahvusvaheline SI-süsteem, mis määrab täpsete definitsioonidega üheselt mõistetavad ühikud. Ent teadus on enam kui andmete kogumine ja edastamine: teaduse eesmärk on leida nähtuste vahel seoseid, mida oleks võimalik lisada senisesse teaduslikku maailmapilti. Kuna informatsiooni (sh teadusartikleid) lisandub aastast aastasse üha rohkem, muutub arusaamine, mida ja kuidas omavahel võrrelda, teadlastele üha keerukamaks. Selles teemas käsitletakse nähtuste vaheliste seoste leidmist, põhjuslikkuse ja korrelatsiooni eristamist ning analoogiatega kasutamist, et edastada teaduslikku sisu pädevalt.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Õunad ja apelsinid** (võrreldavus, korrelatsioon ja põhjuslikkus) – arutlege omavahel, milliseid korrelatsioone (nii positiivseid, negatiivseid kui ka neutraalseid) ja põhjuslikkuseid te igapäevaelust leiata. Kas teil õnnestub leida korrelatsioone, mis ei ole põhjuslikud (vt väärkorrelatsioone õppematerjalidest)? Läänemaade kultuuris levinud idioom „nagu võrdleks õunu ja apelsine“ viitab näiliselt sarnastele objektidele/nähtustele, mida ei tohiks võrrelda samadel alustel. Nt idioomist otseselt innustatult: „See õun polnud üldse nii tsitruseline nagu too apelsin!“ Ülesande eesmärk on aru saada korrelatsioonist ja mõista, et omavahelised seosed ei tähenda ilmtingimata põhjuslikkust.
- **Igapäevaelust teadusesse** – noortele antakse valida mõni igapäevategevus ja/või -leiutis, mille puhul tuleb loetleda kõikvõimalikud loodusnähtused ja osade omavahelised seosed, mis tegevuse raames aset leiavad. Nt rulaga sõitmisel toimib hõõrdejõud jalgade, rula ja maa, laagrites leiduvate kuulide, laagri siserõngaste ja telgede vahel, tõukamisest tekib liikumisjõud,

kurvides mõjub tsentrifugaaljõud jne. Ülesande eesmärk on õpilastele näidata, kui palju on meie ümber teadust, mis on meie elu keeruka töö abil lihtsamaks teinud.

- **Teadusest igapäevaelu** – korrelatsioonid seletavad andmete vahel leiduvaid seoseid, analoogiad aga aitavad omavahel sarnaseid olukordi või nähtusi võrrelda. Õpilased võtavad loosi alusel mõne loodusnähtuse, millele nad peavad leidma vähemalt ühe analoogia põhineva esitluse, millega nähtust selgitada. Kõige parem on alustada varem läbitud teemadega. Mida rohkem analoogiad ja mida teaduslikumalt korrektsem seletus, seda parem. Võimaluse korral võiks rekvisiitide, inimeste ja/või mängude abil analoogiad ette kanda. Kui ülesanne on lihtne, saab eri nähtusi nimekirja lisada (nt Hooke'i seadus, heli levik, valgus, elektronkihid, aktivatsioonienergia, matemaatilise pendli valem jne.) Kui ülesanne on liiga keeruline, peaks juhendaja mõne näite ise ette tegema. Kõige parem on lasta õpilastel teemad kodus ette valmistada, et neid koos teineteisele ette kanda. Seejärel saba neid analüüsida ja tagasisidet anda.

TÖÖVAHENDID

Pliiatsid, paber, rekvisiidid vastavalt vajadusele.

ÕPPEMATERJALID

- SI-süsteemi ühikud (eesti keeles): https://et.wikipedia.org/wiki/SI-%C3%BCsteemi_%C3%BCchikud.
- Õunad ja apelsinid (inglise keeles): https://en.wikipedia.org/wiki/Apples_and_oranges.
- Õunade ja apelsinide võrdlemine sõna otseses mõttes (inglise keeles): https://youtu.be/QeHJne_5UaI.
- Füüsikaline põhjuslikkus (eesti keeles): <https://opik.fysika.ee/index.php/book/section/273#/section/273>.
- Korrelatsiooni lihtne seletus (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=ugd4k3dC_8Y.
- Korrelatsioon versus põhjuslikkus (inglise keeles): <https://youtu.be/HUti6vGctQM>, <https://youtu.be/VMUQSMFGBDo>, <https://youtu.be/HSNp5MITE-c> ja <https://youtu.be/U-f8RQIiw>.
- Humoorikad väärkorrelatsioonid (inglise keeles): <http://www.tylervigen.com/spurious-correlations>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: korrelatsioon, kovariatsioon, põhjuslikkus.

Inglise keeles: *correlation, covariation, apples and oranges, causation, spurious correlation*.

4. Füüsika ja matemaatika: akustika ehk heliteadus (10 tundi)

Muusika kui valdkond on tihedalt seotud matemaatiliste seostega ja füüsikaliste nähtustega, mis aitavad helisid tekitada, ning inimeste kuulmismeelega, mis tekitatud teavet töötlevad ja tarbivad. Heliteadust kutsutakse laialdasemalt akustikaks. Selle teema raames uuritakse ühiselt heliga seotud nähtusi ja seda, kuidas neid näiteks muusikas ära kasutatakse.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Lainemudel** – tutvuge, mis on heli ja kuidas see erineb merelainetest (amplituud, lainepikkus, võnkesagedus, lainetüüp jne). Kasutage vedrumänguasjast (*slinky*) või grillvarrastest lainemudelit (vt õppematerjalid), et demonstreerida nii heli pikilaineid kui ka peegeldusi ehk kaja. Kuidas on seotud võnkumine ja heli valjus (detsibellid), heli kõrgus (hertsid) ja kiirus? Kuidas inimesed ja teised olendid heli tajuvad?
- **Lööklaine** (õhupalli löhkemise pauk, kõu) – asetage mitu (nt 10) teeküünalt järjestikku lauale, ja ühe küünlarea otsa lähedale pange täispuhutud õhupall. Kui teete õhupalli terava tikuga katki, võib täheldada, kuidas tekkiv lööklaine küünlaid kustutab, ent mitte kõiki. Eksperiment demonstreerib üksikut helilainet, millel pole kindlat sagedust. Lisaks on selgelt näha, et läbitud maaga rõhk väheneb, millega annab seletada heli valjuse eksponentsiaalset vähenemist helitekitajast eemaldumisel. Sarnane üksiku tugeva lööklaine efekt tekib õhukahuriga, millega saab inimeste poole üksikuid laineid saata, või ühe käeplaksuga. Publikul võib lasta aplodeerida, et imiteerida kõumürinat.
- **Heli kiirus** – pidevam ja tugevam lööklaine (millel puudub endiselt kindel sagedus) tekib näiteks äikese ajal kõuena. Heliefekti imiteerimiseks võib võtta suure plekktahvli, mida käes raputada. Saab rääkida heli kiirusest ja selle järgi äikeselöögi kauguse arvutamisest. Täpsemaks heli kiiruse leidmiseks võib teha heli kiiruse leidmise katse (vt õppematerjalid). Mõelge olukordade peale, kus heli levib paremini (nt vee all, mere peal, kõrva vastu raudteerööbast hoides) ja kus kehvemini (nt mets, linn, kosmos). Miks heli kiirus eri keskkondades muutub? Kas muutub ka heli valjus ja sagedus?
- **Seisulaine, harmoonilised sagedused (sh ülemhelid)** (kummipael, helisev varras, Chladni plaat) – kui (heli)laine on sulustatud kindlate piirete vahele nagu näiteks pillikeel, on võimalikud laineliikumised rangelt piiratud. Keele kummastki otsast peegeldub laine tagasi ja seepärast pole kumbki liikumissuund eelistatud. Selle asemel saame paigalpäisivad lained, millel on sõlmed (paigalseisvad punktid) ja paisud (maksimaalne amplituud).
 - Seisulaineid saab demonstreerida mitme katsevahendiga, mida noortega ühiselt avastada. Kummipael, mis on ühest otsast kinnitatud ja mida teisest otsast üles-alla võngutatakse, võimaldab näidata seisulainet ja selle sõlmesid-paisusid. Samuti on võimalik näidata eri modaalsusega seisulaineid ehk harmoonilisi sagedusi.
 - Helisev alumiiniumvarras heliseb vaid siis, kui seda sõlmpunktidest kinni hoida – see on seisulaine eripära. Lüües varrast haamriga risti, tekib ristlaine, mis paneb varda võnkuma. Heli on sel juhul vaikne. Lüües haamriga piki varrast, tekib pikilaine, mis tekitab valjema heli, kuna esialgset olukorda taastavad jõud on väiksemad. Kõige valjema heli saab aga siis, kui alumiiniumvarda keskelt kinni hoida ja seda teise käe kampoiga kaetud nimetissõrme ja pöidlaga tundeliselt silitada. Ettevaatust! Heli võib olla lausa kurdistav (vt õppematerjale).
 - Selleks, et kuvada seisulainet kahemõõtmeliselt, saab kasutada Chladni plaate, mis on ühendatud sagedusgeneraatoriga/kõlariga või mida saab poogna abil helisema panna. Chladni plaatide puhul aitab seisulaineid visualiseerida neile puistatud pulber (nt sool).
- **Seisulaine muusikainstrumentides** (intervallid ja toru pikkus) – paljud muusikainstrumendid põhinevad instrumendile omase tämbriga (põhitoon ja ülemhelid) seisulaine tekitamisel.

- Helmholtzi resonaator – akustilistel keelpillidel aitab teatud sagedusi võimendada kaasa resoneeruv kõlakast (inimestel suukoobas). Nii saab panna telefoni kõlari otsa suhu, muuta oma suu kuju ja võimendada sagedusi valikuliselt. Veega täidetud pudeli suule puhumine võimendab samuti kindlat sagedust. Seda nähtust saab võrrelda vedru otsas võnkuva massiga, ainult et pudeli puhul võngub massi asemel õhk. Niisamuti saab seletada resonantssagedust. Kui leiata kahe tühja pudeli resonantssageduse, on võimalik ehitada akustilise jõuülekandega mootor (vt õppematerjalid), mis teeb resonantssageduse demo veelgi visuaalsemaks!
- Laulvad pokaalid – resonantssageduse leida ka pokaalidel, mitte ainult pudelitel. Noortega võib proovida selle sageduse abil pokaali lõhkuda. Saab rääkida Tacoma Narrowsi sillast, mis resonantsi tõttu purunes.
- Keerutatavad (ribilised) torud – toru otsast, mida käega kinni hoitakse, tõmmatakse torusse õhku, samal ajal kui toru teises otsas tekib keerutamise tõttu pidev õhuhõrendus. Kui käes hoitava toru otsa pannakse õhuga täidetud kilekott, tõmmatakse see õhust tühjaks nagu tolmuimejaga. Heli tekib aga toru ribide tõttu, mis tekitavad toru sees pisikesi pööriseid. Samamoodi saab esitleda erinevaid resonantssagedusi.
- PVC-torud – kui lüüa pannilabidaga (vms laiema pehmema löögivahendiga) PVC-toru ühte otsa (löögivahend tuleb kohe eemale tõmmata!), tekib hetkeline Helmholtzi resonaatori efekt. Erineva pikkuse ja läbimõõduga torud annavad suurepärase võimaluse kirjeldada õhusambaid ja nende massi erinevusest tulenevaid omavõnkesagedusi. Sama läbimõõdu, ent kaks korda pikema või lühema toru puhul tekib näiteks muusikaline intervall, mida tuntakse oktavina. Sama seos kehtib matemaatiliste sagedustega: kui kaks sagedust erinevad teineteisest kahekordselt, on tegu oktaviga. Kui noored pole seni kõrgeid ja madalaid sagedusi veel kõrgete ja madalate hääldetega sidunud, annavad PVC-torud selleks suurepärase võimaluse.
- Rijke ehk kuumutatav toru – lihtne esitleda, mistõttu on see teadusteatrikes levinud, ent teaduslikult korrektselt on seda keeruline seletada. Kui metalltoru ühte otsa kuumutatakse ja toru hoitakse seejärel püsti nii, et kuumem osa on allpool (kuhu pääseb jahedam õhk), siis liigub soe õhk ülespoole ja põhjustab toru otsas resonantsi, mida kuuleme helina. Huvitaval kombel töötab Rijke toru ka vertikaalis, kui kuuma otsa eespool hoida, st liikumine põhjustab sooja õhu liikumise läbi toru.
- **Doppleri efekt** – kasutades pika nõõri (ja juhtme) otsa kinnitatud sumistit (teises otsas patareipakk), keerutage nõõri ringiratast ja laske inimestel eemalt muutuva sagedusega heli kuulata. Hea demovahend, millega kirjeldada mööda kihutavate mootorrataste, rongide, lennukite vm kiirete objektide iseloomulikku heli. Tasub tähele panna, et keerutaja ise efekti ei kuule – miks?
- **Elektriline induksioon** (elektrikitarr, kõlar) – lahake kõlari ja elektrikitarr helipea tööpõhimõtteid ja arutage, kuidas need kaks sarnanevad või erinevad. Võimaluse korral ehitage ise papist, vasktraadist ja magnetist kõlar-mikrofon ja/või ühekeeleline elektrikitarr, et paremini seadmete taga peituvat füüsikat tajuda.

Näidisküsimused aruteluks: „Miks on tehniliselt iga kõlar mikrofon?“, „Miks töötab elektrikitarr vaid metallkeeltega?“, „Kuidas mõjutab vasktraadi keerdude arv helivaljust?“ jne.

- **Theremin** (võimaluse korral, edasijõudnutele) – see imepärane elektrooniline muusikainstrument muudab oma sagedust ja helivaljust olenevalt paari kondensaatori mahtuvusest, mille üheks plaadiks on näiteks inimese käsi.
- **Inimhäääl** (häälepaelad, He ja SF₆; NB! Ohtlik, kuna asendab kopsus olevat hapnikku! Teha vaid asjatundliku järelevalve all!) – häälepaelad ei meenuta üldse paelu, vaid pigem kurde. Meeste häälepaelad on naiste omadest pikemad, mistõttu on neid raskem „liigutada“. Nende sagedused on aeglasemad ja seetõttu on ka meeste häääl madalam. Kui muudame gaasikeskkonda, milles inimene räägib, muudame heli levimise kiirust. Nii on kergema gaasikeskkonna (heeliumi) puhul häääl kõrgem (justkui elaksime Jupiteril) ja raskema gaasikeskkonna puhul häääl madalam (justkui elaksime Veenusel või veel raskema gaasiga planeedil). Katse põhjustab palju nalja, ent kindlasti ei tohiks katset teha pikka aega. Vabatahtlikel katsesubjektidel tuleb lasta põrandani kummardada, et gaas endast täielikult välja lasta, muidu jääb see kopsu põhja seisma.
- **Heli tajumine** (kõrvade ehitus, kuulmislävi, diapaseon, kõrvade vahetamine) – iga inimene on unikaalne nii oma hääletämbri kui ka kuul(a)mise poolest. Uurige kõrva ehitust ja tehke selgeks, kuidas inimene sagedusi eristab. Laske vaikselt ruumis osalejatel käed tõsta. Sagedusgeneraatorit (mobiilirakendus sobib ka) kasutades valige sobilik sagedus (nt A, 440 Hz) ja hakake aeglaselt heli valjemaks keerama. Kes midagi juba kuuleb, langetab käe. Algas oli lihtne, ent katsetulemused inimeste kuulmise kohta midagi erilist veel ei ütle. Eriti hästi töötab katse sagedusdiapaseoni määramisega, st fikseeritud helivaljuste juures muudetakse sagedusgeneraatori abil sagedusi madalaimast kõrgemaks. Inimesed tõstavad käe, kui hakkavad madalaid sagedusi kuulma, ja langetavad käe, kui enam heli ei kuule. Nii saavad inimesed teada, milline on nende sageduste kuulmisulatus. Mida vanem inimene, seda väiksem on tavaliselt diapaseon. Inimene kasutab lisaks silmadele ruumis orienteerumiseks ka kõrvu, mis võib teinekord tekitada ekslikke olukordi. Näiteks suurlinnades võib heli pörkuda kõrghoonete pealt vastaskõrva. Selleks, et tekitada inimese kuulmisorienteerumises segadust, valmistage lihtne voolikute ja lehriritega katseseadeldis. Laske vabatahtlikul asetada vooliku otsad kõrvadele ja võtke lehriritega voolikuotsad tema selja taga vastu. Sosistades kord ühte ja kord teise lehrisse, võib ajul tekkida tunne, et temaga rääkiv inimene on kord ühel, kord teisel pool, kuigi ta ei pruugi üldse liikuda. Katset annab varieerida, ent see näitab ilmekalt, miks meil on kaks kõrva ja üks suu.

TÖÖVAHENDID

Vedrumänguasi (*slinky*), grillvardad, toruteip, õhupallid, küünlad, tikud, suur plekktahvel (valikuline), ümar alumiiniumvarras, kampil ehk männivaik (jootmis- või keelpilli abivahend), haamer, painduvad plasttorud, eri pikkuses PVC-torud, pannilabidas, metallist toru, sädemevõre või tiheda mustriga metallist sõel, gaasipõleti, pudelid ja vesi, vasktraat, magnet, TRS-juhtmed, võimaluse korral kõlar ja elektrikitarr helipea, patareiga sumisti, juhtmed, heeliumi- ja SF₆-balloon (võimaluse korral), Theremin, detsibellimõõdik, sagedusgeneraator (sobib ka vastav rakendus), mikrofon, kõlarid, voolikud, lehririd.

ÕPPEMATERJALID

- (Heli)lainete algtõed (eesti keeles): <https://opik.kirsman.ee/pohikool/8klass/vonkumine-lained/>.
- Lihtne lainemudel (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=IlF8sdHTgaU>.
- Mis on heli? Täielik sissejuhatus (inglise keeles): <https://youtu.be/qV4IR9EWGIY>.
- Heli levik ja kiirus (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=UgE2GIQwUCw>.
- Heli kiiruse mõõtmine (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=J97YScnU4KM>.
- Ülehelikiiruse seletus (inglise keeles): https://youtu.be/1pf-Is2S1_Q.
- Väävelheksafloriid (SF6) ja katsed (inglise keeles): <https://youtu.be/KHmNiOsTYfA>.
- Seisulaine (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Seisulaine>.
- Helisev varras (inglise keeles): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/singing-rods/>.
- Seisulainete (vardad ja Chladni plaadid) seletus (inglise keeles): <https://youtu.be/fi0xiS3BECc>.
- Heliseva varda skeem (inglise keeles): https://www.arborsci.com/Data_Sheets/Files/SingingRods.pdf.
- Seisulained, põhi- ja harmoonilised sagedused (tämbel) ja muusikainstrumendid (inglise keeles): https://youtu.be/D_Rlzl1uCxY ja <https://youtu.be/XDsk6tZX55g>.
- Helmholtzi resonator ja akustiline ajam (inglise keeles): <https://youtu.be/PZVeJ2rh6ts>.
- Akustiline levitatsioon (inglise keeles): <https://youtu.be/ABiRnSYw-4k>.
- Uurimustöö Helmholtzi resonatorist, pudelist ja laulvatest pokaalidest (inglise keeles): http://www.vibrationdata.com/Newsletters/January2004_NL.pdf.
- Inimhäälega pokaali lõhkumine (inglise keeles): https://youtu.be/Oc27GxSD_bI.
- Keerutatav toru (inglise keeles): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/sound-hose/> ja https://en.wikipedia.org/wiki/Whirly_tube.
- Rijke toru (kuumusega helisevad torud) (inglise keeles): <https://youtu.be/4PyeNPZUKd8>.
- Tuiklemissagedus (inglise keeles): <https://youtu.be/Ca91iOVGd9A>.
- Kuidas ehitada kõlarit? (eesti keeles): <https://youtu.be/zl3Lk94KjoQ>.
- Kuidas töötab elektritarri helipea? (inglise keeles): <https://youtu.be/SfkX-fgmIbc>.
- Ehitamise ise ühekeelise elektritarri (eesti keeles): <https://youtu.be/-RO7iuld-1E>.
- Kuidas töötavad välist heli summutavad kõrvaklapid? (inglise keeles): <https://youtu.be/VTx4JgYsW5s>.
- Kuidas töötavad müra summutavad kõrvaklapid? (eesti keeles): <https://geenius.ee/rubriik/nutikas-reisimine/kuidas-tootavad-murasummutavad-korvaklapid/>.
- Aktiivse helisummutamise katse (inglise keeles): <https://youtu.be/--c0tiLZG6o>.
- Theremin (inglise keeles): <https://youtu.be/KDG15-iTJLw>.
- Miks kuuleme uduse kaugemaid helisid? (eesti keeles): <https://pood.aripaev.ee/Product/DownloadProductResourceFile/151>.
- Kasvava tooniga heli illusioon (inglise keeles): <https://youtu.be/BzNzgsAE4F0>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: akustika, heli, heli kiirus, pikilaine, seisulaine, resonants, omavõnkesagedus, tuiklemissagedus, ülemhelid, Rijke toru, Helmholtzi resonator, Doppleri efekt, Theremin.

Inglise keeles: *acoustics, sound waves, speed of sound, longitudinal wave, standing wave, resonance, beat frequency, overtones, whirly tube, Rijke tube, Helmholtz resonator, Doppler effect, Chladni plate, Theremin.*

5. Keemia ja materjaliteadus: temperatuur ja aine olekud (10 tundi)

Agregaatolek ehk aine olek (ka lihtsalt olek) on aine vorm, mille määrab selle molekulide soojusliikumise iseloom. Eri agregaatolekuga ained erinevad oma osakestevaheliste seoste tüübi ning nendevaheliste ruumiliste ja ajaliste suhete poolest. Agregaatoleku mõiste abil kirjeldatakse aine võimalikke olekuid lihtsustatult ja kvalitatiivselt. Aine olekud on omavahel seotud üleminekuprotsessidega, mille määrab omakorda kindlaks aine ja/või keskkonna temperatuur ehk füüsikaline suurus, mis iseloomustab keha soojuslikku/energeetilist seisundit.

Keemiliste ainete ning väga külmade ja väga kuumade katsetega tegeledes on eriti tähtis kasutada kaitsevahendeid, hoida kustutit ligidal ning teavitada enne katset publikut võimalikest ohtudest!

PRAKTILISED TÖÖD

- **Aine olekud ja inimesed** – visualiseerige erinevaid aine olekuid (gaas, vedelik, tahkis), kasutades vabatahtlikke kui aineis leiduvaid molekule. Mängige läbi aine kuumutamine nullpunktist kuni täieliku aurustumiseni ning seletage, mida tähendavad sulamine ja keemine. Lisaks võib seletada, miks püsivad sulamis- ja keemistemperatuur protsessi jooksul enamjaolt konstantsena.
- **Temperatuur ja termomeeter** – selgitage, mida ikkagi tähendab temperatuur ning kuidas töötavad eri termomeetrid ja temperatuuriskaalad (Celsius, Kelvin, Fahrenheit). Kui võimalik, ehitage enda termomeeter (vt õppematerjale). Korraldage katseid veega, leides 0-kraadise ja 100-kraadise (või komponentide sulamisohu tõttu madalama) temperatuuripunkti ning määrates enda termomeetril ülejäänud vahemikud. Lisage jää ja vee segule soola ning vaadake, mis juhtub segu temperatuuriga.
- **Aine olekute üleminekud** – otsige õpilastega viise, kuidas järgnevat aine faaside üleminekuid teaduskatsetega või analoogiatega abil publikule kirjeldada ja kuidas erinevaid üleminekuga seotud temperatuure määrata. Vihje: vesi on levinuim aine, millega aine olekute üleminekuid esitletakse. Pärast tabelit on toodud mõned ideed, kui neid peaks puudu jääma.

		LÕPPOLEK		
		Tahkis	Vedelik	Gaas
ALGOLEK	Tahkis	–	Sulamine	Sublimatsioon
	Vedelik	Külmumine	–	Aurustumine

	Gaas	Ladestumine	Kondenseerumine	–
--	------	-------------	-----------------	---

- **Sulamine** – sulamistemperatuur sõltub aine molekulide valmidusest energia kasvades teineteisest lahti õelda. Lisage jääle soola ja tehke järeldusi, miks soolatud teedel lumi kiiremini sulama hakkab. Selleks, et ainete üleminekud ei seostuks vaid veega ja kõrged sulamistemperatuurid vaid metallidega, esitlege võimaluse korral publikule galliumit, mis on inimesele palju ohutum madala sulamistemperatuuriga metall kui elavhõbe.
- **Aurustumine, keemine ja rõhk** – aurustumine on pidev protsess, mille jooksul üksikud molekulid väljuvad vedelikust, seega tasub rõhutada, et vesi aurub ka talvel! Keemine leiab aset, kui vedeliku osutatav rõhk võrdsustub ümbritseva õhu rõhuga. Tõmmates süstaldesse natuke vett ja hoides (nõelata!) süstla otsast kinni, saab süstla sees rõhku suurendada (kolbi sisse vajutada) või vähendada (kolbi väljapoole tõmmata). Pange tähele, mis saab süstla sees olevatest õhumullidest. Kui süstlasse tekitatud õhk muutub piisavalt hõredaks, hakkab vesi keema, kuigi see on toatemperatuuril. Katse iseloomustab hästi keemistemperatuuri sõltuvust rõhust, sh miks kasutatakse kõrgmäestikus survepotte (muidu ei saa nt muna valmis).
- **Sublimatsioon ja kuivjää** (NB! Termokindad ja ohutusnõuded kohustuslikud!) – keerulise nimetusega nähtus tähendab seda, et tahke aine jätab temperatuuri tõustes vedela oleku vahele ja läheb otse gaasilisse olekusse. Parim vahend nähtuse kirjeldamiseks on kuivjää ehk tahke süsihappegaas. Kuivjääd saab soetada tööstusgaaside või toiduainetööstustega tegelevatest ettevõtetest, ent kui neid pole lähedal, saab kasutada süsihappegaasi tulekustutit, millega saab tekitada CO₂-lundi. Katseid kuivjääga võib leida õppematerjalidest.
- **Rõhk ja sulamine** (NB! Ohtlik!) – pange pudelitoorikusse üks keskmine kuivjäägraanul ja laske sellel seista nii kaua, kuni tahke osa on kadunud. Toorikus suurenev rõhk surub süsihappegaasi kokku ja kuivjääle tekib ka vedela aineoleku üleminek.
- **Vedel lämmastik** (NB! Termokindad, kaitseprillid ja üldised ohutusnõuded kohustuslikud! Vajaduse korral lisaks kaitsevisiir ja kõrvaklapid. Vedel lämmastik on –196 kraadi!) – teadusteatrites kõige tihedamini kasutatav vedel aine peale vee, mis võimaldab demonstreerida külmumisega seotud nähtusi. Kõiki järgneva katseid on väga tähtis eelnevalt mitu korda järele proovida, kuna väiksemate kogemustega esinejad on saanud selle katsega nii kuuma- kui ka külmaville.
 - **Pilved (veeaur)** – asetage anum (termokast või piklik suurema läbimõõduga (üle 10 cm) PVC-toru) inimestest võimalikult kaugele, ent nähtavasse kohta. Kallake lämmastik anumasse ja seejärel valage võimalikult kiire liigutusega peale kuum vesi. Enne veenduge, et keegi pole anuma suudme ees või kohal. Tekib korralik veeaurupuhakas, millega kaasneb järjepidev praksumine ehk vee kiire külmumine.

- **Draakon** – pange termokasti väiksemaks murtud õhulised küpsised, riisivahvlid või vahukommid ja valage nende peale vedel lämmastik. Külmutatud õhulisi küpsiseid, riisivahvleid või vahukomme süües kondenseerub suus olev veeaur ja me näeme väikeseid aurupahvakuid.
- **Leidenfrosti efekt** – laske vabatahtlikul hoida kätt nurga all (st mitte horisontaalselt) ja valage termosest sellele natuke vedelat lämmastikku. Inimese käsi ei saa tänu Leidenfrosti efektile kahjustada. Vedela lämmastiku piiskade alla tekib gaasipadi, mistõttu –196 kraadi ei puutu inimese nahaga ega maapinnaga kokku. Sama efekti võib täheldada näiteks kuuma panni/pliidi peal, kui sinna veepiisku tilgutada.
- **Külmakahjustused** – demonstreerimaks, mis juhtub, kui käime talvel ilma kinnasteta või kui mägironija saab külmakahjustuse, valmistage viineriga täidetud kummikindast võltskäsi. Pange võltskäe sõrmed vedelasse lämmastikku, veendudes, et teie enda käsi külmakahjustusi ei saa. Mõne aja pärast on viinerid sedavõrd külmunud, et neid saab haamriga kildudeks lüüa. Samamoodi saab näidata muude esemete külmutamisvõimet, sh teha banaanist kasutatav haamer (ja suurepärase jäätis).
- **Rabedus** – pange vedela lämmastikuga termokasti tühjad õhupallid. Võtke need mõne aja pärast tangide abil välja ja näidake, kuidas külma kätte jäänud kummist esemed muutuvad eriti rabedaks. Rabedust saab demonstreerida ka lilleõie (nt roosi) külmutamisega vedelas lämmastikus.
- **Hingeõhu kontsentreerimine** (kondenseerumine) – pange vedela lämmastikuga termokasti täispuhutud õhupalle. Katse käigus võib täheldada, et õhupalle mahub kasti hulga rohkem, kui neid tundus enne mahtuvat. Tehes katset tagurpidi, on näha, kuidas külmas hingeõhu kondenseerumise tõttu kokku tõmbunud õhupallid taas paisuma hakkavad. See annab võimaluse tutvustada viisi, kuidas õhupalle pealtpoolt täis puhuda. Selleks, et nähtust, sh õhupalli kondenseerunud vedelikku lähemalt demonstreerida, pange vedela lämmastikuga täidetud termosesse katseklaas, millele on asetatud täispuhutud õhupall. Kümnekonna minuti möödumisel võib märgata, kuidas õhupall kokku tõmbub, jättes katseklaasi põhja vedeliku. Tasub meelde tuletada, et meid ümbritsev õhk koosneb peaaesjalikult lämmastikust. Hapnikku aga vedel lämmastik veeldada ei suuda.
- **Veetorude lõhkemine** (NB! Plahvatusohtlik!) – täitke väike pudel ääreni veega ja asetage see vedelasse lämmastikku. Vesi võtab külmudes teatavasti rohkem ruumi kui vedelal kujul, mistõttu peaks pudel mõne aja möödudes lõhkema, ilmestades veetorusid, kus külmal ajal vesi ära külmub.
- **Viitsütik** – kõrge temperatuuri saamiseks on vaja väga kuuma leeki, väga palju voolu või õigeid keemilisi komponente. Üks levinumaid keemilisi viitsütikuid, mida teadusteatris kasutatakse, hõlmab kaaliumpermanganaat ja glütserooli (süüteaeg u 10–60 s olenevalt glütserooli kvaliteedist). Eksperiment toob sisse mõiste eksotermiline reaktsioon. Kuumakindlale alusele puistata 1–2 g kaaliumpermanganaati ja lisada mõni tilk glütserooli.
$$14 \text{ KMnO}_4 + 4 \text{ CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH}) \rightarrow 7 \text{ K}_2\text{CO}_3 + 7 \text{ Mn}_2\text{O}_3 + 5 \text{ CO}_2 + 16 \text{ H}_2\text{O}.$$

- **Termit** (NB! Ohtlik, väga kõrge temperatuur!) – selleks, et demonstreerida nt raudteetööstuses kasutatavat kõrge temperatuuriga keevituslahendust, saab teha termitõrget (õpetus ja ained õppematerjalides), mille tulemusel tekib puhas raud: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$.
- **Värvilised leegid** (NB! Kummikinnaste kasutamine kohustuslik!) – teadlased kasutavad kõrgeid temperatuure muu hulgas ainete analüüsimiseks. Lihtsaimal juhul aitab aineid tuvastada nende põletamine. Eksperiment aitab täiendada seletust, miks leek tekib, ja millest tuleneb selle värvus. Metanool on siin parem lahusti, kuna see ei anna lisavärvust.
- **Pudelirakett/turbiinmootor** – pange piiritust või värviliste leekide kütust (metanool/etanool + sool või boorhape) vähesel määral pudelisse, hoidke otsa kummikinda või rätiga kinni ja loksutage, valades liigse vedela kütuse välja. Anum täitub ühtlaselt tuleohtliku auruga. Kasutades suurt joogiveeautomaadi pudelit (10 l), saab seda süüdata nii, et pudel on laua peal. Tavalisele (nt 1,5 l) pudelile saab eelnevalt liimida kõrre, panna nõõri kõrrest läbi ja kinnitada nõõri otsad teineteisest vähemalt kolme meetri kaugusele. Nii tekib pudeliraketi jaoks juhtsiin. Süüdates olge ettevaatlikud, et keegi ei jääks pudeli ette, kuna sealt võib välja lennata põlevat kütust. Niisamuti tuleb hoolikalt jälgida, et pudel oleks terve, kuna vastasel juhul võib pudel lõhkeda, eriti kui sinna hapnikku juurde lisada!
- **Tulemadu** (vt õppematerjale) – selles efektses katses saab tahke aine põlemisel näiliselt suurem tahke aine, mis on põhjustatud eralduvast süsihappegaasist. Võtke kolm lusikatäit tuhksuhkrut ja üks lusikatäis söögisoodat keeduklaasi ning segage korralikult. Täitke kuumakindel alus ühtlaselt liivaga ja valage sellele metanooli või süütevedelikku, et liiv muutuks märjaks. Liiva keskele tõstke tuhksuhkru ja sooda segu. Süüdake etanool. Aset leidvad reaktsioonid: $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ja etanooli põlemine: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$.
- **Neljas olek (plasma)** – tihti teatakse, et ainetel on kolm peamist olekut, ent jäetakse välja neljas, plasma, mis sarnaneb gaasiga, kuid mille osakekestest teatud hulk on ioniseeritud. Plasmata saab esitleda plasmakeraga, ent selle aine oleku visualiseerimiseks on ka kodusemaid lahendusi. Võtke mikrolaineahi, mida te edaspidi toidu soojendamiseks ei kasuta. Plasma tekitamiseks on vaja sinna panna kas pooleks lõigatud viinamari (töötab dipoolina) või hõõglamp.

TÖÖVAHENDID

Süstlad, vesi, võimaluse korral vaakumkamber koos pumbaga ja termomeeter, CO₂-tulekustuti, kuivjää, pudelitoorik, vedel lämmastik, külmakast, termokindad, kaitseprillid, visiir, pudelid, õhupallid, katseklaasid, termos, grilltangid, õhulised küpsised/riisivahvlid/vahukommid, viinerid, kummikindad, haamer, banaanid, naelad, puitklots, veekeetja, kuumakindel alus, lillepott, raud(III)oksiid, alumiiniumpulber, metanool, viitsütik: kaaliumpermanganaat ja glütserool, pipett, soolad (vt värvilised leegid), boorhape, pritsid, keraamiline kauss, liiv, sooda, süütevedelik või piiritus, tikud, tuhksuhkur, plasmakera, mikrolaineahi, CD-plaat, hõõglamp, viinamarjad, nuga.

ÕPPEMATERJALID

- Mis on temperatuur? (eesti keeles): <https://sisu.ut.ee/soojus/temperatuur>.

- Ise tehtud termomeeter (inglise keeles): <https://youtu.be/lflLvYln3U> ja <https://youtu.be/qwHvXSJlp-s>.
- Agregaatolek (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Agregaatolek>.
- Aine olekute liikumismäng (eesti keeles): <http://www.miksike.ee/docs/elehed/2klass/5koogi/elutuba/2-5-6pae.htm>.
- Aine olekute muutused (eesti keeles): <https://opik.kirsman.ee/pohikool/9klass/aine-olekud/>.
- Keemine ja rõhk – põhjalik seletus (inglise keeles): <https://youtu.be/Ag4ILUXKuSM>.
- Vedela lämmastiku (ja kuivjää) käitlemise ohutusnõuded (inglise keeles): <https://ehs.research.uiowa.edu/liquid-nitrogen-handling>.
- Kuivjää – mis see on, kuidas seda kasutatakse ja kust seda saab? (eesti keeles): http://www.aga.ee/et/products_ren/dry_ice/index.html.
- Põnevad kuivjää katsed (inglise keeles): https://youtu.be/aUEw88AV_H8 ja <https://youtu.be/QhTekm5NdiE>.
- Vedel lämmastik (inglise keeles): https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_nitrogen.
- Vedel lämmastik, käsi ja Leidenfrosti efekt (inglise keeles): <https://youtu.be/KRUN2vzVpa8> ja <https://youtu.be/6SNzDAPtvCQ>.
- Vedela lämmastiku katseid (inglise keeles): <https://youtu.be/EOpyrt3mF38?list=PL2519752840E19531>.
- Ühe hetkega külmuv vesi (inglise keeles): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/instant-freeze-soda-ice/>.
- Jää (või lumi) ja sool (inglise keeles): <http://www.kissner.com/why-does-salt-melt-ice/>.
- Viitsütik (otsida märksõna aegsütik) (eesti keeles): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>.
- Värvilised leegid ja ainete tuvastamine (inglise keeles): https://en.wikipedia.org/wiki/Colored_fire.
- Värviliste leekide katse (inglise keeles): <https://youtu.be/p2XIMKX3ktg>.
- Mis on keemiline termiit ja kuidas seda teha? (inglise keeles): <https://youtu.be/RXQnlgrXJd8> ja <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000724/the-thermite-reaction?cmpid=CMP00005969>.
- Turbiin/pudelirakett (inglise keeles): <https://youtu.be/98Vkl1YnNFs>, <https://youtu.be/V1TZTJUPMZw> ja <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000708/the-whoosh-bottle-demonstration?cmpid=CMP00005923>.
- Tulemadu (inglise keeles): https://youtu.be/Hibxz9_ZW18.
- Plasma (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Plasma>.
- Sissejuhatus plasmasse koos vaakumtoru õpetusega (inglise keeles): <https://youtu.be/ZO5IZz9NgJA>.
- Viinamarjad, mikrolaineahi ja plasma (inglise keeles): <https://youtu.be/ITQZ2OrlBNk>.
- Mikrolaineahi (sh avatult) ja lambipirnid (inglise keeles): <https://youtu.be/5ueqvlT6ZTo>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: temperatuur, agregaatolekud, aine olekud, sulamine, keemine, sublimatsioon, gallium, kuivjää, vedel lämmastik, jää ja sool, termiit, plasma.

Inglise keeles: *temperature, states of matter, melting, boiling, sublimation, Bose-Einstein condensate, Gallium, dry ice, liquid nitrogen, ice and salt challenge* (nähtavasti on noored leidnud viisi, kuidas endale kiiremini külma tekitada. Neile tasub selgeks teha, et see ei lõppe hästi), *whoosh bottle, thermite experiment, plasma*.

6. Roheline, valge ja pruun loodus: vesi (6 tundi)

Ilma veeta poleks Maal elu. Teisalt on elusloodus vee omaduste suhtes väga tundlik: nii ei saa mageveekala elada ookeanis ega korall jahedas Norra fjordis. Veelgi enam, bioloogiline elu võib kaduda isegi siis, kui keskmine veetemperatuur muutub vaid ühe kraadi, sest selle tagajärjel muutub ka vee liikumine veekogudes ja sellest tulenevalt toitainete transport.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Pindpinevus ja vesi** – katke veeklaas paberiga ja keerake klaas tagurpidi. Vesi ei voola välja! Paberi asemel saab kasutada ka tihedat võrku. Teine variant vee pindpinevust demonstreerida on pudeliga, millesse on tehtud pisikesed augud. Kui pudelile on kork peale keeratud, takistab vee pindpinevus ja pudelis olev õhk veel välja voolamast. Kui kork pudelilt keerata, tuleb õhku juurde ja väline õhurõhk surub vee aukudest välja.
- **Kapillaarefekt** – pindpinevus aitab taimedes kaasa vee ja seega ka toitainete liikumisele. Kapillaarsuse tõttu on vedelikutase suuremas anumast (nt vaasis) ja sellega ühendatud peenikeses torus (nt lillevarres olevas kius) erinev. Kapillaarsuse abil saab vaadelda kromatograafiat, vee „rändamist“ ühest anumast teise tänu rätikutele ja lillede värvimist (vt õppematerjale).
- **Veekeeris** (vt õppematerjale) – katse näitab esiteks, kuidas kiiremini vett pudelist välja saada, ent teisalt demonstreerib veekeeriste ohtlikkust.
- **Temperatuur, soolsus ja kihistumine** – veekogudes määrab vee ja sealhulgas toitainete ringluse vee temperatuur ja soolsus. Erinevate omadustega veekihtide segunemiseks on mitu katset (vt õppematerjalid), millega annab seletada näiteks nii talviti sügavate veekogude põhja jäävat 4-kraadist vett kui ka kliimamuutuse tagajärjel tekkivat „mõrvarlikku“ magevett, mis ookeanikaladele elamiseks ei sobi. Tehke katsete käigus selgeks, mis on püknokliin, termokliin ja halokliin. Samuti arutlege selle üle, kus ühte või teist veekihistumist võib leida ja kuidas see võib vees elutsevatele organismidele mõjuda.
- **Vee saastamine ja filtreerimine** – õpilastele antakse ette probleem, millele nad peavad nii teoreetiliselt kui ka praktiliselt lahendusi leidma. Selleks esitletakse igapäevast saastevett, millesse lisatakse ühiselt ükshaaval kõõgikeemiat, äravisatud (rasvaseid) toidujääke, WC-paberit jms saasteinert ning arutletakse, mida iga komponent veele võib teha. Seletatakse, mis protsesse kasutatakse veepuhastusjaamades kraanivee puhastamiseks. Tuuakse paralleelse suuremahuliste veesaastustega, prügi kogunemisega veekogude ääres ja õlileketega veekogudel. Näidatakse erinevaid inseneritehnilisi lahendusi, millega probleemi lahendada proovitakse. Väljakutseks võetakse ette tagasihoidlikumal ja ohutumal kujul saastunud vesi, mis sisaldab kohvi- või kakaopuru, äädikat, mulda või liiva, WC-paberi jääke, puuviljajääke, toiduõli, pipart, soola või suhkrut, karvu või sulgi, putru ja võid (segu saab teha sellest, mis käepärast on).

TÖÖVAHENDID

Klaasid, sääsevõrk, superliim, toiduvärvid, sool, saastunud veega anum (kõõgikeemia, kohvi- või kakaopuru, äädikas, muld või liiv, WC-paber, puuviljad, toiduõli, pipar, sool/suhkur, karvad või suled, puder ja või), topsid ja lusikad, plastpudelid, majapidamispaber, sammal, kohvifiltrid, vatt ja/või

käsnad, aktiivsüsi (sõetabletid), nõudepesuvahend, sõelad või marli, liiv ja/või kruus, võimalusel pH-lakmuspaberid, veekeedukann, käärid, teip.

ÕPPEMATERJALID

- Kapillaarsus (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Kapillaarsus>.
- Pindpinevus jm vee omadused (eesti keeles): <https://www.taskutark.ee/m/vedelike-omadused/>.
- Pindpinevuse võrdlus (inglise keeles): <https://youtu.be/6YGLfZG5IEQ>.
- Pindpinevus ja vesi (inglise keeles): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/water-screen/> ja <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/do-not-open-bottle/>.
- Pindpinevuse teadusetendus (inglise keeles): <https://youtu.be/Hm52rkh68JA>.
- Kapillaarsus ja kromatograafia (inglise keeles): <https://youtu.be/PvHvx7k7UPU>.
- Kapillaarsus ja „liikuv“ vesi (inglise keeles): <https://youtu.be/C13VRQb-5Bc> ja <https://youtu.be/y9hprlmck44>.
- Timmu teadusteater: vesi (alates vedelast lämmastikust) (eesti keeles): <https://youtu.be/Vwk6SkirFJE>.
- Ookeanivee kihistumine. Soolvee ja magevee eksperiment (inglise keeles): <https://youtu.be/TxdiU3LJZ8>, <https://youtu.be/gx3yNjd7iE0>, <https://youtu.be/gocDE2ue04U> ja <https://youtu.be/czd20tdEDUE>.
- Kuidas saavad ookeanikalad soolveti juua? (inglise keeles): https://youtu.be/gXr2y9_e8NA.
- Veekeeris (inglise keeles): <https://youtu.be/CNHcOg8WdLQ>.
- SPARK Makerlabi insenerinduse näidisõppekava (otsi märksõnu vee saastamine) (eesti keeles): http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc.
- Saastunud vee puhastamine (inglise keeles): <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/water-filtration-challenge/>.
- Müstilised faktid ookeani kohta (inglise keeles): <https://youtu.be/BzrlpgRVPQg>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: kapillaarsus, magevesi, soolvesi, püknokliin, termokliin, halokliin, vee puhastamine.

Inglise keeles: *water experiments, freshwater, salt water, brine water, pycnocline, thermocline, salinity, halocline, cleaning water, brinicle.*

7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: illusioonid (4 tundi)

Teadlaste töö on leida suurte andmevoogude vahelt tõde, ent paratamatult unustame teinekord, et oleme inimesed – bioloogilised olendid, kes on mõjutatavad ja mitte alati veatud. Oleme arenenud ka endale valetama, vahest lausa alateadlikult. Eriti ilmsiks tuleb see tõsiasi audiovisuaalsete illusioonidega, mis meie aju petta üritavad. Seega peaks iga teadlane olema teadlik olukordadest, kus nende aju üritab öelda üht, samal ajal kui kirja pandud andmed tõendavad teist. Selles teemas süvenetakse illusioonidesse ja mehhanismidesse, mis meid täpsemalt segadusse ajavad ja millest me aru ei saa. Muu hulgas tehakse ülevaade visuaalsetesse efektidesse, mille abil luuakse tänapäeval realistlikena näivaid videoid ja uudiseid, ent mille põnevana tunduva sisu all peitub tehnilise osavusega loodud valeinformatsioon.

Põhjalikumalt tutvutakse optiliste illusioonidega III kursuse inimest (bioloogiat) käsitlevas teemas, kus uuritakse, milline on inimese valguse (ruumiline) tajus.

PRAKTIKALISED TÖÖD

- **Optilised illusioonid** – uurige optilisi illusioone ja üritage aru saada, mis ühe või teise puhul segadust tekitab ja kuidas need on tehtud.
- **Auditivsed illusioonid** – uurige auditivseid ehk heliillusioone ja üritage aru saada, mis ühe või teise puhul segadust tekitab ja kuidas need on tehtud.
- **Audiovisuaalsed illusioonid** – uurige kriitiliselt audiovisuaalseid ehk videoillusioone ja üritage aru saada, mis ühe või teise puhul segadust tekitab ja kuidas need on tehtud.
- **Illusioonide esitlemine** – leidke võimalusi, kuidas uuritud illusioone teaduskeskustes ära kasutada. Sealhulgas meisterdage vahendeid, mis aitavad illusioone esitleda (vt õpematerjalid).

TÖÖVAHENDID

Internet, optilised illusioonid, auditivsed illusioonid, vajalikud vahendid optiliste illusioonide meisterdamiseks.

ÕPPEMATERJALID

- Optilised illusioonid (inglise keeles): <https://youtu.be/YuB81P7i1n4>, https://youtu.be/VN_21BJpDd8, <https://youtu.be/LcpliVYfEqk>.
- Optilised illusioonid, mida meisterdada (inglise keeles): <https://youtu.be/UiQQ3kLtyiM>, <https://youtu.be/KBsD32XWMcQ> ja https://youtu.be/OfTPm_XNkFQ.
- Pildi mitmekordistamine selle ribastamisega (inglise keeles): <https://petapixel.com/2018/03/19/how-to-clone-a-photo-by-shredding-it/>.
- Auditivsed illusioonid (inglise keeles): <https://youtu.be/kzo45hWXRWU>, <https://youtu.be/ZY6h3pKqYl0> ja <https://youtu.be/8Z01336nDIU>.
- Videoefektide analüüs (inglise keeles): <https://www.youtube.com/user/CaptainDisillusion>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: (optilised) illusioonid, Escher.

Inglise keeles: *audio-visual effects, DIY optical illusions, auditory illusions, effects debunked, Escher.*

8. Esinemine: mustkunst (4 tundi)

Teadusteatri ja mustkunstietendusel on parajalt sarnasusi: esineja peab pidevalt juhtima ja hoidma publiku tähelepanu õigetel asjadel ning tegema seejärel ahhetama panevaid trikke/katseid. Selles teemas õpitakse lihtsaid mustkunstitrikke, et arendada üldist käelist osavust ning õppida publiku pilku suunama ja ettekande etappe ajastama.

PRAKTIKALISED TÖÖD

- **Mustkunstitrikid** – otsige internetist huvipakkuvaid trikke ja laske igal noorel ära õppida vähemalt viis trikki, mida nad peavad harjutama ja üksteisele ette kandma. Kui trikke on piisavalt õpitud, laske osalejatel klassi ees trikke teha, salvestades iga esinemise, et videot saaks pärast analüüsida.

- **Mustkunstnike analüüs** – vaadake internetis (või võimaluse korral päriselt) professionaalseid mustkunstnikke ja üritage analüüsida, milliste trikkide või loodusunähtuste abil nad publiku haneks tõmbasid. Eriti hea varamu mustkunstitrikkide analüüsiks on Ameerika mustkunstnike duo Penn ja Telleri saade „Fool Us“, kus professionaalsed mustkunstnikud peavad kogenud kolleegid oma oskustega ära petma.

TÖÖVAHENDID

Videokaamera, mündid, mängukaardid, paberkäterätid, rahatähed, liim, tikud.

ÕPPEMATERJALID

- Tähelepanu kõrvalejuhtimise oskused (inglise keeles): <https://youtu.be/GZGY0wPAnus>.
- 20 lihtsat mustkunstitrikki (inglise keeles): https://youtu.be/VWw_1-gEdLA.
- Ja veel 15 lihtsat mustkunstitrikki (inglise keeles): <https://youtu.be/Q--JYS89x8U>.
- Puruks rebitud paberrätik (inglise keeles): <https://youtu.be/9HfVwzBuckQ>.
- Pen & Teller Fool Us: Jonathan Burns (inglise keeles): <https://youtu.be/0E9QYW1w8rg>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: mustkunst, Eesti Mustkunstnike Liit, Jürgen Veber.

Inglise keeles: (*black*) *magic tricks*, *Penn & Teller Fool Us*.

9. Praktika: originaalne katse (6 tundi)

Õpilastel on aeg luua oma esimene originaalne katse! Laske osalejatel tuhnida internetis ja leida põnevaid ideid, mida 3–10 minuti jooksul ette kanda. Noorte omaloomingust pannakse olenevalt osalejate arvust kokku üks või kaks terviklikku teadusetendust. Tuletatakse meelde teadusetenduse loomise etappe, koostisosi ja korduma kippuvate küsimuste kogumikku, mille tasuks enne igat teadusetendust algusest lõpuni üle käia.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Idee, kavand ja teostus** – selleks, et luua tõeliselt ainulaadne teadusteatri katse ja esitus, tuleb omajagu internetist teavet otsida ja ideid omavahel kombineerida. Iga noor paneb kirja inspireerivaid ideid, mida ta leiab, ja märgib juurde, mis talle ühe või teise puhul meeldis. Seejärel tuleb teha kavand, teisisõnu kokkuvõtlik visioon sellest, mida ja kuidas tahetakse ette kanda ning milliseid abivahendeid on selleks vaja. Kui kavand on tehtud ja juhendaja on selle heaks kiitnud, tuleb leida vajalikud vahendid ja idee ellu viia, harjutades mitu korda nii nagu esimese teadusetenduse puhulgi. Lõpuks tuleb katse dokumenteerida, et seda oleks teine kord lihtsam teha. Ülesanne võib olla hulga produktiivsem ja lõbusam, kui seda mitme peale teha ja dokumenteerida, ent sel juhul peab ettekanne olema sisukam ja paremini läbi mõeldud.
- **Teadusetendus** – kui leidub noori, kes on veendunud, et nad ei oska midagi ise välja mõelda, kes ei oska piisavalt infot leida või kes lihtsalt tahavad teistlaadi katsumust, andke neile ülesandeks panna originaalsetest katsetest kokku teadusetendus, ja seda ka seejärel kureerida. Nii nagu esimeselgi aastal kantakse teadusetendus sobilikul üritusel ette ja ettekanne salvestatakse, et kõik saaksid seda hiljem analüüsida.

TÖÖVAHENDID



Mida iganes noortel vaja läheb.

ÕPPEMATERJALID

- Internet.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: teadusteater.

Inglise keeles: *science show ideas*.

III õppeaasta

1. Ohutus: pauk (6 tundi)

Teadusteater seostub paljudele ennekõike paugu ja tossuga, kuna nendega püütakse kõige laialdasemalt publiku tähelepanu. Selleks, et neid katseid ohutult teha ja nende teaduslikku sisu korrektsete faktide abil edasi anda, tuleb osalejatel ennast ohtlike plahvatuslike katsete läbiviimise meetoodikaga kurssi viia. **Kõikide järgnevate praktiliste tööde puhul peab iga noor kandma isiklikke kaitsevahendeid (vähemalt visiir, tulekindlad kindad ja kätised, kõrvaklapid) ning veenduma, et kõik ümbritsevad isikud järgivad ohutusnõudeid!**

Sõltuvalt koolkonnast ja noorte käitumisest tuleks osalejad kurssi viia plahvatusohtlike eksperimentidega, sh torusiilipommiga. Kui osalejad ei saa autoriteetselt juhendajalt selle kohta võimalikult palju ja detailset ohutusinfot, võib mõni asjatundmatu noor iseseisvalt või sõpradega katsetades endale või teistele liiga teha. Sarnaseid pomme tehakse teadusteatrites väga tihti, sealhulgas kuiva jää ja vedela lämmastikuga. Ent mõte, mida noortele tahetakse katsega edasi anda, nagu ka selle sisu kvaliteet sõltuvad etteastuja varasemast väljaõppest (nt teadusteatrit huviringist).

PRAKTIKALISED TÖÖD

- **Tuleohutus** – meenutatakse I kursusel õpitud tuleohutuse algtõdesid, räägitakse töökoha (asutuse) sisekorraeskirjadest ja ohutustehnikast; kuidas vahendeid ohutult kasutada; milline on ohutu riietus; mida teha tulekahju ja teiste hädaolukordade puhul; kus asuvad lähimad väljapääsud, tulekustutid jne.
- **Õli + vesi (eelistatult välieksperiment!)** – õppige praktiliste katsetega, miks ei tohi kuuma või põlevat õli veega jahutada/kustutada. Vee kiire aurustumine põhjustab tuleohtliku gaasipilve. Esimesel juhul kuumutage näiteks õueküünalt või panni peal õli, kuni see süttib (võib pika tikuga kaasa aidata). Pange veeanum pika varda otsa, valage natuke vett põlevale õlile ja vaadake, mis juhtub. Väiksema üles sulatatud küünla puhul piisab ka sellest, kui põlevale parafiinile vett pritsida (vt õppematerjale). Teisel juhul kuumutage pika statiivikäpa otsas katseklaasis olevad parafiinitükid keemiseni (veenduge, et kuumutate tervet klaasi ühtlaselt!) ning pange katseklaasi alumine ots külma vette, suunates katseklaasi suudme endast eemale. Järsust temperatuurimuutusest tekivad klaasi mikropraod, läbi mille keev vesi katseklaasi tungib. See paiskab kuuma parafiini katseklaasist välja.
- **Plahvatusohutus** – lisaks tuleohutusele räägitakse, mis on plahvatus ning kuidas plahvatusohtlike olukordi vältida ja inimeste ohutust tagada. Vaadatakse videoid rumalatest ohutusreegleid eiravatest olukordadest ja arutletakse, mida seal valesti tehti.
- **Arbuusipomm** – plahvatus on lihtsaima definitsiooni kohaselt rohke energia vabanemine märgatava rõhulainega väikese ajavahemiku jooksul. Pommi ehk plahvatus- või lõhkeseadeldise puhul koguneb plahvatuseelne energia vastavas rõhukambris. Mida tugevam on kamber, seda rohkem energiat saab enne plahvatust koguneda ja seda tugevam on plahvatus. Selleks, et paremini aru saada pommi tugevuse ja rõhukambri seosest, saavad noored arbuusi kummipaelade abil õhku lasta. Selleks pannakse ümber arbuusi kummipaelu niikaua, kuni nende osutatav rõhk rebestab arbuusikoore plahvatuslikul moel. Sarnasel

meetodil võib proovida ka teiste rõhukambrite vastupidavust. Tähelepanu tasub ennekõike pöörata kummipaelte osutatavale rõhumisjõule, mis tekib ka päris pommi puhul keemiliste reaktsioonide tulemusel.

- **Jahu + leek** – nii nagu leekides ei põle ka plahvatuse puhul mitte tahkised ja vedelikud, vaid tuleohtlikud aurud. Mõned ained vajavad aga süttimiseks ideaalset hapnikukontsentratsiooni. Selle demonstreerimiseks üritage jahu põlema süüdata. Kui olete näinud, et see ebaõnnestub, pange natuke jahu lehtrisse, mis on ühendatud voolikuga. Kui puhute vooliku teisest otsast, suunates lehtri inimestest eemale, lendab jahu ühtlaselt laiali, jättes jahuosakeste ümber piisavalt hapnikku, et neid süüdata. Kasutades gaasipõletit, süüdake jahupilv täpselt selle tekkimise alguses ning tehke järeltõrget jahu kontsentratsiooni ja tekkiva leegi kohta. Katset saab teha ka väiksemalt, raputades jahu või muid koduseid pulbreid (vt õppematerjale) läbi sõela põleva küünla peale.
- **Viitsütik** – kõige ohtlikum lõhkeseadeldis on pomm, mis on käivitatud, ent mis ei plahvata. Igal pommil on viitsütik, st seadeldis või protsess, mis lükkab plahvatusreaktsiooni alguse edasi, et inimestel oleks aega eemale joosta. Nii toimuvad ootamatud plahvatused ja nendega seotud õnnetused tihti valede kemikaalide kokkusegamise tõttu, mis jätavad pikaks ajaks petliku mulje, et midagi ei toimu, kuniks äkki inimeste silme all plahvatavad. Viitsütikuid ja nendega seotud kemikaalide osakaalude ja aja seoseid saab uurida järgmistes katsetes:
 - **Kaaliumpermanganaat ja glütserool** – üks levinuimaid keemilisi viitsütikuid, mida teadusteatris kasutatakse. Katsetage eri ainete osakaaludega, et aru saada, kas ja kuidas mõjutab see järsu eksotermilise reaktsiooni algusaega.
 - **Pidurivedelik ja kloor (välieksperiment!)** – kui need kaks ainet omavahel kokku segada, ei tundu pikka aega midagi toimuvat, kuigi aset leiab energiline keemiline reaktsioon, mis lahvatab ühel hetkel eksotermilise leegina. Katsetage ainete osakaaludega ja mõõtke, kuidas muutub sellest olenevalt ainete kokkusegamise ja leegi lahvatamise vaheline aeg.
 - **Torupomm (välieksperiment!)** (valikuline, eriti ohtlik, vajab eelnevat ohutusteadaannet lähedal viibijatele!) – mis juhtub, kui ruum täitub liialt gaasiga ja rõhk suureneb ülemäära palju? Toru asemel kasutatakse tavaliselt plastpudelit, plahvatavaks aineks torusiili (vt õppematerjale), aga ka kuiva jääd, vedelat lämmastikku või muid reagente, mille tulemusena tekib järsk gaaside paisumine. **NB!** Kui anum ei plahvata, tuleks ideaalis kasutada õhupüssi, et rõhukamber eemalt katki lasta.
- **Õhk/metaan/vesinik** – mitte iga gaas pole võrdselt tuleohtlik ega põle ühtmoodi. Täitke kolm õhupalli erinevate gaasidega: hingeõhk, metaan ja vesinik. Süüdake õhupallid ja võrrelge reaktsioone.
- **Vesinikuküünlal** – tehke metallpurgi põhja väike auk (läbimõõt u 10–15 mm), pange purk tagurpidi laua või tooli servale ja laske vabatahtlikul pöidlaga auku pealt kinni hoida. Täitke purk vesinikuga (meeldetuletus: vesinik on õhust kergem, mistõttu täidetakse purki tagurpidi!), kuulates hoolikalt täitumisest tekkivat heli. Laske vabatahtlikul sõrm augu pealt

võtta ja süüdata vesinikuküünal. Leek põleb rahulikult niikaua, kuni purgis olev vesinikutase ülespoole liigub ja hapnikuga seguneb. Siis tekib paukgaasi jaoks sobilik kontsentratsioon ja juhtub väike plahvatus, mis lennutab purgi ülespoole.

- **Paukgaas** – kui lisame vesinikule hapnikku, ideaalis suhtena 2 : 1 (H_2O), saame paukgaasi segu, mis tekitab eriti intensiivse plahvatuse ja mille saadusena tekib vähesel määral vett (üks kalleimaid viise, kuidas vett toota).

TÖÖVAHENDID

Tulekustuti, visiir, kuumakindlad kindad, kuumakindlad kätised, ohutuskõrvaklapid, kaitseprillid, tulekindel kittel, tulekustuti, tuletekk, pliit, pann, toiduõli, parafiin (küünal), veeanum, pikk tokk, teip, vesi, katseklaas, statiivikäpp, gaasipõleti, ämber, arbuus, kummipaelad, jahu (ja/või sooda, pipar, kohv jms pulbrid), lehter, voolik, sõel, kaaliumpermanganaat, glütserool, kuumakindel alus, kuumakindel anum, pidurivedelik, kloor, torusiil, foolium, plastpudel; võimaluse korral metaani-, vesiniku- ja hapnikuballoon, auguga purk, pikad tikud ja õhupallid. Vesiniku või hapniku puudumisel otsige lihtsaid keemilisi reaktsioone, millega ise vesinikku või hapnikku toota saab.

ÕPPEMATERJALID

- Tule ja plahvatustega seotud õnnetused (ja lollused) (inglise keeles): <https://youtu.be/Sw54dmQpSxA>.
- Plahvatuste ja tule õppevideod (inglise keeles): <https://www.youtube.com/channel/UCVovvq34gd0ps5cVYNZrc7A/videos>.
- Plahvatav arbuus (inglise keeles): <https://youtu.be/PK8dsAeMmPk>.
- Jahu ja leek (inglise keeles): <https://youtu.be/n-tD2bfj3Is>, https://youtu.be/uWEp_4fHX4Y ja <https://youtu.be/Aotmi5NTIDQ>.
- Õlileek ja vesi (inglise keeles): <https://youtu.be/PbgdRR4yi8Y> ja <https://youtu.be/2HkSI5s-C5c>.
- Parafiin katseklaasis ja vesi (inglise keeles): <https://youtu.be/7i2vXqo8LGI> ja <https://youtu.be/3sZbB3Sa15s>.
- Viitsütik (otsi märksõna aegsütik) (eesti keeles): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>.
- Pidurivedelik ja kloor (inglise keeles): <https://youtu.be/iY63x9rPLek>.
- Kuidas teha torusiilipommi? (eesti keeles): <http://www.vahvel.net/showthread.php?83961-Kuidas-teha-torusiili-pommi>.
- Kas torusiilipauk on ohutu? (eesti keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=50gki0HahB8>.
- Vesiniku- ja hapnikupauk (inglise keeles): <https://youtu.be/Ficsu-OnAKw>, <https://youtu.be/drrK3ETymwc>, <https://youtu.be/6gkblppESHA> ja <https://youtu.be/nLuOM9aOWvk>.
- Vee tootmine paukgaasiga (inglise keeles): <https://youtu.be/VmTZcNVzp7A>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: plahvatus, õlileek, jahu ja tuli, vesinikupauk.

Inglise keeles: explosion, watermelon and rubber bands, oil flame, flour flame, chlorine and brake fluid, hydrogen gas explosion.

2. Teater ja improvisatsioon: loo jutustamise maagia (6 tundi)

Teadus põhineb faktidel, ent inimesed eelistavad tõdedest koosnevate nimekirjade asemel kuulata lugusid, millel on algus, areng, puänt ja lõpp. Eduka ja paeluva teaduskommunikatsiooni aluseks on ladus lugu, mille sisse on pigitud fakte. Õppides teaduslikke katseid ja fakte omavahel siduma, õpivad noored, mis on innustava ja informatiivse ettekande põhilised komponendid; kuidas koostada lühikest, aga meelde jäävat ettekannet; kuidas kuulajaskonna põhjal oma kõnet koostada ning kuidas inimestega suhelda ja neile meelde jääda. Soojenduseks võiks teha I kursuse improvisatsioonilisi seltskonnamänge, mis on jäämurdmiseks head.

Teema eesmärk on vältida seda, et teadusteatri esinejad räägiksid ettekandes vaid sellest, mis faktiliselt toimub („Võtame selle komponendi, segame teisega ja saame kolmanda asja. Seda nimetatakse selleks. Jätkame. Võtame neljanda komponendi...” jne). Osalejad peaksid rohkem nägema vaeva sellega, et panna ladusalt jutustatud lugudega nähtused igapäevaelu konteksti, millega publik paremini samastuda saaks. See teeb ettekande meelde jäävamaks.

PRAKILISED TÖÖD

- **Loo jutustamise (bio)keemia** – vaadake õppematerjalides leiduvat videot ja tutvuge hormoonidega, mida eri lood või olukorrad võivad tekitada. Leidke iga hormooni jaoks veel igapäevanäiteid, lastes igal noorel oma elust mõne loo jutustada.
- **Süžee vs. lugu, lugude etapid, dünaamika ja analüüs** – noortest saavad vahelduseks filmi- ja raamatukriitikud, kes peavad õppima vahet tegema süžee ja lool ning oskama analüüsida, kuidas lood ja nendes peituv emotsionaalne manipuleerimine on üles ehitatud. Teisisõnu tuleb leida süžeele sarnaseid teoseid ja analüüsida, kuidas need loo poolest erinevad (kui erinevad). Kirjutage välja faktid, mida arutletud lugudega üritatakse publikule edasi anda, ja looge loole loogiline struktuur. Kui olete juba filmide ja raamatute lugude ülesehitusega kursis, vaadake lühemaid videoettekandeid professionaalsetelt ettekandjatelt ning võrrelge, kuidas nende ülesehitus lina- või kirjateostega sarnaneb või neist erineb. Leidke üheskoos, mis teeb ühest või teisest ettekandest paeluva loo ja mida tasuks neist kõrva taha panna. Ülesande eesmärk on ühiselt avastada tüüpilisi süžeekeid ja üleminekuid, millega ühest teemast teise liigutakse, ent millega ikkagi inimestele uusi fakte edasi antakse. Enne või pärast (olenevalt juhendaja soovist) tutvuge Vonneguti lookaartega. Edasijõudnutel on hea lõimida see ülesanne kirjandustundidega.
- **Lühikesed loo(v)estmise ja loovkirjutamise harjutused** – läbige mõned (improvisatsioonilised) loovkirjutamise ja loo vestmise harjutused. Teemad võivad varieeruda ja ei pea olema seotud teadusega, kuigi soovi korral võib teemasid suunata.
- **Üheksa põhilist süžee teaduses** – tutvuge Christopher Bookeri välja pakutud üheksa põhilise süžee. Osalejad peavad looma ja kirjeldama ühte loodusnähtust või teadusuudist loosi alusel valitud süžee tüübi järgi loodud lühilooga. Korraldage üritust võimalikult palju kordi erinevate nähtustega või uudistega, soovi korral vähendades süžee tüüpe selle järgi, mis osalejate arutelude põhjal kõige paremini toimivad.

- **Üleminekul teadusettevõtte** – võtke harjutustest saadud teadmised, oskused ja lood kokku. Looge ühiselt temaatiline teadusettevõtte, kus üks lugu läheb sujuvalt teiseks üle, kandes sama teemat, ent mille käigus seletatakse järjest uusi nähtusi/eksperimente. Võimaluse korral kaasake juba rekvisiite ja katsevahendeid, et eksperimente läbi viia.

TÖÖVAHENDID

Internet, paber, pliiatsid, pastakad, vajaduse korral rekvisiidid.

ÕPPEMATERJALID

- Teaduskommunikatsioon ja loo jutustamine (inglise keeles): <https://youtu.be/E7K-qlQVpgE>, http://www.pnas.org/content/111/Supplement_4/13614 ja <https://blogs.plos.org/blog/2018/05/16/science-and-art-find-common-ground-the-importance-of-storytelling/>.
- Loo jutustamise teadus/keemia (inglise keeles): <https://youtu.be/Nj-hdQMa3uA>.
- Süžee vs. lugu (inglise keeles): <https://youtu.be/psb5fYkLXVg>.
- Kurt Vonneguti loo jutustamise emotsionaalsuse kõverad (inglise keeles): <https://nofilmschool.com/2016/11/emotional-arcs-6-storytelling-kurt-vonnegut> ja <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/07/the-six-main-arcs-in-storytelling-identified-by-a-computer/490733/> ja <https://youtu.be/CYCbPsoWo2k>.
- Lühikesed loovkirjutamise/loo vestmise harjutused (inglise keeles): <https://thewritelife.com/5-fun-storytelling-exercises/> ja <https://adirajan.wordpress.com/2014/10/24/10-interactive-storytelling-activities/>.
- „Iga lugu on sama“ (inglise keeles): <https://youtu.be/LuD2AaOzFiA>.
- Loojutustamise näidisanalüüs (inglise keeles): <https://youtu.be/4U70RsDxwvg>.
- Loovkirjutamise (ja loo vestmise) harjutused (inglise keeles): <https://writetodone.com/10-best-creative-writing-exercises/>, <https://authority.pub/creative-writing-exercises/> ja <https://thejohnfox.com/2016/05/creative-writing-exercises/>.
- Üheksa põhilist süžeed (inglise keeles): <https://www.how-to-write-a-book-now.com/basic-plots.html>.
- Loo jutustamise nõuandeid (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=xb1eMQ4K17Y&list=PLBiW8y5LSHK7EcXJXo4-eXxY3ibZMMNRP>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: teaduskommunikatsioon, loo jutustamine, loovkirjutamine, avalik esinemine.

Inglise keeles: *public speaking, storytelling science communication, story/emotional arcs, storytelling tips, story ideas, creative writing, plot generator, storytelling transitions, storyboard.*

3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod: loogika ja argumendid (4 tundi)

Ei öelda asjata, et inimene õpib kogu elu ja areneb enda vigadest õppust võttes. Eksimustest saadud tagasiside võib olla füüsiline (nt kuum rauapliit või rattaavarii), vaimne (nt eksamil antud vale vastus või kehv rahaline otsus), verbaalne (nt sõimamine või konstruktiivne kriitika) või kombinatsioon nendest. Just kriitika on see, mida tuleb lisaks andmisele osata ennekõike vastu võtta. Nii võib eristada destruktiivset ehk hävitavat kriitikat (laimamist/sõimamist) ning konstruktiivset ehk toetavat/ülesehitavat kriitikat. Viimane on teaduse usaldusväärsuse nurgakivi: teadlased koostavad artikleid, millele teised teadlased argumentide toel tagasisidet annavad. Seetõttu on tähtis, et noored õpiksid juba varakult kriitikaga tegelema, aga mitte ainult negatiivses vormis. Käesolev teema toetub

tugevalt (teadus)filosoferimisele ning selle kestus sõltub sellest, kui põnevalt juhendaja teemat läbi viib ja kui entusiastlikult noored kaasa tulevad.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Loogika algtõed** – tutvuge koos noortega loogika algtõdedega. Olenevalt noorte ettevalmistusest ja argumenteerimisoskusest võib piirduda lihtsate mõistetega või minna süvitsi. On hea tuua paralleeli programmeerimisloogikaga ja arutleda, mille poolest erinevad arvuti ja inimeste loogika. Leidke seosed kriitilise analüüsi ja loogika vahel.
- **Loogikaülesanded** – tehke läbi mitu loogikaülesannet (näideteks vt õppematerjale) ja harjutage grupis loogilis-kriitilist argumenteerimist. Kuidas teistele korrektset mõtlemist kasutades tõestada, et üks või teine mõte vastab tõele?
- **Argumenteerimine** – tutvuge deduktsiooni, induktsiooni ja abduktsiooniga (parima seletuse järeldamine/tuletamine) ehk loogiliste argumentide abil järeldamiste viisidega. Leidke arutelude toel näiteid, mille abil ühte või teist järelduste tegemise meetodit kasutada. Noori tuleb julgustada leidma kaalutletud vastuargumente, millega järeldusi ümber lükata. Nii teevad osalejad tutvust sokraatilise meetodiga, mida kasutasid juba antiikaja teadlased.
- **Pseudoteadus** – otsige vääri teadusartikleid/-uudiseid ja uurige, kuidas jõuavad teadlased vahel valede või lausa petlike tulemusteni. On hea õppida või meenutada matemaatilist statistikat, testgrupi valimi valimise aluseid, tõenäosusteooriat jne. Samuti tasub tutvuda Mandela efektiga (väärmälestused) ja valedega, mida suur osa inimkonnast ekslikult tõeks peavad (vt õppematerjale ja otsi märksõnadega näiteid juurde).
- **Konstruktivne arvustus** – tooge näiteid konstruktiivsest ja destruktiivsest tagasisidest ning arutlege, miks üks on vajalik ja teine hävitav. Leidke internetist mõni toode või teenus, mis väidab, et toimib teaduslikult tõestatud alustel. Noorte ülesanne on kirjutada sellest tootest või teenusest üheleheküljeline arvustus, kus on põhjalikult analüüsitud, miks toode/teenus töötab või ei tööta nii nagu reklaamitud. Esitlege arvustusi teistele ja jagage konstruktiivset kriitikat ka rääkijatele. Kas nad pöörasid tähelepanu õigetele küsimustele? Kas neil jäi midagi tähtsat uurimata?

TÖÖVAHENDID

Pliiatsid, paberid, internet.

ÕPPEMATERJALID

- Loogika algtõed (eesti keeles): https://www.ttu.ee/public/m/mart-murdvee/Psuhholoogia_ja_loogika/5_loeng_-_Loogika.pdf.
- Induktsioon (arutlemine) (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Induktsioon>.
- Abduktsioon (arutlemine) (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Abduktsioon>.
- Induktsioon ja abduktsioon (inglise keeles): <https://youtu.be/-wrCpL1XAw>.
- Deduktsioon, induktsioon ja abduktsioon (inglise keeles): <https://www.livescience.com/21569-deduction-vs-induction.html>.
- Sokraatiline meetod (eesti keeles): https://et.wikipedia.org/wiki/Sokraatiline_meetod.
- Sissejuhatus kriitilisse mõtlemisse (inglise keeles): <https://www.khanacademy.org/partner-content/wi-phi/wphi-critical-thinking/wphi-fundamentals/v/intro-to-critical-thinking>.

- Loogikaülesanded (inglise keeles): <https://www.youtube.com/user/MindYourDecisions>
- „Visa hing“ ehk veeanumate loogikaülesanne (inglise keeles): <https://youtu.be/0Oef3MHYEC0>
- Mandela efekt (inglise keeles): https://youtu.be/vB7Xv6gG5_0
- Kas paljud avaldatud teaduslikud artiklid on väärad? (inglise keeles): <https://youtu.be/42QuXLucH3Q>
- Õpilaste hinnangut TÜ teadusbussi teadusteatri füüsikaetendusele ning füüsika ja loodusteaduste õppimisele (eesti keeles): http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31411/jaansalu_mari_liis.pdf
- Valed, mida paljud usuvad (inglise keeles): <https://youtu.be/h0GohGRRmD8>
- Näide toote kriitilisest analüüsist (inglise keeles): <https://youtu.be/MCW5HUkrr-o>
- Kriitikaga tegelemine (inglise keeles): <https://www.skillsyouneed.com/ips/dealing-with-criticism.html>
- Kuidas destruktiivsel ja konstruktiivsel kriitikal vahet teha? (inglise keeles): <https://www.wikihow.com/Know-the-Difference-Between-Constructive-and-Non-Constructive-Criticism>
- Kuidas tagasisidet arenemiseks kasutada? (inglise keeles): https://youtu.be/FQNbaKkYk_Q
- Tõe illusioon (inglise keeles): <https://youtu.be/cebFWOlX848>

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: loogika, deduktsioon, induktsioon, abduktsioon, sokraatiline meetod, kriitiline analüüs, loogikaülesanded, pseudoteadus.

Inglise keeles: *basics of logic, deduction, induction (argumentation), abduction (argumentation), Socratic method, critical thinking, logic exercises, pseudoscience, false science.*

4. Füüsika ja matemaatika: optika (10 tundi)

Me näeme ümbritsevat värvilist maailma tänu valgusallikatele, millest kiirgav valgus peegeldub, neeldub ja murdub eri pindadel. Valgusega, elektromagnetlainet ja osakestega (fotonitega) korraga tegelevat füüsikaharu tuntakse ka optikana. Selles teemas tutvutakse valguse ja selle põhiliste omadustega katsetega, mida saab esitleda nii teadusteatri etendustes kui ka töötubades.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Lainete kordamine** – tuletage meelde lainete omadusi (nt lainemudeli abil) ja neid kirjeldavaid suurusid (lainepikkus, sagedus, kiirus jne). Tooge võrdlusi heliteaduse ehk akustika ja valgusteaduse ehk optika vahel.
- **Valguse peegeldumine, murdumine ja neeldumine** – leidke (gruppides) vastused, seletused ja teadusteatrile sobilikud näidiskatsed järgmistele küsimustele (vt ka õppematerjale) ning kandke need teistele ette, võimalusel koos katsega:
 - Mis on ja millest koosneb valgus?
 - Kuidas tekivad värvid? – seda on ideaalne katsetada akendeta või kaetud akendega ruumis, kus on RGB-valgusriba, mille värve saab muuta. Võib tähele panna, kuidas eri värvi valgustega muutuvad ka ümbritsevate objektide värvused.
 - Millised erinevused on värvide ja erinevat värvi valguste kokkusegamisel?

- Miks me ei näe päeval akendest hästi sisse, ent öösel näeme palju paremini?
 - Miks on märjad riided (teksad) tumedad?
 - Kas on võimalik tekitada musta küünlaleeki?
 - Miks must auk on must?
 - Kuidas on omavahel seotud temperatuur, värvus ja absoluutselt must keha?
 - Mis värvi on Päike?
 - Kas Kuu on horisondi kohal tõesti suurem kui kõrgel taevas?
 - Kuidas esemeid murdumisnäitaja abil ära kaotada?
 - Miks on taevas sinine ja pilved valged? – ülipopulaarne optikaküsimus, mis toetub Mie ja Rayleigh' hajumiskirjeldusele.
 - Miks kasutavad politsei- ja kiirabiautod punast ja sinist valgust?
 - Kas laserkiirt saab painutada?
 - Kas valgust saab sõrmega painutada?
 - Kuidas töötavad fiiberoptilised kaablid?
- **Vikerkaar ja dispersioon** – uurige, kuidas tekivad vikerkaared nii õues vihmasel ajal, kui päike paistab, ja toas, kui vaadata CD-d. Leidke võimalusi, kuidas ise vikerkaart teha.
- **Valguse paindumine, difraktsioon ja spektroskoopia** – õppige, kuidas kasutatakse valguse eri värve ainete tuvastamisel, meisterdades ise spektroskoobi või lausa spektrograafi (vt õppematerjale). Võite ühendada spektroskoobi „okulaari“ (vaatajapoolse otsa) kaameraga, teha paar pilti ja analüüsida saadud spektreid sobiliku tarkvaraga. Uurige loodud spektrograafiga eri valgusallikaid ja tuvastage, mis ainetega on tegu. See on hea võimalus näidata, kuidas füüsika, keemia ja materjaliteadus on väga tihedalt seotud.
- **Polarisatsioon** – tutvuge, mida tähendab polariseeritud valgus ja milliseid katseid saab seda teades teha (vt õppematerjale). Selleks, et polarisatsiooni kui nähtust seletada võimalikult paljude inimestega, laske u 6–10 vabatahtlikul mängida päikesepillide osa (osalejad ühes reas) ja teisel sama suurel rühmal teatud sihis võnkuvate üksikute valgusosakeste osa. Footonid liiguvad päikesepillide suunas, ent kui nad samas sihis ei võngu, ei pääse nad ka läbi. Kõige paremini saab seda illustreerida vabatahtlikuga, keda kantakse kätest ja jalgadest ning üritatakse „polarisaatorimüürist“ läbi viia.
- **Stroboskoopia (NB! Ei tohiks teha, kui grupis või publiku seas on epileptikuid)** – stroboskoope kui kõrgesageduslikke sisse-välja lülituvaid valgusallikaid kasutatakse ennekõike pöörlevate objektide pöörlemissageduse mõõtmiseks. Ent selle seadme abil on võimalik ka ilmestada, et filmid koosnevad üksikutest kaadritest. Kasutades täiesti pimedas ruumis stroboskoopi, jäävad mõned „kaadrid“ elust justkui puudu ja nähtavad on vaid need hetked, kui valgusallikas ümbritsevaid objekte valgustab. Laske osalejatel plaksutada kindlas taktis ja muutke stroboskoobi sagedust, kuni ühel hetkel tunduvad plaksutavad käed paigal seisvat. Stroboskoopiakatseid võib leida õppematerjalidest või märksõnadega otsides.
- **Geomeetiline optika ning lühi- ja kaugnägelikkus** – valgusteadus on oma lihtsaimal tasandil valguskiirte liikumise analüüsimine. Uurige, kuidas töötavad erisugused optilised seadmed (vt õppematerjale) ja võimaluse korral ehitage ise teleskoop ja/või mikroskoop. Niisamuti saate uurida, mis põhimõttel töötavad prillid.

- **Fotograafia** (*camera obscura* ja *pinhole camera*) – tehke aknaga ruumist üleni pime ruum, kattes akna(d) papiga. Veenduge, et mitte ühestki praost ei immitse valgust läbi. Tehke papi sisse väike (3–10 cm läbimõõduga) ava ja laske silmadel sissetuleva valgusega harjuda. Mõne aja pärast avastate, et viibite fotokaamera sees – tegu on klassikalise *camera obscura*’ga ehk pimekambriga, mille seinas olev väike ava annab vastasseinal ümberpööratud kujutise ava ees olevatest valgustatud esemetest või maastikust. Kui teil on aega, saate samal moel ehitada pisikesed *camera obscura* karbid (vt materjale).
- **Valikuline: laserid (NB! Silmadele ohtlik!)** – laserid on võimsad valgusallikad, mida kasutatakse teaduses väga laialdaselt tänu nende omadustele (fotonite koherentsus, valguse monokromaatsus jne). Uurige, milliseid katseid saab laseritega (sh võimsamate versioonidega) korraldada ja tehke neid, kui teil on laser olemas. Pöörake väga suurt tähelepanu ohutusele!

TÖÖVAHENDID

Lainemudel (loodud akustika teema käigus), peegel, RGB-valgusribad koos juhtimisplüdi või -kontrolleriga, värvid (guašš, akrüül vms), toiduõli ja/või glütserool, suurem anum, klaaspulk, suurendusklaasid, prillid (vabatahtlik), vesi, CD/DVD, taskulamp, kaamera, žilett, polariseeritud kiled ja päikesepillid, võimaluse korral grafoprojektor, läbipaistvast plastist esemed, stroboskoop (või nutitelefon vajaliku rakendusega), papp(kast), käärid, teip, küpsetuspaber.

ÕPPEMATERJALID

- Sissejuhatus valguslainetesse (inglise keeles): <https://youtu.be/CiWEJEYD-bg>, https://youtu.be/rLNM8zI4Q_M, <https://youtu.be/jiy-eqWM38g> ja <https://youtu.be/IRBfpBPpELmE>.
- Miks on määrjad riided tumedamad? (inglise keeles): <https://youtu.be/wRsprwNpSbE>.
- Absoluutselt must keha (eesti keeles): https://et.wikipedia.org/wiki/Absoluutselt_must_keha.
- Miks on taevast sinine? (inglise ja eesti keeles): <https://youtu.be/Asy3w3gMfb0> ja <http://users.kmg.tartu.ee/~aare/taevas/sinitaevas.htm>.
- Mis värvi on Päike ja päikeseloojang? (eesti ja inglise keeles): <https://heureka.postimees.ee/3847359/puust-ja-punaseks-video-mis-varvi-on-paike>.
- Must küünlaleek (inglise keeles): <https://youtu.be/5ZNDA2WUSU>.
- Sõrmega valguse painutamine (inglise keeles): <https://youtu.be/Eouvsy8JdLU>.
- Kuu suurust muutev optiline illusioon (inglise keeles): <https://youtu.be/5ZA5lql9JUw>.
- Murdumisnäitaja ja kaduvad objektid (inglise keeles): <https://youtu.be/exhHtH3HOvI> ja <https://www.exploratorium.edu/snacks/disappearing-glass-rods>.
- Laserkiire painutamine ja fiiberoptilised kaablid (inglise keeles): https://youtu.be/0MwMkBT_5I.
- Sissejuhatus geomeetrilisse optikasse (inglise keeles): <https://youtu.be/Oh4m8Ees-3Q>.
- Vikerkaar ja selle tegemine (inglise keeles): <https://youtu.be/5pYnC-ONdXQ>, <https://youtu.be/Cm9ZkYtTnCNE>, https://youtu.be/sp81xT7_bQY, <https://youtu.be/GI50MSQGHXw>.
- Teeme ise spektroskoobi/spektrograafi (inglise ja eesti keeles): <https://youtu.be/ZowYVDQDDZ4>, <http://scitoys.com/index.php/spectroscope.html>, <http://sci-toys.com/scitoys/scitoys/light/spectrograph/spectrograph.htm> (tarkvara!) ja <http://vaakumpakendatudlammas.blogspot.com/2014/01/diy-spektrograaf.html>.

- Polariseeritud valgus (sh ringpolarisatsioon) ja katsed (eesti ja inglise keeles):
<https://opik.fysika.ee/index.php/book/section/9799#/section/9799>,
<https://opik.fysika.ee/index.php/book/section/1490#/section/1490>, <https://youtu.be/ycY2mUZHS84>,
<https://youtu.be/PJHCADY-Bio> ja <https://youtu.be/8YkfEft4p-w>.
- Polarisatsioon teadusteatris (inglise keeles): <https://youtu.be/eSjt0Bfncqw>.
- Stroboskoopiakatsed (inglise keeles): <https://youtu.be/muucS5fwtvU>
<https://youtu.be/XuZuNwRnBFQ>.
- Valge laser – õpetlik väga mitmel moel (inglise keeles): <https://youtu.be/yy-vAc6hPig>.
- Sissejuhatus optilistesse seadmetesse (inglise keeles): <https://youtu.be/SddBPTcmgOk>.
- Camera obscura ruum (inglise keeles): https://youtu.be/yvWX6-0_VHU,
<https://youtu.be/qIp9kltDUh8> ja <https://petapixel.com/2014/05/12/diy-tutorial-convert-room-camera-obscura/>.
- Teeme ise väikese camera obscura (inglise keeles):
<https://www.youtube.com/watch?v=RYvl6t0N94E>.
- Mis on laser? (inglise keeles): https://youtu.be/_JOchLyNO_w.
- Eksperimente laseritega (inglise keeles): <https://youtu.be/C-V1uXeyGmg>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: optika, valguse peegeldumine, valguse neeldumine, valguse murdumine, dispersioon, difraktsioon, Mie hajumine, Rayleigh' hajumine, spektroskoop, spektrograaf, stroboskoop, polarisatsioon, camera obscura.

Inglise keeles: light experiments, optics, light reflection, light absorption, light refraction, Snell's law, dispersion, diffraction, double slit experiment, Mie scattering, Rayleigh scattering, diffraction, spectrograph, spectroscope, polarization experiment, stroboscope experiment, hyperscope, pseudoscope, pinhole camera, camera obscura, polarization, laser.

5. Keemia ja materjaliteadus: happed, alused ja soolad (10 tundi)

Olete kindlasti tuttavad tähisega pH või olete seda vähemalt reklaamides kuulnud. Mida see tegelikult tähendab? Kuidas saame teadmisi keskkonna pH-st ja selle muutustest ära kasutada oma igapäevaelus? Mis on happed ja alused ja milliseid katseid nendega teha saab?

PRAKTIKASE TÖÖD

- **Sissejuhatus** – käsitletakse edasijõudnute teemasid nagu happed, alused, pH jne. Seetõttu tuleb olla eriti hoolas, et kõik noored saaksid mõistetest ja definitsioonidest ühtmoodi aru.
- **Indikaator** – indikaatorlahused on ained, mis aitavad määrata keskkonna pH-d. Kõige lihtsama ja efektsama loodusliku indikaatorlahuse saab teha punasest kapsast. Kui olete indikaatorlahuse valmistanud, andke rühmadesse jaotatud osalejatele mitu ühesugust tupsi, millest igaühes on erinev läbipaistev aine (**mida juua ei tohi!**). Nendeks võivad olla näiteks vihmavesi, sidrunhape, torusiil, vedelseebiga segatud vesi jne. Noorte ülesanne on ilma indikaatorita reastada lahused pH järgi ja hinnata pH väärtust. Seejärel saavad nad kasutada indikaatorlahust ja vaadata, kas hinnang läks täppi.
- **Raputatavad pudelid** – seda klassikalist katset kasutatakse keemiliste reaktsioonide kiiruse näitamiseks. Tehke õppematerjalides toodud retseptide kohaselt endale erinevaid

raputatavate pudelite versioone. Seejärel laske vabatahtlikel pudeleid raputada ja jälgige lahuste värvuste muutust. Raputamise muutub vedelikus lahustunud hapniku osakaal, millest sõltub reaktsiooni saadus ja sellest tulenevalt lahuse värvus. Kuna reaktsioon toimub mõlemas suunas, saavutab lahus oma esialgse värvuse pärast seda, kui sellel on rahuneda lastud. Täpsema reaktsioonimehhanismi kohta võib lugeda õppematerjalidest.

- **Suhkrusöesammas (NB! Ohtlik! Katset tuleb teha tõmbekapis või õues!)** – segades suhkrut ja kontsentreeritud väävelhapet, hakkab suhkur aja möödudes söestuma. Tekib must söemass, mis paisub, kuna eraldub gaas (SO_2) ja tekib veeaur. See on põhjustatud kontsentreeritud väävelhappe võimest käituda oksüdeerijana.
- **Happed, alused ja soolad muudes katsetes** – soolad on keemilised ained, mis koosnevad metalli katioonidest (näiteks Ca^{2+} või Na^+) ja happeanioonidest ehk happejäägist (näiteks SO_4^{2-} või Cl^-). Tutvuge põhjalikult eestikeelse e-õpiku peatükiga „Kuidas käituvad keemilised elemendid igapäevaelus?“ ning leidke sealt katseid, mis on seotud hapete, aluste ja sooladega. Kui need katsed on tehtud, suunake noori otsima internetiavarustest ja võimaluse korral muudestki allikatest lisakatseid. Nii annate osalejatele julgust ise uurida, katsetada (erinevad kontsentratsioonid, kogused), eksida, õnnestuda ja järeldusi teha. Eriti on taoline suunamine vajalik, pidades silmas ülesannet koostada kursuse lõpus ise teadusteatri etendus.

TÖÖVAHENDID

Punane kapsas, saunikser, anumad, sidrunimahl, torusiil, kibuvitsatee, vesi, erineva pH-väärtusega vedelikud, võimaluse korral pH-mõõdik, glükoos, naatriumhüdroksiid, metüleensinine (indikaator), indigokarmiin (indikaator), fenoolftaleiin (indikaator), plastpudel, täppiskaal, väävelhape, suhkur, kuumakindel avatud anum ja muud vahendid, mis on loetletud e-õpiku materjalide seas (<http://keemiakaubandus.ee>).

ÕPPEMATERJALID

- Mis on analüütiline keemia? (inglise keeles): <https://youtu.be/z0Dvz6zTKKk>.
- pH-väärtus (eesti ja inglise keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Vesinikeksponent>, <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/2674> ja <https://en.wikipedia.org/wiki/PH>.
- Looduslik indikaator (eesti keeles): <https://www.miksike.net/docs/5klass/2himija/5-2-16-2.htm>, <https://akadeemiake.ee/wp-content/uploads/2016/02/LyvianAlbu.pdf> ja e-õpik allpool.
- Raputatava pudeli eksperiment (inglise keeles): https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_bottle_experiment, <https://eic.rsc.org/exhibition-chemistry/beyond-the-blue-bottle/2000041.article>.
- Suhkrusöesammas (inglise keeles): <https://www.quirkyscience.com/sulfuric-acid-turns-sugar-black/> ja https://youtu.be/xK4z_YhtTBM.
- Eksperimendid keedusoolaga (NaCl) (inglise keeles): <https://youtu.be/lzKjoa6l34>.
- Soolakristallide kasvatamine (inglise keeles): <https://youtu.be/71bvKydh5gk>.
- Joodikell (inglise keeles): <https://youtu.be/OPoqlYh9FG4> ja <https://youtu.be/uLpONhNsZQU?t=225>.
- Tantsivad sinised leegid (inglise keeles): <https://youtu.be/NwWqWrunNoY>.
- Nähtamatud tindid (inglise keeles): <https://youtu.be/9G7vYtKOu4A>.
- Völtsvere eksperiment (inglise keeles): https://youtu.be/scN6_LitWqo.

- Kuidas käituvad keemilised elemendid igapäevaelus? (eesti keeles):
<https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/8741#/section/9641>.
- Keemia õppevideod (inglise keeles):
<https://www.youtube.com/watch?v=F5yAehMdpyl&list=PL8dPuuaLjXtPHzzYuWy6fYEaX9mQQ8oGr>.
- Edasijõudnute keemiakatsed (inglise keeles):
<https://www.youtube.com/user/TheRedNile/videos> ja
<https://www.youtube.com/user/NurdRage/videos>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: vesinikeksponent, pH-väärtus, indikaator, happed, alused, soolad, katsed happega/alusega/leelisega/soolaga.

Inglise keeles: pH, acid, base, alkali, indicator, blue bottle experiment, salts, experiments with acid/base/alkali/salts.

6. Roheline, valge ja pruun loodus: inimene (8 tundi)

Inimese jaoks üks põnevamaid bioloogilisi olendeid, keda me oleme ka kõige põhjalikumalt uurinud, on kindlasti inimene. Selles teemas uuritakse inimese üksikuid bioloogilisi funktsioone, mis on omased ka teistele olenditele, ennekõike imetajatele.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Binokulaarsus, stereoskoopia ja petlik nägemine** – inimesed nagu ka teised binokulaarsed olendid vajavad ruumis orienteerumiseks kahte silma. Kirjeldatud eksperimendid (lisaks soovi korral värvipimeduse katse) aitavad ilmetada, kuidas inimese silmad võivad olla petlikud. Seetõttu kasutatakse teaduses lisaks teiste inimeste tähelepanekutele masinaid, mis näevad andmeid objektiivsemalt.
 - Laske vabatahtlikul enne järgmist katset hoida ühte silma kinni (selleks võib kätt silma ees hoida või salli ümber pea siduda). Pange osaleja ette eri kaugustele viis topsti, kus sees on kohvipuru, suhkur, tass, vesi ja koor. Laske vabatahtlikul vaba käega ja lusikat kasutades valmistada üks tass kohvi. Tuleb välja, et see on normaalse nägemisega inimesele väga keeruline ülesanne.
 - Inimese silmi annab aga teistelgi viisidel petta. Selle demonstreerimiseks saab ise valmistada tagurpidi prillid, pseudoskoobi ja hüperskoobi (vt õppematerjale). Esimene seadeldis pöörab meie maailmapildi ümber nii, et taevas on all ja maa üleval. Teine seadeldis vahetab piltlikult meie vasaku ja parema silma ära ning kolmas seadeldis suurendab piltlikult silmadevahelist kaugust. Igaüks neist tekitab ajus paraja segaduse ja muudab meie ruumitaju.
 - Otsige stereopilte, mida saab näha vaid silmi kõõritades või justkui pildist läbi vaadates. Õppige, kuidas neid pilte vaadata (see tekitab kindlasti paljudes frustratsioonid, kuna see pole lihtne ülesanne, ent ärge laske neil alla anda).
- **Lima/tatt** – valmistage õppematerjalides toodud retsepti alusel lima/tatt, mille abil esitleda ninas tekkiva tati või limaskestadel oleva lima vajalikkust kaitseprotsessides. Saab

Commented [MOU4]: Täheleb, et katse ajal peab üks silm kinni olema? See ei tule siit välja.

Commented [MOU5]: Kas tass on eraldi või ka topsti sees?

demonstreerida, kuidas väikesed osakesed sellesse kinni jäävad. Samuti võib rääkida, kas on mõistlik oma tatikolle süüa või mitte.

- **Rasvakiht** – kuigi meedia võib meile sisendada, et peaksime oma keha rasvasisalduse vähendama peaaegu nullini, on rasv meie kehale hädavajalik. See pakub pehmendust ja toitainete varusid ning kaitseb külma eest. Eriti palju rasva varuvad arktilistes vetes elavad loomad, nt merilõvid. Rasva tähtsuse katsetamiseks valmistage ette jääkuubikutega veeanum ja laske vabatahtlikel käsi sinna sisse panna. Selleks, et kätel poleks nii külma, pange kilekotti searasva ja vabatahtlikule kummikinnas kätte. Vabatahtlik paneb käe searasvaga kotti ja koti omakorda jääkülma veekaussi. Rasv takistab külma levikut ja käsi jääb soojaks. Katse töötas välja Tartu Loodusmuuseumi loodushariduse spetsialist Elen Kontkar.
- **Kopsumudel** – meisterdage kopsumudel (vt õppematerjale), mis aitab selgitada kopsude toimimispõhimõtet. Kui teie seas pole nõrganärvilisi ja teil on ligipääs sea kopsudele, võite uurida ehtsaid kopsu ja neid vooliku abil täis puhuda.
- **Seedimine** – läbige analoogide põhjal inimese seedimise teekond algusest lõpuni. Arutlege, mis igas protsessis aset leiab ja mis inimesega juhtuks, kui toimiksime teisiti.
- **Ensüümid** – need keerulised molekulid mängivad seedimises ja üleliigsete ainete eemaldamises väga tähtsat osa. Ensüümide töö ilmestamiseks saab läbi viia reaktsiooni vesinikperoksiidi ja katalaasi vahel. Viimaseks sobib kartul või (kana)maks (rohkem katalaasi tähendab aktiivsemat reaktsiooni). Proovige katset korrata ka muude ainete, pannes tähele, kas reaktsioon on tormilisem või tagasihoidlikum. Täpsemaid üksikasju vt õppematerjalidest.
- **Veri ja hemofiilia** – imiteerige väikest haava. Täitke kast õhupallidega (vereosakesed) ja puhuge lehepuhuriga mööda kasti ülemist ava: õhupallid lendavad laiali. Täitke kast uuesti õhupallidega, kuid seekord visake nende peale kerge võrk. Kui puhute nüüd lehepuhuriga mööda kasti ava, ei lenda õhupallid enam laiali. **Katse iseloomustab**
- **Inimene kui bioloogiline olend** – laske osalejatel leida rühmades veel katseid, millega iseloomustada inimese füüsilisi, bioloogilisi ja/või keemilisi toimimisviise (nt DNA mudel või DNA eraldamine, toiduainete energiasisaldus, lihaste kokkutõmbed, silmaläätsede toimimine, keemilised reaktsioonid luudega jne). Võimaluse korral kandke eksperimendid teistele ette.

Commented [MOU6]: Siin on lause pooleli jäänud.

TÖÖVAHENDID

Pisikesed peeglid, puiduklotsid ja -jupid, kruvid ja kruvikeeraja, želatiin, tärklis, vesi, toiduvärvid, anum, searasv, kummi- või kilekindad, jääkuubikud, suur pudel, nuga, käärid, õhupallid, kõrred, teip, plastiliin, paber, toiduained, sukk, ämbrid, äädikas, suur kast, võrk, lehepuhur.

ÕPPEMATERJALID

- Värvipimeduse katse (inglise keeles): <https://enchroma.com/pages/test>.
- Stereomaailm (eesti keeles). Hoiatus! Kuigi kirjeldus on väga põhjalik, sisaldab ka ebatsensuurseid pilte: <http://web.zone.ee/svenmees/stereo.html>.
- Tarvo Metspalu „Valgustuba” ehk „Kuidas vaadata stereopilte?” (eesti keeles) – lastesõbralik versioon: <https://www.dropbox.com/s/2565rfuo8rau1fm/Valgustuba.pdf?dl=0>.
- Lihtne stereonägemise eksperiment (inglise keeles): <https://youtu.be/pvFYzGfVM58>.

- Pseudoskoop (inglise keeles): <http://pseudoscope.blogspot.com/>.
- Hüperskoop (inglise keeles): <https://www.grand-illusions.com/hyperscope-kit-c2x21140209>.
- Miks on lima ja miks on see limaskestadel vajalik (inglise keeles): <https://youtu.be/WW4skW6gucU>.
- Tati valmistamise retsept (inglise keeles): <https://littlebinsforlittlehands.com/fake-snot-edible-gelatin-slime-science-activity/>.
- Hingamine (eesti ja inglise keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Hingamine>, <https://youtu.be/bHZsvBdUC2I> ja <https://youtu.be/Cqt4LjHnMEA>.
- Kopsumudel (inglise keeles): <https://youtu.be/6oMFAMqSlq4> ja https://youtu.be/-15OgnJp_tU.
- Sea kopsu täispuhumine (rootsi keeles) – MITTE NÖRGANÄRVILISTELE: <https://youtu.be/cEG1SxTQjgo>.
- Sa oled see, mida sööd (inglise keeles): <https://youtu.be/H8WJ2KENIK0?list=PL3EED4C1D684D3ADF>.
- Rasva ajalugu ja miks me seda ei salli (inglise keeles): <https://youtu.be/Vingph-g5QI>.
- Metabolism ja toitumine (inglise keeles): <https://youtu.be/fr3NxCR9z2U> ja <https://youtu.be/kb146Y1igTQ>.
- Ensüümid (eesti ja inglise keeles): <http://tervisliktoitumine.ee/seedeensuumid-tagavad-toitainete-imendumise/>, https://www.looduspere.ee/kasulik_teadamisa-on-ensuumid-ja-miks-me-neid-vajame/, <https://youtu.be/XTUm-75-PL4> ja <https://youtu.be/ok9esggzN18>.
- Kartulid, maks, vesinikperoksiid ja ensüümid (inglise keeles): https://youtu.be/_Lk9BD0z9zl, <https://youtu.be/AtvQiotxE4> ja <https://youtu.be/Ya3k0Qd5N1Q>.
- Kas geenid teevad paksuks? (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=pOJYTMe_bp4.
- Seedesüsteemi demonstratsioon (inglise keeles): <https://youtu.be/W0m802bw1fw>, https://youtu.be/zoBLC_tn3f0, <https://youtu.be/7av19YhNkhE> ja <https://youtu.be/0gY-zXsUYgs>.
- Mis on veri? (eesti keeles): <https://elundkonnad.weebly.com/veri.html>.
- Kuidas veri hüübib? (eesti keeles): http://tromboos.ee/?page_id=41.
- Hemofiilia ehk veritsustõbi (inglise keeles): <https://youtu.be/Tn8zQgb38kQ?t=475>.
- Inimese evolutsioon (inglise ja eesti keeles): https://youtu.be/dGiQaabX3_o, <https://youtu.be/py9JRkbFsWA>, ja https://kodu.ut.ee/~triinm/bioloogia/inimese_evolutsioon.html.
- Inimeste päritolu dokumentaalfilm (inglise keeles): https://youtu.be/uO_mFuNpy8c.
- Anatoomia ja psühholoogia õppevideod (inglise keeles): https://www.youtube.com/watch?v=uBGI2BujkPQ&list=PL8dPuuaLjXtOAKed_MxxWBNaPno5h3Zs8.

MÄRK- JA OTSINGUSÖNAD

Eesti keeles: binokulaarne nägemine, värvipimedus, anatoomia, evolutsioon, metabolism, seedimine, ensüümid, vere hüübimine, hemofiilia, aneemia, anatoomia, DNA mudel, DNA eraldamine.

Inglise keeles: *binocular vision, stereoscopic vision, color blindness, anatomy, evolution, metabolism, enzymes, blood clotting, hemophilia, anemia, anatomy, DNA model, extracting DNA.*

7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: eksikujutelmad (4 tundi)

Ajaloos on tehtud palju psühholoogilisi ja sotsioloogilisi inimkatseid, mis on aidanud meil aru saada, kuidas me olukordadele reageerime ja otsuseid vastu võtame. Kuigi suur osa inimkatsetest on olnud süütu, on nende seas siiski ka juhused, mille tänapäeva eetikakomisjonid kohe ära keelaksid. Selles

teemas tutvutakse mitme ajalooliselt tähendusliku psühholoogilise inimkatsetega ja korratakse neid, kui eetika lubab. Eesmärk on muuta osalejaid ja publik skeptiliseks enda arvamuste ja otsuste suhtes, kuna see on teadusliku mõtteviisi alus.

PRAKTIKALISED TÖÖD

- **Sotsiaalne hõlbustamine** (19./20. saj vahetus) – mitme eksperimendi tulemusel sai kinnitust, et vahetu konkurents soodustab sooritust (Triplett, 1898). Inimesed pingutavad rohkem, kui teavad, et osalevad uues või erakordses tegevuses (Hawthorne'i efekt). Teiste juuresolek soodustab sooritust hästi kätteõpitud tegevuses, kuid halvendab sooritust, kui oskusi on vähe, ja paneb tegema rohkem vigu, sest inimene on tugeva tungi seisundis (publiku efekt). Las noored leiavad rühmades väljakutse, milles saab võistelda iseendaga, pealtvaatajaga, konkurentidega ja publikuga (juhendaja enne katset psühholoogilisest taustast ei räägi). Pange paika, mida mõõdetakse, ja tehke korralik teaduslik eksperiment, varieerides inimeste kohalolu, konkurentsi tingimusi jne. Täpsem lisainfo õppematerjalidest.
 - **Kõievedu** – kui teil on raske ideid leida või tahate veel ühte väljakutset, kasutage dünamomeetrit ja köit, mis on seina või posti külge kinnitatud. Laske vähemalt kolmel vabatahtlikul pimesi köit tõmmata, nii üksi kui ka mitmekesi. Seejärel võivad samad vabatahtlikud tõmmata köit ka lahtiste silmadega, nii üksi kui ka mitmekesi. Pange rakendatud jõud kirja ja tehke järeldused.
 - **Positiivsuse jõud** – siduge vabatahtliku silmad kinni ja laske tal pimesi paberipalle prügikasti visata. Tunnustage teda kõlavalt, nagu ta oleks kõik pallid sisse saanud. Seejärel vaadake, kui hästi ta lahtiste silmadega palle viskab. Korrake katset, aga seekord andke publikuna negatiivset tagasisidet. Tehke võrdlused ja järeldused.
- **Pavlovi tingitud refleksi** (1900. aastate algus) – Vene füsioloog Ivan Pavlov uuris koerte seadimise füsioloogiat, mõõtes koerte süljeeritust. Katsetuste käigus märkas ta, et loomadel algab süljeeritus juba enne toidunõu etteandmist – piisas sellest, kui katseruumi astus talitaja toiduga. Seejärel hakkas Pavlov nähtut katsetama, andes koertele neutraalse stiimuli (heli) koos toiduga. Pärast mõnda kordust hakkasid koerad sülge eritama ainult helihargi heli kuuldes, ilma toitu saamata. Heli hargi helist oli saanud tingitud stiimul, mis kutsis esile tingitud vastuse. Pavlov järeldas, et kui toidu andmise hetkel on koera läheduses teatud stiimul, hakkab koer stiimulit toiduga seostama ja stiimul üksi võib hakata süljeeritust esile kutsuma. Avastatud seaduspärasust hakati nimetama klassikaliseks tingimiseks. Seda peetakse tänapäeval üheks õppimise põhiprotsessiks. Selleks, et Pavlovi katset inimestega teha ja tõestada inimeste tahet kohandada (inimene allub grupi survele ja loobub oma tõekspidamistest; püüab elada, mõelda ja toimida nii, nagu kõik teised), kutsuge ette vähemalt kuus vabatahtlikku. Jagage neile salajased juhised (nt paberitükil), mida osalejad järgima peavad. Kõik juhised peale ühe ütlevad, et tõuse püsti, kui tilistatakse kellukest, ja istu maha, kui kella uuesti tilistatakse. Vaid üks leht ütleb, et oota, kuni sinu nime mainitakse vms. Katset võib varieerida jagatavate juhiste osakaalu muutmisega.
- **Aschi konformsus** (1950. aastad) – katsed näitasid, milline jõud oli konformsusel (mugandumisel) väikestes gruppides, kus inimesed pidid hindama joonte pikkust (ülesanne oli tehtud ülikihtsaks). Rohkem kui kolmandikus katsetes mugandusid katsealused enamiku

arvamusega, isegi kui nende hinnang oli ilmselgelt vale. 75% katsealustest mugandusid vähemalt ühel korral kogu eksperimendi jooksul. Selleks, et katset ise läbi viia, tehke mitu (5–10) slaidi või plakatit, mille vasakus ääres on kriips ja paremas ääres kolm erineva pikkusega nummerdatud kriipsu, millest üks on vasakul pool oleva joonega sama pikk. Kutsuge ette vähemalt kuus vabatahtlikku, kes peavad ükshaaval valjult välja ütleva, milline kolmest joonest on teises ääres oleva joonega sama pikk. Osalejatele jagatakse salajased juhised (nt paberitükil), mida nad järgima peavad. Kõik juhised peale ühe ütlevad, et kui oled esimene vastaja, vasta valesti, ning kui oled järgmine, ütle sama vastus, mida eelmine pakkus. Vaid üks leht kordab katse läbiviija antud ülesannet. Katset võib varieerida jagatava juhiste osakaalu muutmisega.

- **Milgrami šokiteraapia** (1961) – see on üks kurikuulsamaid katseid sotsiaalsühholoogia ajaloos. Eesmärk oli teada saada, kui kaugele on inimesed valmis minema, täites autoriteedi korraldusi. Pärast II maailmasõja sündmusi ja holokausti näitas eksperiment, et ka tavalised USA kodanikud ilmutavad kuulekust sellest hoolimata, et uskusid, et põhjustavad kannatusi süütutele inimestele. Selleks, et katset korrata ja tõestada, et inimesed kuuletuvad autoriteedile, ent mitte kellelegi liiga teha, korraldage alkeemiakatse, milles on vabatahtlikul oma osa. Vastavalt võimalustele annab katse sisu varieerida. Näiteks peab vabatahtlik korraldama elektrolüüsi, et saada vasest kulda. Kuna eksperiment ei õnnestu, palub esitleja vabatahtlikul elektripinget tõsta, kuna sel juhul peaks katse õnnestuma. Eksperimenti on hea korraldada pärast seda, kui publikuga on juba loodud teatud usalduslik suhe. See näitab ilmekalt, kuidas usaldama peab fakte, mitte ainult seda, mida inimesed räägivad. Pärast vabatahtliku piinlikku olukorda panemist oleks kindlasti hea tänada teda šokolaadi või muu meenega. Kuna võimalikke katseid, mida vabatahtlikul teha lasta, on palju, arutlege grupiviisiliselt, mida veel teha saaks.
- **Kui kiiresti aeg möödub?** – lihtne eksperiment, millega katsetada inimeste aja (ja elu) möödumise kiirust. On välja pakutud, et mida noorem on inimene, seda täpsemalt oskab ta hinnata ühe minuti kestust. Mida vanem on inimene, seda aeglasemalt info neuronites liigub ja seetõttu tundub üks minut olevat aeglasem, kui see ta tegelikult on. Teisisõnu liigub päris elus aeg justkui kiiremini kui meie enda sisemine kell. Kontrollige, kas see tundub nii. Viige läbi korrektne sotsiaalne eksperiment hüpoteesi sõnastusest kuni järeldusteni.

TÖÖVAHENDID

Vabatahtlikud, pliats, paber, sallid, võimaluse korral dünamomeeter (kaal), köis, stopper.

ÕPPEMATERJALID

- Sotsiaalsühholoogia (eesti keeles): <https://et.wikipedia.org/wiki/Sotsiaals%C3%BChhologia>.
- Sühholoogia ja teaduslik meetod (inglise keeles): <https://youtu.be/hFV71QPvX2I>.
- Sotsioloogia ja teaduslik meetod (inglise keeles): <https://youtu.be/ZlwyNldgJB>.
- Sotsiaalne hõlbustamine (inglise keeles): <http://navlandpsych.weebly.com/social-facilitation.html>, <https://www.spring.org.uk/2009/06/social-facilitation-how-and-when-audiences-improve-performance.php>, <https://www.psychologized.org/examples-of-social-facilitation-in-everyday-life/>.
- Positiivsuse jõud (inglise keeles): <https://youtu.be/kO1kgI0p-Hw>.

- Klassikaline tingimine (Pavlovi katse) (eesti ja inglise keeles): https://et.wikipedia.org/wiki/Klassikaline_tingimine, <https://www.simplypsychology.org/pavlov.html>.
- Pavlovi katse ootejärjekorras (inglise keeles): <https://youtu.be/xvRY32JgHPE> ja <https://youtu.be/b9O9SokTTA8>.
- Aschi konformsuse eksperiment (inglise keeles): <https://youtu.be/TYlh4MkcfJA> ja <https://youtu.be/UGxGDdQnC1Y?t=246>.
- Sotsiaalne hõlbustamine ja konformism (eesti keeles): http://www.cs.tlu.ee/instituut/oppe_materjalid/magister/2006/Avo-Rein_Tereping/Grupiprotsessid_organisatsioonis_2006.pdf.
- Milgrami eksperiment (inglise ja eesti keeles): <https://youtu.be/UGxGDdQnC1Y> ja <http://www.sirp.ee/s1-artiklid/c9-sotsiaalia/taehelepanu-valmis-olla-okk/>.
- 10 ajaloolist psühholoogiakatset (inglise keeles): <https://youtu.be/qH2q59pSZc>.
- Elu möödumise kiirus (inglise keeles): <https://youtu.be/alx2N-viNwY>.
- Psühholoogia õppevideod (inglise keeles): <https://www.youtube.com/watch?v=vo4pMVb0R6M&list=PL8dPuuaLjXtOPRkzVLY0jY-uHOH9KVU6>.

MÄRK- JA OTSINGUSÖNAD

Eesti keeles: sotsiopsühholoogia, sotsioloogia, psühholoogia, sotsiaalne hõlbustamine, konformism, Pavlovi katse, klassikaline tingimine, Aschi eksperiment, Milgrami eksperiment.

Inglise keeles: *sociopsychology, sociology, psychology, social facilitation, Pavlov's experiment, Asch conformity experiment, Milgram experiment, brain games, fallacies.*

8. Esinemine: professionaalne teaduskommunikatsioon (4 tundi)

Professionaalne teaduskommunikatsioon ehk teaduse seletaja suudab püüda publiku tähelepanu, ei kasuta žargooni (kutsealast erikeelt/sõnavara), seletab nähtusi ja eksperimente võimalikult lihtsate sõnade ja/või analoogiatega ning kasutab emotsioone ja lugusid, et oma mõtet edasi anda. Selleks, et saada professionaalsemaks, tuleb harjutada-harjutada-harjutada ning analüüsida juba tegutsevaid professionaale, ent jääda sealjuures ikkagi iseendaks.

PRAKTILISED TÖÖD

- **Soojendusvõtted** – spordis on soojendusharjutused iseenesestmõistetavad, ent suhtlemine vajab niisamuti ettevalmistavaid harjutusi. Kasutage õppematerjalides toodud meeskonna- ja suhtlusmänge.
- **Professionaalide analüüs** – uurige professionaalseid teadusteatrite esinejaid ehk teaduskommunikatoreid (nt Koit Timpmann, Neil deGrasse Tyson, Richard Feynman, Robert Winston, Bob Pflugfelder, Steve Spangler jne) ja arutlege rühmades, mis ühe või teise esineja etteaste lüüakse ja huvitavaks teeb. Mis teile meeldib? Mis teile ei meeldi? Milliseid huvitavaid katseid tasuks ise järele proovida? Pange tähtsaimad punktid endale originaalse teadusetenduse koostamiseks kirja.
- **Personaalse mentorlusega harjutamine** – koostage vastavalt noorte vajadustele harjutus, mis võiks neid aidada iseseisva originaalse teadusetenduse koostamisel ja ettekandmisel. Kas neil on vaja veel harjutada loo loomist ja jutustamist; analoogiatega leidmist; ettekande sisu

muutmist vastavalt publikule; teadusartiklist tähtsaima info leidmist; katsete läbiviimist; hääle kasutamist; sõnavara; teaduslikele küsimustele konstruktiivselt vastamist vms? Keskenduge sellele, et iga noor saaks isiklikku juhendamist valdkonnas, milles ta kõige rohkem abi vajab, et järgmisele tasemele jõuda.

TÖÖVAHENDID

Internet ja meeskonnamängudeks vajalikud vahendid.

ÕPPEMATERJALID

- Kommunikatsioonimängud (inglise keeles): <https://youtu.be/D-YHC8b6Hjk> ja <https://www.youtube.com/channel/UCtvhnnNkENAUo270Z-n2MFw/playlists>.
- Teaduskommunikatsiooni tähtsuse näiteid ajaloost (inglise keeles): https://youtu.be/rBBL_DoDeRk.
- Alan Alda: teaduskommunikatsiooni kunst ja improvisatsioon (inglise keeles): <https://youtu.be/UGo6pTcTgVw> ja <https://youtu.be/sylb73RQqVU>.
- Kuidas parandada enda kommunikatsioonioskusi? (inglise keeles): <https://youtu.be/xr1q-uBtIH4>.
- Kaheksa teaduskommunikatsiooni soovitud alustavale teadlasele (eesti keeles): <https://novaator.err.ee/637732/teaduskommunikatsioon-kaheksa-soovitud-alustavale-teadlasele>.
- Teaduskommunikatsiooni nõuandeid (inglise keeles): <https://youtu.be/pmLNuwGT7eg> ja <https://www.forbes.com/sites/marshallshepherd/2016/11/22/9-tips-for-communicating-science-to-people-who-are-not-scientists/#4b7e79c666ae>.
- Kuidas püüda ja hoida hajevil publiku tähelepanu? (inglise keeles): <https://youtu.be/WQxGNKdgWZs> ja <https://youtu.be/52tWMoWGE1Y>.

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: teaduskommunikatsioon.

Inglise keeles: *science communication*.

9. Praktika: iseseisev teadusetendus (8+ tundi)

Viimaks on noortel aeg luua täiesti iseseisvalt omaloominguline teadusetendus, mille temaatika ja katsed peavad nad ise valima, etendusse paigutama, ette valmistama ja harjutama-harjutama-harjutama. Juhendaja nõuanded on sellegipoolest teretulnud. Veenduge, et noored koostavad teadusetenduse, mis inspireerib publikut ning paneb neid ahhetama ja pärast etendust teadusalaseid küsimusi esitama.

PRAKTILISED TÖÖD

- **ISESEISEV ORIGINAALNE TEADUSETENDUS** – ülesastumine näiteks kooli lõpuaktusel, Viljandi teadusteatri festivalil või õpilaste teadusfestivalil. Pärast etenduse ettevalmistust, sh KKK (teadusetenduse eelsete korduma kippuvate küsimuste) ülekäimist, kantakse teadusetendus ette. Ettekanne salvestatakse, et kõik saaksid seda hiljem analüüsida.

- **Aasta kokkuvõte** – lisaks teemade vahekokkuvõtetele võetakse terve aasta kokku ning meenutatakse möödunud teemavaldkondasid ja eksperimente. Soovi korral viiakse meeldivaimaid ja põnevamaid katseid uuesti läbi ning nauditakse elu.

TÖÖVAHENDID

Mida iganes noortel vaja läheb.

ÕPPEMATERJALID

- TaskuTark (eesti keeles): <https://www.taskutark.ee>.
- „Rakett69“ õppevideod (eesti keeles): <https://vimeo.com/search?q=rakett69> ja <https://www.youtube.com/channel/UCdPOLWwQEai6sXk5VjX8Tlw/videos>.
- Füüsika (ja matemaatika) e-õpik (eesti keeles): <https://opik.fysika.ee/>.
- Internet, ennekõike YouTube (vt märksõnu).

MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD

Eesti keeles: teadusteater, teaduskatsed, Koit Timpmann, Rakett69.

Inglise keeles: *science show ideas, Neil deGrasse Tyson, Richard Feynman, Robert Winston, Bob Pflugfelder, Steve Spangler, Julius Sumner Miller, Kevin Delaney.*

Edu!



-Tarvo