Teadushuvihariduse näidisõppekava

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

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

**SISUKORD**

[**A. Üldosa**](#_wz98ej1mg0pr)3

[Õppekava lühikirjeldus](#_d5nii09cp7dj) 3

[Alusväärtused](#_rsr67vqpxi7) 3

[Õppe korraldus](#_frvp3aw5nb8g) 4

[Õppe-kasvatuslikud eesmärgid](#_i3smot7xosws) 4

[Õppeteemad (olulisemad üldteemad)](#_bu6r157lzxeq) 5

[Tagasisidestamine](#_o9144az661m) 5

[Ringijuhendaja profiili kirjeldus](#_hgnpgrbukti1) 5

[Vajalikud töö-, õppe- ja katsevahendid](#_3vleybf1jlxu) 6

[Õpiväljundid](#_a6yjcuux716t) 6

[I õppeaasta](#_p0ay5xg858px) 6

[**B. Õppesisu kolmel õppeaastal**](#_lrxb68bsr679)7

[l õppeaasta](#_8yx44xk3uw2d) 7

[1. Ohutus: tuli (6 tundi)](#_9rd9rjw7sx3y) 7

[2. Teater ja improvisatsioon: kindlus, vabadus ja mäng (4 tundi)](#_h43y6fck7t5w) 9

[3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod (4 tundi)](#_qzaznaru6hil) 10

[4. Füüsika ja matemaatika: rõhk ja õhk (12 tundi)](#_ss6jnrcksv13) 11

[5. Keemia ja materjaliteadus: kodukeemia (8 tundi)](#_61zi7vcq8wf4) 15

[6. Roheline, valge ja pruun loodus: toiduteadus (8 tundi)](#_rmivyif2mxp8) 17

[7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: teadvus (6 tundi)](#_sq8suiph0h6j) 19

[8. Esinemine: kehakeel ja hääl (4 tundi)](#_t6hzxs9zulek) 21

[9. Praktika: esimene etendus (8 tundi)](#_2ucobemnka7b) 22

[ll õppeaasta](#_35ove1kr8wf7) 23

[1. Ohutus: elekter (12 tundi)](#_z7nggz2m2ztf) 23

[2. Teater ja improvisatsioon: ideede müümine (4 tundi)](#_qgihov2t8qjl) 26

[3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod: seosed ja põhjuslikkus (4 tundi)](#_j2f57dmlxdoj) 28

[4. Füüsika ja matemaatika: akustika ehk heliteadus (10 tundi)](#_xyktr7zfv5zw) 29

[5. Keemia ja materjaliteadus: temperatuur ja aine olekud (10 tundi)](#_wiudplohsf3i) 34

[6. Roheline, valge ja pruun loodus: vesi (6 tundi)](#_5955sjheoqz) 39

[7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: illusioonid (4 tundi)](#_oskit31wvs8s) 41

[8. Esinemine: mustkunst (4 tundi)](#_28st0ovvgh9z) 42

[9. Praktika: originaalne katse (6 tundi)](#_n17hn2fhml5v) 43

[lll õppeaasta](#_82bts7160ox8) 44

[1. Ohutus: pauk (6 tundi)](#_ugh3j765wuhk) 44

[2. Teater ja improvisatsioon: loo jutustamise maagia (6 tundi)](#_h85cwkuu9e8e) 47

[3. Kriitiline analüüs ja teaduslik meetod: loogika ja argumendid (4 tundi)](#_qwcl7d4xxwbs) 49

[4. Füüsika ja matemaatika: optika (10 tundi)](#_aat0c2aikdeo) 51

[5. Keemia ja materjaliteadus: happed, alused ja soolad (10 tundi)](#_kwtjx1g2u98p) 54

[6. Roheline, valge ja pruun loodus: inimene (8 tundi)](#_jt7v73ybzdm8) 56

[7. Inimese sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu: eksikujutelmad (4 tundi)](#_5k67g3yf8hzh) 59

[8. Esinemine: professionaalne teaduskommunikatsioon (4 tundi)](#_r6v2hbedntlf) 62

[9. Praktika: iseseisev teadusetendus (8+ tundi)](#_7xz6nhb71ddu) 63

„Teadus ja teater ja teadvus!“ õppekava tellijaks ja levitajaks on SA Eesti Teadusagentuur. Näidisõppekava on koostanud 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 koostatud Teadusbussi liikme (2009-2016), Teadusteater Kvark esineja (2016-...) ja MTÜ SPARK Makerlab juhatuse liikme (2016-...) [Tarvo Metspalu](http://woird.eu) ([tarvo@makerlab.ee](mailto:tarvo@makerlab.ee)) poolt.

# Üldosa

### Näidisõppekava lühikirjeldus

Näidisõppekava „Teadus ja teater ja teadvus!“ on dokument, mille alusel toimub õppetöö 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 omastavad osalejad oskused sisukate ja meelelahutuslike teadusteatri etenduste läbiviimiseks. Näidisõppekavas on lõimitud erinevad teadussuunad (füüsika, materjaliteadus, inseneeria, matemaatika, informaatika, psühholoogia, bioloogia ja keskkonnateadused), aga ka informatsiooni otsimise, kriitilise mõtlemise, esinemise ning lugude jutustamise oskused. Lisaks pööratakse tähelepanu eksperimentide planeerimise ning elluviimise ohutusele.

Õpilastel valmib õppekava raames mitu teadusliku taustaga etteastet, mille iga detail kajastab õpiväljundite tulemuslikkust. Nii saavad osalejad aimu teadussuundade ajaloolistest nurgakividest kui ka uusimatest edasiminekutest, usaldatavatest ja kaheldavatest informatsiooniallikatest, paeluvast ja monotoonset teaduskommunikatsioonist ja palju muud. Teaduse õppimine toimib läbi põhimõtte “kui oskan seda seletada oma vanaemale ja 5-aastasele vennale, saan ka ise aru.”

Õppekava on tihedalt seotud loodusõpetuse, füüsika, matemaatika, bioloogia, aga ka teatri, improvisatsiooni ja muid esinemisoskusi edendavate õppevaldkondadega. Antud õpe on mõeldud 7.-9. klassi õpilastele, kes on huvitatud, kuidas maailm meie ümber toimib ning kuidas keerulisi teaduslikke põhimõtteid ning looduse võlu teistelegi edasi anda. Samuti annab õppekava hea toetuspunkti avalikuks esinemiseks ka muudel teemadel peale teadusteatri.

### Alusväärtused

* Õpilase õpi- ja tegevushuvi hoidmine ning arendamine teaduse ja avaliku esinemise ainevaldades;
* Pakkuda mitmekesiseid õpikogemusi ja kaasategemise võimalusi teadmiste, tunnetuse ja tegevuse tasandil;
* Õpilaste arengut ja sellega kaasneva turvatunnet soodustava keskkonna pakkumine;
* Õpilaste ealiste, sooliste ja individuaalsete iseärasuste ning vajadustega arvestamine.

### Õppe korraldus

Järgnevad õppe korralduse soovitused ja õppeteemad (vt. 5. punkti) põhinevad õppekava koostaja varasematel kogemustel noorte huvitegevuse ja teadusteatri etenduste läbiviimises.

Õpe toimub kord nädalas, kokku 2 akadeemilist tundi, misjuhul jõuavad osalejad tutvuda teooriaga, kui ka läbida praktikilised ülesanded. Huviringi õppetundides tuleks rõhutada teooria ja praktika lõimitust, kasutatades erinevaid õppetöö vorme ja meetodeid. Õppegrupi soovituslik suurus on vähemalt 5, ent mitte rohkem kui 10 õpilast juhendaja kohta, et tagada osalejate ohutus. Sõltuvalt vahendite ja noorte arvust saab katseid teha individuaalselt või väiksemates gruppides eeldusel, et kõikide osalejate ohutus on tagatud.

Õpe on jaotatud kolme aasta peale õppeteemade keerukuse (sh. teadusliku sisu) kasvu ja riiklikku loodusteaduste (füüsika, keemia, bioloogia) õppekavasid silmas pidades. Tuleb silmas pidada, et õppes püsiks meelelahutusliku poole ja teadusliku sisu tasakaal, kuna teadusteatri etendused peavad olema paeluvad, ent ka faktiliselt korrektsed. Teadusteatri huviringis osalevad noored on teaduskommunikeerijad, kes loovad edaspidi laia publiku ees teadusmaailma kuvandit.

Iga teema lõpus tuleks kokku võtta õpitud teadmised ja praktilised katsed ning noori tagasisidestada.

### Õppe-kasvatuslikud eesmärgid

Näidisõppekava koos õppeprotsessi kirjeldusega on abimaterjaliks huvihariduse pakkujatele ja juhendajatele ning mitmekesistavad ja toetavad 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 igapäevasele elule.
* teaduse valdkonna tutvustamine praktilise õppe ja avaliku esinemise kaudu;
* tekitada huvi ja luua eeldused edasiõppimiseks teadusega seotud elukutsete vastu;
* võimaldada õpilastel olla uudishimulik ja lasta tunda rõõmu omandatud uutest teadmistest ja oskustest;
* kõrgemate mõtlemisoskuste (analüüs, süntees, hindamine) ja käeliste tegevuste arendamine;
* iseseisvuse arendamine ja meeskonnatöö õppimine.

### Õppeteemad (olulisemad üldteemad)

Õppekava teemad igal kursusel on alljärgnevad:

* 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 ning alateemad on toodud vastavate õppeteemade lühikirjelduses. Alateemad on kursuste vahel jaotatud keerukuse kasvamise alusel ning on sõltuvad osalejate oskustasemest.

### Tagasisidestamine

Tagasisidestamine toimub iga teema kokkuvõttes. Arutletakse, mis oli huvitav, mis oli raskemini arusaadav. Esinemiste järel arutletakse üheskoos esinemise sisu ja ladususe üle. Õpilased saavad loodud teadusetendusi ja huvitavamaid katseid esitleda erinevatel õpilasüritustel, teadusnädalatel, ainetundides vm. Tagasiside kajastub ka huviringi päevikus, kuhu juhendaja märgib huviringi tegevused, lisades märkusena, millised tegevused olid huvitavad ja mis hästi ei õnnestunud.

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

Õppematerjale ja näidiseid tagasisidestamiseks:

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

### Ringijuhendaja profiili kirjeldus

Ennekõike peab ringijuhendaja olema hea kommunikatsiooni- ja õppevõimekkusega. Kui huviringi juhendajaks on kooli loodusainete-reaalteaduste (matemaatika-informaatika) õpetaja või loodusteadusliku taustaga noorsootöötaja, siis ei vaja antud teemade õpetamine eraldi väljaõpet. Eelneva tausta puudumisel on eeldatud, et huviringi juhendaja on valmis sisukamaks kodutööks ning eneseharimiseks – eeskätt uute erialaste teemade osas. Võimalusel on soovitatav lisaks käesolevas õppekavas toodud suunistele ning lisamaterjalidega tutvumisele teha tihedamat koostööd ning saada abistavat infot ka kohaliku kooli reaalteaduste aineõpetajatelt või SPARK Makerlabi töötajatelt.

### Vajalikud töö-, õppe- ja katsevahendid

Näidisõppekava pakub õpilastele mitmeid käelisi tegevusi (katsed, vaatlused, meisterdamised jms), mis eeldavad teatavate töövahendite olemasolu. Vajalike töö-, õppe- ja katsevahendite konkreetne loetelu ja soovitused on lisatud iga teema metoodilise juhendi osana. Tegevuste juures on püütud lähtuda printsiibist, et need oleksid läbiviidavad käepäraste lihtsate vahenditega või on võimalusel toodud alternatiivseid tegevusi, millest juhendaja valib sobivaima. Väiksemate eksperimentide kuvamiseks tasub kaaluda videoülekande võimalust etenduse ajal. Lihtsaim võimalus on kasutada selleks näiteks nutitelefoni ja arvuti vahelist konverentsikõnet (Skype, Hangouts, Facebook Live vms), mida presenteeritakse projektoriga suurele ekraanile. Mõnel juhul on noortel võimalus meisterdada päris enda katse- ja demovahend, mida saab ära kasutada loovtööülesande täitmiseks. Õppematerjalide lingid on viimati üle vaadatud 1. novembril 2018.

Levinuimad vahendid: internet, projektor, ohutusvahendid (prillid, kõrvaklapid, kindad, tuletekk ja tulekustuti), plastpudelid, kausid ja muud anumad, tikud, termokast, SPARK Makerlabi *know-how*

### Õpiväljundid

### I õppeaasta

* Õpilane teab ohutustehnika põhimõtteid;
* ...oskab püstitada hüpoteesi, viia läbi lihtsamaid katseid ja teha järeldusi;
* ...tunneb ja oskab selgitada huvipakkuva teadusvaldkonna olulisemaid mõisteid;
* ...oskab läbi viia lihtsamaid teadusteatri eksperimente ning saab aru nende seaduspäradest;
* ...oskab teha koostööd, mõistab oma tegevuse tähtsust meeskonnatöös;
* ...oskab käsitseda lihtsamaid tööriistu ja katsevahendeid.

**II õppeaasta**

* Õpilane on tutvunud erinevate teadusteatritega ning 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 eakaaslastele;
* ...oskab anda konstruktiivset tagasisidet ning on omandanud kriitilise mõtlemisviisi.

**III õppeaasta**

* Õpilane oskab iseseisvalt kokku panna teadusetenduse vastavalt etteantud või valitud temaatikale;
* ... oskab vahet teha usaldusväärsel ning ebausaldusväärsel infoallikal või omab vähemalt kriitilise analüüsi oskusi.

# Õppesisu kolmel õppeaastal

## l õppeaasta

### 1. Ohutus: tuli (6 tundi)

Teadusteater sisaldab endas nii lõbusaid kui ka ohtlikke katseid. Selleks, et tekitada noortes kohe huviringi alguses parajalt huvi, ent viies neid kurssi ka ohutu eksperimentide läbiviimise metoodikaga, alustatakse tuleohutuse põhitõdedest Tehakse läbi ohutuskoolitus, mille raames räägitakse töökoha (asutuse) sisekorra eeskirjadest ja ohtustehnikast; kuidas vahendeid ohutult kasutada; milline on ohutu riietus; mida teha tulekahju ja teiste hädaolukordade puhul; kus asuvad lähimad väljapääsud, tulekustutid jne. Ohutus on edaspidi läbiv ja korratav kõikides teemades.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Tuleohutuskoolitus** – tutvutakse kohaliku asutuse tuleohutusplaani, vastutavate isikute ning lähimate väljapääsudega. Mängitakse läbi olukorrad, kus on väike või suur leek, akna lähedal või väljapääsu juures. Räägitakse, millal on sobilik uksi-aknaid avada ning millal mitte (tuuletõmbus ja hapnik). Tutvutakse tuleohutusvahenditega, süttivate ainetega, erinevat tüüpi tulekahjude kustutamisega (puit, elektriseadmed, keemia, õli jne).
* **Tule kustutamine (siseeksperiment)** – suurde veekindlasse ja läbipaistvasse kõrgete servadega kaussi või karpi pannakse erineva pikkusega küünlad, mis seejärel süüdatakse. Mõne aja möödudes hakkavad ükshaaval küünlad kustuma, madalast kõrgemani, kuna anum täitub õhust raskema süsihappegaasiga. Katse jooksul on tähtis vältida anuma ümber tuuletõmbuse või muu õhu liikumise tekitamist, mis võiks anuma põhja kuhjuvat süsihappegaasi segada. Süsihappegaasi koguse suurendamiseks ning mõjusamaks kustutamise visualiseerimiseks võib äädika ning sooda kokkusegamisega tekitada kõrgesse klaasi või muusse anumasse hulganiselt süsihappegaasi, mida küünaldele valada ning sellega leeki kustutada.
* **Tule kustutamine (välieksperiment)** – pott või pann asetatakse kivi- või asfaltplatsile, vähemalt 3 meetri kaugusele süttimisohtlikest esemetest. Poti sisse või panni peale pannakse põlevat materjali, mis kaetakse kergelt süütevedeliku või -geeliga (MITTE bensiiniga!) ning süütatakse. Noortel lastakse järgi proovida nii tuleteki kui ka tulekustuti kasutamist. Räägitakse, miks ei tohiks kasutada taolise katsega bensiini (plahvatusoht!) ning miks ei tohi mitte kunagi süttiva aine pudelist põlevale leegile süttivat ainet juurde valada. Kui noorte, juhendaja ning teiste lähedalviibijate ohutus on tagatud, võib viimast testida vähemalt 2 meetri pikkuse toki otsa tugevalt kinnitatud süütevedeliku pudeliga (peaaegu tühi, kindlasti mitte üle viiendiku täis!), millega põlevale leegile. Noored peavad sel juhul olema tulekustutiga valmis olekus vähemalt 10 meetri kaugusel juhendaja taga (mitte mujal!) ning juhendaja peab sealhulgas kasutama ohutusvahendeid ja tagama ümberkaudsete ohutuse. Tokist tuleb tugevalt kinni hoida, kuna pudelist saab rakett, millest pritsib kütust välja. Seetõttu on väga oluline, et pudelis oleks vaid natukene kütust alles. NB! Koolitust peaks ideaalis läbi viima volitatud spetsialist, ent selle puudumisel tuleb juhendajal eelnevalt teise inimese järelvalve all paar korda katset ise läbi viia, enne kui seda noortega korrata!
* **Paberpanni/Veeõhupalli kuumutamine avatud leegi peal** – pannakse tähele, kuidas vee soojusmahtuvus aitab paberil mitte põlema minna ning õhupallil mitte lõhkeda. Edasijõudnud võivad proovida paberi peal muna praadida.
* **Butaanimullid** ehk põlevad mullid märgade käte peal (teha vaid mõistlike ja julgete osalejatega, eelnevalt ise demonstreerides). Eelnevalt elutute objektide peal katsetatud teooriat katsetatakse enda peal, mis kinnitab usku vee soojusmahtuvuslikesse omadustesse. Enne eksperimenti teeb katseisik käed pea küünarnukkideni märjaks. Seejärel tekitatakse seebivees butaangaasiga põlemisohtlikud gaasimullid, millest katseisik mõningad peopesadele võtab. Mullid süüdatakse ning katseisik viib koheselt käed kiire liigutusega laiali, saamata põletada.

**TÖÖVAHENDID**

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

**ÕPPEMATERJALID**

* Tuletööde tuleohutusnõuded (EST): <https://www.riigiteataja.ee/akt/22764>
* Tuleohtuskoolitus Rääma põhikooli näitel (EST): <https://www.raama.ee/elmo/TURVALINE_KOOL/Toimunud_koolitused/Tuleohutuskoolitus_2015.pdf>
* SPARK Makerlabi [inseneeria](http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc) näidisõppekava (otsi “Butaanimullid”) (EST): <http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc>
* Ohutusjuhend poiste tööõpetuse õpetajale (EST): <http://www.syg.edu.ee/dokumendid/ohutusjuhendid/syg_ohutusjuhend_poiste_tooopetus.pdf>
* Tulekahjude kustutamine varajases staadiumis (ENG):  
  <https://www.wikihow.com/Extinguish-a-Fire-at-the-Initial-Stages>
* Teadusteatri katsete kirjeldused (otsi “Butaanimullid” ja “Õhupalli ja vee katse”) (EST): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>
* Butaanimullid (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=FTLuO2b2DBg>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** tuleohutus, butaanimullid, ohutusjuhend, tulekahju kustutamine

**ENG:** 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 ning vabalt esineja publikuga suhtleb. Alles seejärel oleneb ettekande edukus edasi antavast sisust. Selleks, et noortel oleks esinemisjulgust, peavad nad ületama enda mugavustsooni ja astuma publiku ette. Selleks, et esinejad tunneksid ennast vabalt, peavad nad omama oskust kontvõõrastega suhelda ning oskust täbaratest olukordadest kiire ja ratsionaalse mõtlemisega välja tulla. Teisisõnu õpivad noored alustuseks teiste osalejate ees emotsioone näitama ning improviseerima.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Soojendavad jäämurdjad –** noored on varasemalt koos 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 ning üks inimestest alustab žesti või häälitsusega, mida tema kõrval olev inimene peab imiteerima lisades enda poolt liigutustesse rohkem ulatust või häälitsustesse rohkem emotsioone. Kui eneseväljendus läheb liialt tõmblemiseks ja möirgamiseks, võib jätkata ringi natuke aega vastupidiselt: iga järgmine inimene peab liigutama vähem ning andma häälitsustesse või näoilmetesse vähem emotsiooni.
* **“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, kirgas, õhupall, tikk, aatom, DNA jne)
  + mõõtmisvahend või -meetod (nt. mõõdulint, spektromeeter, silm, sirkel, magnetresonantstomograafia jne)

Õpilased võtavad igast anumast ühe sedeli, võtavad 1 kuni 3 minutit mõtlemiseks ning peavad teistele võimalikult elavalt esitama väljamõeldud teadusuudise, mis sisaldab kõiki valitud märksõnasid. Eesmärgiks on väljamõeldud lugu esitada elavalt ning nii pikalt ja ladusalt, kuni tekib mõttepaus (vaikus või “emm…” vms). Kui jutud jäävad liialt lühikeseks või tuimaks, võib teemavaldkondasid (anumaid) või sõnasid juurde lisada, et suurendada valikut. Juhul, kui õpilased ei suuda jooksvalt juttu välja mõelda, võib neile anda võimaluse lugu eelnevalt paberile kirja panna ja seda seejärel ette kanda.

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

**TÖÖVAHENDID**

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

**ÕPPEMATERJALID**

* Õpime läbi mängu (EST):  
  <https://www.kodutytar.ee/download/magister/magister-maria-tamming.pdf>
* Linke meeskonnamängudele (EST): <http://www.inspiratsioon.ee/meetodid/>
* Mängude andmebaas (EST): <https://www.juvente.ee/arhiiv/wp-content/uploads/2006/07/games.pdf>
* Improvisatsioonimängude entsüklopeedia (ENG): <http://improvencyclopedia.org/>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** improvistasioon, jäämurdja mäng, meeskonnamängud

**ENG:** improvisation, improv games, icebreakers, team games, [improv wamup](https://youtu.be/CIHnGvbiWU8)

### 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 erinevate 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 on teadlased lahendanud ning seletatakse proovimise ja läbikukkumise vajalikkust.

Uuritakse, milliseid loodusnähtusi ja -seadusi on ajalooliselt tänu teadusele inimeste hüvanguks ära kasutatud, uurides erinevaid allikaid ning tehes ettekandeid. Praktiline kokkupuude igapäevaste nähtuste ja objektidega võimaldab luua aluse, mis paneb õpilasi küsitlema, miks nende ümber olevad asjad toimivad nii nagu nad toimivad.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Sissejuhatus teadusesse** – õpilastega luuakse ühtne definitsioonibaas, st. jõutakse läbi ühise arutelu konsensusele, kes on teadlane, kas ja kuidas ta erineb insenerist ning mida tähendab teadus kui selline. Tutvutakse põhjalikumalt mõistete sisuga nagu teaduslik meetod, artikkel, eksperiment, statistika, usaldusnivoo, valim, viga (hälve) ning kuidas need teaduse objektiivsemaks muudavad. Arutletakse, mis on pseudoteadus ning milliste tundemärkide järgi võib öelda, et infokanalid on ebausaldusväärsed.
* **“Müüt või teadus?”** – noortele esitletakse erinevaid fakte ja müüte ütlemata, kas tegu on ühe või teisega. Osalejate eesmärgiks on grupiviisiliselt arutleda, kuidas teadusliku meetodi abil esitletud väidete kontrollimiseks hüpoteese esitada ning eksperimente kavandada. Loogiliste arutelude toel võib kiirelt selgitada, kas tegu on tõe või müüdiga. Noortele võib lisaks anda ka ligipääsu internetti, kust nad peaksid leidma vähemalt 3 erinevat usaldusväärset allikat, mis lükkavad müüdi ümber või näitavad, et tegu on tõese faktiga.
* **Kiirteadus** – õpilased mõtlevad ja viivad läbi väikestes gruppides teaduslikke töid, mida saaks läbi viia vähem kui 10 minutiga (sobiliku pikkusega teadusetenduseks), sealhulgas rahvaküsitlused. Näiteks “Kas võileib kukub alati võipoolega allapoole?”, “Kas hele juuksevärv vähendab inimeste IQ-d?”, “Kui kaua magavad teismelised võrreldes täiskasvanutega?”, “Hamburgeri koostiste sõltuvus omatavast nutitelefonist” jne. Kui teemasid on raske välja mõelda, võib ise eelnevalt näidisteemad koos vahenditega ette valmistada.

**TÖÖVAHENDID**

Internet, vajadusel paber ja pliiatsid (kuna teadus on ikkagi andmete kirjapanek!)

**ÕPPEMATERJALID**

* Teaduslik meetod (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Teaduslik_meetod>
* Sissejuhatus teaduslikku meetodisse + näide saiaviilu röstimisega (ENG): <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 (EST):  
  <http://www.ebu.ee/esitlus/TUM.ppt>
* Teaduslik meetod noortele lastele (ENG):  
  <https://littlebinsforlittlehands.com/using-scientific-method-experiments-kids/>
* Teadusliku meetodi humoorikas näide (ENG): <https://youtu.be/6FvSXI2iBcA>
* 25 näidismüüti, mille teadlased on on ümber lükanud (ENG):  
  <https://thebestschools.org/magazine/25-popular-science-myths-debunked/>
* 10 vääraks osutuvat müüti, mida igaüks teab (ENG): <https://science.howstuffworks.com/science-vs-myth/everyday-myths/10-false-science-facts.htm>
* Pseudoteadus (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Pseudoteadus>
* Jaburate avastuste ja leiutiste IG Nobeli preemiad (ENG):  
  <https://www.improbable.com/ig/winners/>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** teaduslik meetod, teaduslik uurimismeetod, müüdid ja teadus, pseudoteadus

**ENG:** scientific method, myths and science, IG Nobel Prize, false science, pseudoscience

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

Teadusteatri eesmärgiks on seletada publikule loodusnähtusi läbi lihtsate analoogiate. Selleks, et noored esinejad teaksid, mida esitleda ning miks nähtused just nii töötavad või toimivad nagu nad peaks, tuleb osalejatel eelnevalt ise läbida praktilisi eksperimente, kus nad nähtustega põhjalikumalt tutvuvad. Põhiliseim valdkond, millest on hea pihta hakata, on just füüsikalised nähtused. Kõikjal, kus on õhk, on ka rõhk, ent mitte ilmtingimata vastupidi. Mõtle õpilastega selle peale, miks on see nii.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Õhk kaalub!** – looge võrdselt tasakaalustatud kaal (latt, mis on massikeskmest üles riputatud) ning kinnitage mõlemasse otsa õhupall. Veenduge, et kaal on tasakaalus. Puhudes ühe õhupalli täis, võib tähele panna, kuidas kaal hakkab kalduma, näidates, et õhul on kaalu.
* **Ühendatud õhupallid** – ühendage omavahel kaks identset õhupalli (kummi)toruga nii, et üks õhupall on rohkem õhku täis kui teine. Katse alguses hoitakse toru kinni ning küsitakse, mis saab, kui toru vabastada? Intuitsioon ütleb, et õhupallid saavad võrdselt täidetuks, kuigi reaalsuses jookseb väiksem õhupall õhust tühjaks rohkem õhuga täidetud õhupalli suunas.
* **Miks on pisikesi õhupalle raske puhuda? –** vastus peitub eelnevas katses. Mida väiksem on õhupall, seda tihedam on materjal, millest õhupall koosneb ning seetõttu ka suurem jõud, mille abil õhupall oma esialgset kuju tahab hoida. Ületades teatud nivoo, läheb puhumine juba lihtsamaks.
* **Süstlad ja rõhk** – ühendage kaks (erineva mahuga) süstalt omavahel voolikuga ning laske osalejatel proovida nendega mängida. Palju teine kolb liigub, kui esimest suruda? Milline tunne tekib, kui mõlemat kolbi korraga suruda?
* **Ajalehega joonlaua murdmine ehk õhurõhu visualiseerimine** – rõhk on võrdeline kehale mõjuva jõuga ja pöördvõrdeline kehade kokkupuute pindalaga. Pannes joonlaua laua servale nii, et napilt alla poole jääb üle laua serva, ning seda tugevalt lüües lendab joonlaud teadmata suunas, ent ei lähe katki (kui just liiga tugev lööja pole). Asetades joonlaua lauapealsele osale aga ajalehe, mis on laiali laotatud, suurendatakse pindala, mis õhurõhule vastu peab hakkama. Lüües seekord joonlauda, ei lenda see teadmata suunas minema, vaid läheb katki.
* **Sifooni võistlus** – võistkondade eesmärgiks on saada võimalikult kiirelt laua peal olevast veeanumast vesi põrandal olevasse anumasse ilma, et nad laua peal olevat anumat liigutaksid. Kasutada on kõrred ja teip. Teadusetenduses saab sifooninähtuse seletamiseks kasutada voolikut ja suuremaid anumeid, rääkides nähtuse kasutamisest näiteks diislipaagi tühjendamisel, kui sinna on ekslikult valatud bensiini. Niisamuti aitab nähtus seletada spreivärvi toimimisprintsiipi.
* **Cartesiuse tuuker** (vt. õppematerjalid) – õpilastele tutvustatakse rõhu olemasolu ning kasutust allveelaevades ja sukeldumisvahendites läbi lihtsa katseseadeldise, mida saavad õpilased ise meisterdada. Heaks demovahendiks on lisaks veega ja paari õhumulliga täidetud (nõelata!) süstlad. Hoides sõrmega süstla otsast kinni ning tõmmates kolbi, tekitatakse süstla sisse alarõhk ning me näeme mullide suurenemist. Selle abil saab ka seletada liialt kiiresti sukeldudes veepinnale tõusmist. Kui Cartesiuse tuukrile lisada konks ning panna ka 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 kokkupuutel õhupalliga viimane lõhkeb. Suurendades kokkupuute pindala, näiteks paigutades lauale vähemalt 10 knopkat ja surudes nendele õhupalliga, see ei purune, sest pindala suurenedes rõhk väheneb.
* **Õhupallid pudelis –** pange õhupalliots pudelisse ning tõmmake õhupalli suue pudeli suudme peale. Üritades õhupalli täis puhuda, ei õnnestu see enne, kui pudelisse auk teha, sest pudelis oleval õhul pole enne kuhugi eest 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 ning keskkond jahtub maha. Kuna jahedam õhk on tihedam kui soe õhk, tekib pudelis alarõhk, mida ümbritsev õhurõhk üritab kompenseerida. Muna, mis niisama lihtsalt pudelisse ei mahtunud ning mis on kahe õhurõhu piirkonna vahel, surutakse rõhu toimel pudelisse.  
  Muna asemel võib kasutada ka veega täidetud õhupalli, mille abil saab lihtsamini demonstreerida katse teist osa. Keerates klaaspudeli tagurpidi ning puhudes joogikõrrega pudelisse õhku juurde, tekitad pudelis ülerõhu, mis surub muna/õhupalli taas välja.
* **Baromeeter** – loodav lihtne katse- ja mõõtevahend aitab iseloomustada õhurõhu muutumust. Lõigake üks suurem õhupall pooleks. Suudmeta õhupalli osa tõmmake väiksema purgi peale ning asetage see suuremasse purki. Suudmega õhupalli osa tõmmake suurema purgi peale veendudes, et kummagil juhul ei pääse õhk läbi õhupallist loodud membraani. Tõmmades õhupalli suudmest ülespoole, tekitame suures purgis hõrenduse, mida on näha ka väiksest purgist baromeetri peal. Vajutades suure purgi membraanile, liigub ka väikese purgi membraan kaasa.
* **Hõrendus ja veetorn –** nähtuse poolest “muna pudelisse” katsega analoogne. Veega täidetud kausi keskele asetatakse küünal nii, et seda oleks võimalik süüdata. Põlevale küünlale asetatakse peale klaas. Leegi kustumisel tõmmatatakse tekkiva hõrenduse toimel vesi tagurpidi klaasi. Selleks, et lisada visuaalselt huvitavale katsele teaduslikku poolt, saab klaasile eelnevalt markeerida 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 17. sajandil esimest korda esitletud katsevahendid iseloomustavad vaakumi poolt tekitatavat rõhku ning seega ka jõudu, mida vaakum võib rakendada. Analoogsel viisil saab vaakumit katsetada ka süstaldega (nõelteta!), pannes näpu süstla otsa ning tõmmates kolvi vaakumisse. Magdeburgi poolkeradega saab olenevalt nende ehituskvaliteedist testida erinevate objektide tõstmist, omavahelist rammu jne.
* **Purgi kortsutamine** – negatiivset õhurõhku drmaatilisemalt iseloomustav katse, misjuhul pannakse alumiiniumpurki natuke vett, mis kuumutatakse keemiseni (NB! Purki hoitakse tangidega, käes kuumakindlad kindad). Seejärel keeratakse purk järsult tagurpidi otse jääkülma vette (jää+vesi). Vesi kondenseerub hetkeliselt ning tõmbab purgi kortsu.
* **Plahvatus** (valikuline, ohtlik, vajab eelnevat ohutusteadaannet lähedal viibijatele!) – positiivset õhurõhku dramaatiliselt iseloomustav katse, misjuhul pannakse väiksesse pudelisse kuivjää graanulid (üle ⅓ täidetult) ning soe vesi. Korki peale keerates pigistatakse eelnevalt käega pudel kokkupoole. Pudel visatakse veetünni või tühja maalapi peale, vähemalt 50 meetrit inimestest eemal.
* **Bernoulli efekt** (edasijõudnutele) – nähtus, mis aitab seletada, kuidas lennukid lendavad või miks tormide ajal majade katused pealt võivad ära lennata. Hoides tavalist paberit kahe näpu vahel ning puhudes mööda paberi pinda pealt poolt, tõuseb paber üles, kuna paberi pinnal on madalam rõhk. Nii saab näiteks vetsupaberirulli puhuriga laiali lennutada (vt. õppematerjale). Lisaks, kasutades pingpongi palle, on võimalik need õhu- või veekoridori lendama panna, kuna äärtes on madalam rõhk ning analoogne efekt jääb kehtima.

**TÖÖVAHENDID**

Süstlad, voolik, joonlauad (min 30 cm), ajalehed, veeanumad, kõrred, teip, topsid, plastpudelid, plastiliin, vesi, õhupallid, knopkad, klaaspudel, paber, tikud, muna, taldrik, küünal, soovi korral toiduvärv, klaas, pliit, veekeetja, gaasipõleti, kuumakindlad kindad, tangid, [Magdeburgi poolkerad](https://www.ebay.com/itm/Science-physics-homemade-Magdeburg-hemispheres-DIY-material-for-kids-student-DSU/401554743849?hash=item5d7e872229:g:JbIAAOSwWHBaH4ym) (võimalusel), kuivjää (valikuline), pingpongi pallid, föön, niit, kõrs, paber

**ÕPPEMATERJALID**

* Timmu teadusteater: rõhk (EST): <https://youtu.be/DqfQvQ83WZ8>
* Timmu teadusteater: õhk (EST): <https://youtu.be/h83e4CABjqo>
* Õhk kaalub (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=o5LT_wfI98w>
* Ühendatud õhupallid (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=rSnnScAyIjI>
* Ühendatud õhupallide füüsika ja matemaatika (ENG): <https://www.physicsforums.com/threads/hookes-law-for-a-balloon.670566/>
* Joonlaua õhurõhuga murdmine (ENG):  
  <https://www.youtube.com/watch?v=kRR0CluqaX4>
* SPARK Makerlabi [inseneeria](http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc) näidisõppekava (otsi “Sifoon”, “Cartesius” või “Leiden”) (EST): <http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc>
* Vee transportimine (EST): <http://rakett69.ee/internetisaated/vi-hooaeg/saade/151116934>
* Sifooni põhimõtet kirjeldav video (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=CZmP0vsRBZ8>
* Cartesiuse tuukri mäng plastpipeti, plastiliini ja traadiga (EST): <http://opik.fyysika.ee/index.php/exp/display/570/8045>
* Cartesiuse tuuker kõrte ja plastiliiniga (ENG): <https://youtu.be/5Su1JcqhV9s>
* Teadusteatri katsete kirjeldused (otsi “rõhk”) (EST): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>
* Õhupalli puhumine pudelis (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=Grziaq-caVE>
* Muna/õhupall pudelisse (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=axbFo-wsp4g>
* Baromeeter (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=pL6BthjvTZ4>
* Hõrendus ja veetorn küünlata, teaduslikult (ENG): <https://youtu.be/1S7Qd04oL-o>
* Purgi kortsutamine (ENG): <http://scifun.chem.wisc.edu/HomeExpts/COLLAPSE.html>
* Pudeli plahvatus kuivjääga (ENG): <https://en.wikipedia.org/wiki/Dry_ice_bomb>
* Bernoulli efekt (ENG): <https://youtu.be/PF22LM8AbII> ja <https://youtu.be/mNHp8iyyIjo>
* Bernoulli efekt ja vetsupaberirull (ENG): <https://youtu.be/gtzVIXO7zh8>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** Rõhk, õhurõhk, sifoon, Cartesiuse tuuker, muna pudelisse, Magdeburgi poolkerad, Bernoulli efekt

**ENG:** 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 enam kokku puutuvad, satub neile kätte kodudes ja ennekõike köögis. Kodukeemia teema all uuritakse, mida võib köögis omavahel kokku segada ning mida mitte. Katsed, millega noored kokku puutuvad, on üldjoones ohutud.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Kodukeemia ohutus** – noortele tutvustatakse, mida teha, kui äädik- või sidrunhape või kangem hape satub silma või suuremas koguses meie seedesüsteemi satub. Tuleb tähele panna, et oksendades läbib hape söögitoru kahel korral: sisenedes ja väljudes, mistõttu tuleks veenduda, et oksendamisel oleks vedelik juba neutraliseeritud või vähemalt lahjendatud.
* **Äädika ja soodaga õhupallide täitmine** – pange pudelisse natuke äädikat ning õhupalli lusika abil soodat. Tõmmates õhupalli pudeli otsa ning lastes soodal pudelisse pudeneda, tekib hulganiselt 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, lisa sinna 10 teelusikat söögisoodat, lisa juurde pisut toiduvärvi, sega tekkinud segu korralikult läbi. Lisa järgmisena korralik kogus nõudepesuvahendit ning lõpetuseks vala juurde äädikhapet. Äädikhappe kogus sõltub sellest, kui kiire on gaasi eraldumine.
* **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 üle ääre hakkab voolama. Niisamuti võib uurida, kui palju tilkasid müntidele mahub.
* **Toiduvärvid ja pindpinevus** – õpilased jagatakse gruppideks ning jagatakse igaühele veega või piimaga kaetud taldrik, mille peale pannakse ühtlaselt näputäis pipart või tilgutatakse toiduvärvi (ei segata!). Asetades nõudepesuvahendiga kaetud näpu taldriku peale, eemaldub pipar suure kiirusega. Värvikama katse jaoks võib kasutada piima ja toiduvärve. Tutvustatakse pindpinevuse olemasolu ning nõudepesuvahendi mõju selle lõhkumisele. Pärast seda pannakse veenumasse kirjaklambreid ulpima ning lõhutakse taaskord tasakaal pesuvahendi lisamisega. Tuuakse paralleele loodusega (liugurid) ja igapäevaga (seebimullid). Õpilased võivad tilgutada veetilkasid (ja seebiveetilkasid) erinevatele pindadele (paber, laud, teflonpann) ning jälgida märgumise erinevusi, ent nähtusest arusaamine nõuab rohkemaid eelteadmisi.
* **Oobleck ehk mitte-Newtonlik vedelik –** segades omavahel kokku katuli- või maisitärklise ning vee 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 iseloomustamaks voolamist, viskoossust ja tihedust.
* **Vedelike torn** – kasutades kodukeemia vedelikke, luuakse värviline mitmekihiline vedelike “torn”, mis seletab nii ainete tiheduste erinevusi, pindpinevust kui ka segunemisvõimet.

**TÖÖVAHENDID**

Kodust leitavad 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) (EST):  
  <https://www.haigekassa.ee/sites/default/files/2017-10/vigastuste_valtimine.pdf>
* Päästeameti keemiaspetsialist kodukeemia ohutusest (EST):  
  <https://www.aripaev.ee/uudised/2005/03/23/ohtlikke-jaatmeid-ei-tasu-kapinurka-jatta>
* Õhupallide täitmine äädika ja soodaga (ENG):  
  <https://www.kiwico.com/diy/Science-Projects-for-Kids/3/project/Magic-Inflating-Balloons/2605>
* Vahukoletise katse kirjeldus (otsingsõna “Vahukoletis”, “Coca-Cola ja mentose katse” ) (EST): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>
* Mis juhtub, kui juua äädikat ja soodat korraga (mittesoovitatav!) (ENG):  
  <https://www.youtube.com/watch?v=IHTbuFhdjLs>
* Kuidas teha ooblecki ehk mitte-Newtonlik vedelikku (ENG): <https://littlebinsforlittlehands.com/non-newtonian-fluids-cornstarch-science-activity/>
* Oobleck suurel skaalal (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=JJfppydyGHw>
* 21+ lima retsepti (ENG): <https://littlebinsforlittlehands.com/homemade-slime-recipe/>
* SPARK Makerlabi [inseneeria](http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc) näidisõppekava (otsingsõna “pindpinevus”) (EST): <http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc>
* Toiduvärvid ja pindpinevus (EST):  
  <https://omad.fyysika.ee/media/exp_kasutusjuhend/223_Piimavikerkaar.pdf>
* Vedeliketorn (ENG): <https://www.kiwico.com/diy/Science-Projects-for-Kids/3/project/Density-Tower/2601>
* Köögiviljade ujuvus ja tihedus (EST): [http://uurimislabor.teaduskool.ut.ee/user/themes/uurimislabor/assets/koogiviljade-tihedus-ja-ujuvus[1].pdf](about:blank)
* Valik lihtsaid köögikeemia eksperimente (ENG):   
  <https://littlebinsforlittlehands.com/4-mini-easiest-kitchen-science-activity-trays/>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** äädikas ja sooda, äädika mürgistus, mitte-newtonlik vedelik, pindpinevus, kodukeemia katsed, vedelike tihedus

**ENG:** 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 mitte ainult poest, vaid see pärineb maamullast, taludest või tööstustest, kus toiduaineid töödeldakse. Toiduteaduse teemas uuritakse ja 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 soolakuhja sisse ning puhuda sool minema, jääb muna püsti, kuna väikesed soolakristallid aitavad sellel püsti püsida. Tegu on lihtsa ja kiire väljakutsega, mis sobib üleminekuks ühelt teemalt teisele.
* **Soolvesi ja muna** – võtke 3 klaasi, millest üks on täidetud veega, teine soolveega ning kolmas poolenisti veega. Proovige esimesse kahte panna kord toores, kord keedetud muna. Milliseid erinevusi võib märgata? Viimasesse klaasi pange natuke soola, segage läbi ning pange sinna muna sisse. Valades vett peale jääb muna klaasi keskele hõljuma. Katse demonstreerib hästi tiheduste erinevust ning vee ülestõukejõudu. Enne iga muna lahusesse laskmist saab osalejatelt uurida, mida nad arvavad, mis juhtub. Hea võimalus tuua analoog väga soolase Surnumere ja ujuvusega.
* **Paljas põrkemuna –** võta suurem klaasist kauss, vala sisse u 0,5-1 liitrit äädikhapet ning aseta toored kanamunad ettevaatlikult äädikhappe sisse. Äädika ning munas leiduva süsiniku (täpsemalt kaltsiumkarbonaadi) reaktsiooni tulemusel eraldib 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 põrgates ei lähe katki. Kindlasti kanda kindaid, sest käed võivad äädikhappega kokku puutuda, kui kanamunad äädikhappe sisse panna.
* **Muna osmoos –** eelnevast katsest võib täheldada, et muna ruumala on esialgsega võrreldes suurenenud. Jätkates eelnevat eksperimenti, 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 ning esialgse kuju taastab. Muna asemel võib osmoosiks kasutada ka nt. kummikaru (želatiin).
* **Teeme võid –** tänapäevane generatsioon võib ennekõike teada, et või tuleb poest, ent neil ei pruugi olla aimu, kuidas või tegelikult valmib. Võtke suletavad läbipaistvad anumad, valage sinna vahukoort ning hakake ühiselt raputama! Esitluse huumori suurendamiseks võib lisada ka soovi järgi maitseaineid. Raputamise käigus selgub või tegemise teaduslik seletus: omavahel seonduvad rasvad ja proteiinid, mis annavad võile tema tahke konsistentsi.
* **Teeme jäätist –** vahukoor ja moos segatakse kokku ning pannakse kilekotti (ideaalis *grip*-kotti). Suuremasse kilekotti pannakse jääkuubikud ja sool. Vahukoorega kilekott pannakse suuremasse kilekotti, viimane suletakse ning kaetakse soovi korral käterätiga, et mitte käsi ära külmetada. Selleks, et jäätisetekke protsessi kiirendada, tuleb suuremat kilekotti raputada. Nähtuse puhul saab tuua analooge autoteede soolamisega, misjuhul tuuakse soola abil lume või jää sulampistemperatuur allapoole.
* **Gluteen** – valmistage kaks erinevat tainast, üks gluteenirohke ja teine gluteenita jahu abil. Peske tärklis välja ning võrrelge kahe taina erinevusi. Teadusteatri kontekstis saab gluteeniga tainast mulle puhuda ning kahte erinevat taignapätsi publikule katsuda anda.
* **Pruun versus valge suhkur** – suhkru tüübiga on võimalik muuta küpsetiste tekstuuri. Pruun suhkur seob rohkem niiskust kui valge suhkur. Seega sai, mis on jäetud pruuni suhkruga samasse karpi, murdub lihtsamini kui sai, mis on jäetud valge suhkruga samasse karpi. Sarnane analoogia töötab ka näiteks küpsiste valmistamisel. Proovige järgi, näidake ka teistele ja seletage, mis toimub!
* **Suhkur ja pärm –** sama suurtesse pudelitesse pannakse võrdne kogus pärmi, ent erinev kogus suhkrut koos sooja veega. Pudeli otsa pannakse õhupallid ning jälgitakse näiteks etenduse lõpus, milline segu on tekitanud kõige rohkem gaasi. Saab võrdluse tuua nt. muffinite või leiva küpsetamisega: mida rohkem suhkrut, seda õhulisem tainas. Proovige järgi! 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 *grip*-kotid, segamisvahend, soovi korral käterätt, gluteeniga ja gluteenivaba jahu, pump, valge ja pruun suhkur, pärm, pudelid, õhupallid

**ÕPPEMATERJALID**

* Osmoos ja “paljas muna” (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=SrON0nEEWmo>
* Teadusteatri katsete kirjeldused (otsi “kanamuna”) (EST): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>
* Soolvesi ja muna (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=ggNI76hF6HQ>
* Teeme ise võid koos teadusliku seletusega (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=Wt_RG42N3GM>
* Teeme ise jäätist koos teadusliku seletusega (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=s1CpSrXa1EI>
* Mis on gluteen koos ettevalmistatava eksperimendiga (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=zDEcvSc2UKA>
* Pruun vs valge suhkur (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=7gnfOwb8lKU>
* Pärm ja suhkur (ENG ja EST): <https://www.youtube.com/watch?v=qoxY0z8ukUQ> ja <https://www.facebook.com/3kolmporsakest/videos/321353538410486/>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** muna ja äädikas, soolvesi ja muna, vee filtreerimine, gluteen

**ENG:** 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)

Teadusteatrite kavades domineerivad ennekõike loodusteadused, ent teadlasi leiab ka sotsiaalainete aladelt nagu sotsioloogia, psühholoogia ja ajalugu. Selleks, et inimesi sellest teadlikuks muuta, tuleb enne neile teadvustada nende endi teadvust. Järgnevalt on esile toodud sotsiaalsed eksperimendid, mida on hea publiku peal katsetada, kuna inimesed saavad ise koheselt nendes kaasa lüüa ning enda keha teadlikkust tõsta.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Sotsioloogiline aju poolkerade uuring** (vt. õppematerjale) – lase osalejatel (või publikul) ükshaaval ennast testida ning küsimustele vastata, võimalusel tulemusi kirja pannes. Nii saab iga osaleja endast teadlikumaks, lisaks saab iga inimese iga tulemuse kirjapanemisel demonstreerida massilise rahvaküsitluse läbiviimist.
* **Juhtsilm –** inimene kasutab ennekõike ühte silma kahest objektidele tähelepanu pööramiseks, 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, ning teisel inimesel enda pöialt ja nimetissõrme joonlaua alumise otsa ääres. Lastes joonlaua lahti, kulub teise inimese ajul aega, et reageerida ning joonlauast kinni haarata. Kui tegu on lühikese joonlauaga (ca 15 cm), kukub joonlaud tõenäoliselt maha. Pikema joonlaua puhul võib luua cm näidu kõrvale ka värviskaala, mis iseloomustab inimeste keskmist reaktsioonikiirust (tekib pärast pikaajalist testimist mitme inimesega). Põnevuse lisamiseks võib joonlaua asendada rahatähega pannes hoolega tähele, et rahatähe hoidja näpud oleksid kuivad. Vastasel juhul jääb rahatäht lahti lastes hetkeks näpu külge ning reageeriv inimene saab rahatähe endale.
* **Fantoomkäsi** – vabatahtlikule tekitakse illusioon nagu tal oleks veel üks käsi. Ideaalis kasutatakse käe mulaaži, ent katset saab korraldada ka täidetud kummikindaga või kinnastega. Viimasel juhul pannakse mõlemasse vabatahtliku käed kindasse, sh. võltskäsi. Osaleja käed pannakse lauale, millest üks kaetakse suure linaga ning asetatakse selle kõrvale võltskäsi. Nähtaval oleva käe ja võltskäe peal viiakse sünkroonselt läbi mitmeid sensoorseid katseid, tekitades inimesele mulje, et ta tunneb samu puudutusi mõlemal käel. Lüües ootamatult võltskätt haamriga, peaks vabatahtlik ehmatades karjatama ja käed eemale tõmbama, pidades võltskätt enda käeks.
* **Vajuvad käed** – laske vabatahtlikul kõhuli joogamatile lamada ning tõstke tema käed umbes minutiks ülespoole. Lastes tema käed aeglaselt alla, tekib vereringluse tõttu tunne, et käed vajuvad maapinnast läbi.
* **Psühholoogilised raskused** – pange sama kaaluga raskused suurde pappkasti ning väikesesse pappkasti. Kumb kast tundub vabatahtlikule tõstes raskem ning 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 eksperimenteeritaval kõrvaklappe ja kokutama panevat Stutterbox rakendust, mis kordab inimese enda öeldud sõnasid väikese viivitusega. Võib täheldada, et inimestel muutub ettekirjutatud teksti lugeminegi väga keerukaks ning kõik kõlavad kui joobes inimesed.

**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 testid (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=qalaGsVqWjE>
* Juhtsilm (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=O2J1ul73y2A>
* Reaktsiooniaja mõõtmine aegluubis, neuroloogi kommentaaridega (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=3XM-4Qavh5k>
* Reaktsiooniaja treenimine (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=EqKoqB4TpSI>
* Psühholoogilised eneseteadlikuse katsed: fantoomkäsi, ristatud sõrmed jne (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=5KMnZfAvlbQ>
* Rööprähklemise eksperiment (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=AxSXjquTkXQ>
* Kokutamise karp (Stutterbox) (ENG): <https://www.stutterbox.co.uk/>
* Psühhobuss (EST): <http://psyhhobuss.mozello.ee/>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** eneseteadlikkus, rööprähklemine, ajupoolkerad, juhtsilm, reaktsiooniaeg psühhobuss

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

### 8. Esinemine: kehakeel ja hääl (4 tundi)

Selleks, et alustada efektiivset teaduskommunikatsiooni, tuleb ennast kuuldavaks teha. Uurime antud teemas, mis mõju on hääle intonatsioonil, tonaalsusel, tempol ning 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 hetkel esinev inimene.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Soojendamisvõtted** – spordis on soojendusharjutused iseenesestmõistetavad, ent verbaalne ettekanne vajab niisamuti hingamist ja häälepaelasid ettevalmistavaid harjutusi.
* **Hääle valjusus, 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 ning publiku teise, lastes esinejal harjutada, kuidas hääl üle koridori kanda. Vastupidiselt võib lasta esinejal ettekande kõrva sosistada. Igat esinemist salvestatakse!
* **Kehakeel** – valdava osa esinemise sõnumist moodustab esineja kehakeel. Sarnaselt eelmisele ülesandele kannavad noored ette ühte ja sama teksti, ent igaüks saab erineva ülesande, mida oma keha teha. Variantideks on näiteks “meritäht” (käed ja jalad laiali), “vetsu järjekorras” (käed ja jalad risti), “jooksja” (kohapealne sörk), “Tai chi” (keha pidevas aeglases liikumises), “Angela Merkel” (sirge nagu post, käed enda ette sõrmed otsamisi koos fikseeritult), “osutaja” (iga lause lõpus tuleb millelegi osutada), “ahv” (tuleb ennast pidevalt sügada), “kivi” (kükitades, hoides kätega oma põlvede ümbert kinni) ja nii edasi terve ettekande jooksul. Igat esinemist salvestatakse!
* **Ettekannete analüüs** – eelnevalt salvestatud ettekandeid analüüsitakse ning võrreldakse omavahel. Millised olid sõnumi edastamist takistavad tundemärgid ning millised jätsid esinejast enesekindlama mulje? Iga noor saab piinlikust tunda ning iseennast kõrvalolija pilguga vaadelda ja hinnangut anda.
* **Kodune ülesanne** – õpilased räägivad iseendaga peeglis ja nii lihtne see ongi. Eesmärgiks on muutuda enda kehast, näoilmetest ja häälest teadlikuks ning iseennast aktsepteerida.

**TÖÖVAHENDID**

Videokaamera (nutitelefon), hääle kadumisel [GeloRevoice](https://www.apotheka.ee/gelorevoice-tbl-n20-pmm0096466ee)

**ÕPPEMATERJALID**

* Hingamisharjutused (EST): <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 (EST): <http://stud.sisekaitse.ee/teppan/Esinemine/kuidas_hlt_hoida.html>
* Intonatsiooni ja tonaalsuse erinevused (ENG): <http://www.differencebetween.net/science/difference-between-tone-and-intonation/>
* Intonatsiooni ja tonaalsuse erinevuste näited (ENG): <https://youtu.be/c2Ljh2aVHi4>
* Otsi “Avalik kõne” (EST): <http://www.indrekmeos.xyz/e_raamat/Meos_I_Loogika.pdf>
* Kolm nippi, kuidas rääkida selgelt ning enesekindlalt (ENG): <https://youtu.be/VrKmaYyFNOY>
* Kuidas luua kõlav hääl (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=RuXkEJzmp50>
* Esinemishirm (EST): <http://stud.sisekaitse.ee/teppan/Esinemine/esinemishirm.html>
* Kuidas saada üle avaliku esinemise hirmust (ENG): <https://youtu.be/ryXOW1QS0ZM>
* Kolm vastuolulist lavahirmu ületamise strateegiat (ENG): <https://www.inc.com/sims-wyeth/3-counterintuitive-ways-to-cure-stage-fright.html>
* Kuidas ettekannet alustada (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=LrjlW00kkws>
* Ettekanded ja edukas kehakeel (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=ZK3jSXYBNak>
* Meisterkõneleja analüüs (ENG): <https://youtu.be/k8GvTgWtR7o>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** kõnetehnika, avalik esinemine, kehakeel, lavahirm

**ENG:** speech coaching, public speaking, body language, confident voice, stage fright

### 9. Praktika: esimene etendus (8 tundi)

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

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Aasta kokkuvõte** – lisaks teemade vahekokkuvõtetele võetakse terve aasta kokku ning meenutatakse möödunud teemavaldkondasid ja eksperimente.
* **Teadusetenduse ülesehitus ja KKK** – ühise arutelu põhjal leitakse, mis peaks olema ühes heas teadusetenduses ning millised on küsimused, millele tuleb enne etendust vastata.
* **Ülesannete jaotamine ja elluviimine** – jaotatakse laiali näiteks järgnevad rollid: stsenarist, netituhnija (internetist materjali otsija), teadlane (teadusliku sisu ja korrektsuse kontroll), eksperimentaator (parimate koguste ja meetodite leidja), leidur (katseseadmete ehitaja), rekvisiitor (esinemisvahendite kontroll), esinejad (teadusetenduse ettekandjad), produtsent (ülevaataja, organiseerija, asjur). Kusjuures ühel inimesel võib ka olla mitu rolli sõltuvalt osalejate ning loodavate teadusetenduste arvust.
* **Harjutamine, harjutamine ja harjutamine!** – teadusetendus kantakse korduvalt teistele ette, et analüüsida vigasid ja konarusi, mida annaks päris esinemises parandada, vajadusel kiiremini teha, teisiti seletada või hoopiski rahulikumalt võtta.
* **ESIMENE TEADUSETENDUS! –** ülesastumine näiteks kooli aastalõpuaktusel, Viljandi teadusteatrite festivalil või õpilaste teadusfestivalil. Pärast etenduse ettevalmistust, sh. KKK ülekäimist, kantakse teadusetendus ette! Ettekanne salvestatakse pärastiseks analüüsiks kõikide jaoks. On võimalik, et on palju narveerimist, ebaõnnestumisi ja kohmekust, 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 eduka esimese aasta lõppu meenutage, kuidas saab jää, soola, vahukoore ja moosiga jäätist teha ning nautige suve!

**TÖÖVAHENDID**

Mida iganes on noortel vaja!

**ÕPPEMATERJALID**

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

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** teadusteatrite festival, õpilaste teadusfestival, teadusteatri õppekava, teadushuvihariduse näidisõppekava, teadus ja teater ja teadvus! (teadusteater) III kooliastmele (7.-9. klass)

**ENG:** setting up a science show

## ll õppeaasta

### 1. Ohutus: elekter (12 tundi)

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

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Mis on elekter?** – kasutades erinevas suuruses veeanumaid, erineva läbimõõduga torusid ja lehtreid, looge analoog vee ja (alalis)elektri liikumise vahel. Võimalik on seletada pinget (potentsiaali), voolu, takistust, kondensaatoreid/patareisid, sealhulgas 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 ning tehke järeldused.
* **Üldine elektriohutus** – töötage läbi allpool välja toodud elektiohutuse õppematerjal. Mängige läbi olukorrad, kuidas päästa kedagi, kes on elektrivõrguga ühendatud. Tehke selgeks, millistes olukordades võib saada elektrilööki ning kui vähesest piisab, et inimest enam elustada ei anna. Miks tuleb nt. elektrikarjust muude vahendite puudumisel pigem katsetada käeseljaga?
* **Staatiline elekter** (töötab eriti hästi kuivas ruumis, külmal talvisel ajal)– tutvuge staatilise elektriga kasutades õhupalle ja paberjuppe; PVC torusid, puuvillaseid lappe ja (jõulukuuse) 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, rööp- 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 purgi ümbert ning teine purgi peal olevast poldist, läbib igat osalejat võrdsel hulgal staatilist elektrit (hetkeline vool). Korrates katset, võttes teineteise taha ritta nii, et tagumine hoiab esimese inimese küünarnukkidest kinni ning lastes esimesel inimesel vooluring sulgeda, jaotub laeng laiali ning elektrilööki on vaevu tunda.
* **Äike ja staatiline elekter** (ja maandus) – kuiva äikese (vihma ei saja) korral tõusevad inimeste juuksed püsti ning seda eriti kõrgemates piirkondades või tornide otsas. Kasutades van de Graaffi staatilise elektri generaatorit või elektrofoori on võimalik tekitada kõrgpingeline 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 ning tõukuvad teineteisest eemale. Kui osaleja on pikajuukseline, saab ta enda juukseid sasida, mille peale need teineteisest 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 ühte pidi liigutades lähevad põlema ühte värvi LED-id ning teistpidi liigutades teist värvi LED-id. Nii tekib suurepärane võimalus näidata, et elekter liigub vaid ühes suunas, kuna LED töötab vaid ühte pidi liikuva elektriga. Liigutades CD-mängija alust võimalikult kiiresti, tekib illusioon, kus mõlemat värvi LED-id samaaegselt põlevad. Nii saab seletada, et vahelduvvool on justkui alalisvool, mis pidevalt oma suunda muudab või patarei, mille polaarsust muudetakse.
* **Kõrgsageduslik kõrgpinge** (Tesla generaator, võimalusel) – Tesla generaator genereerib kõrgsageduslikku kõrgpinget, mis on inimesele piiratud määral ohutu, kuna ei liigu inimese nahast väga palju sügavamatesse kihtidesse. Kasutage olemasolevat lahendust või ehitage enda Tesla generaator, millega näidata efektselt, kuidas inimene elektrit juhib. Andes hämaras või pimedas ruumis osaleja ühte kätte päevavalguslambi ning puudutades teise otsaga Tesla generaatorit, läheb päevavalguslamp põlema, kuna sealseid aatomeid ergastatakse. Vabatahtlikest saab luua terve ahela ning vaadata, mis saab päevavalguslambi eredusest.
* **Inimene ja kodune vahelduvvool** (ohtlik!) – meisterdage katsevahend, mis ühendub otse kodusesse vooluvõrku ning võimaldab faasi- ja neutraalse juhtme vahele pista erinevaid objekte, millega iseloomustada vahelduvvoolu ohtlikkust. Efektseimad objektid on hapukurk enda suure vee- ja soolasisalduse tõttu (inimese analoogia) või viiner, mis meenutab inimliha. Katse jooksul on näha värelemist, mis viitab pinge vahelduvale iseloomule. Samuti võib presenteerida kuivasid objekte, kus vool on väiksem või lausa olematu.

**TÖÖVAHENDID**

Veeanumad, erineva läbimõõduga (kummi)torud, lehtrid (nt. pooleks lõigatud pudelid), teip, toiduvärvid (soovi korral), õhupallid, paber, foolium, pudelid, alumiiniumteip, sool, vesi, PVC toru, puuvillane lapp, võimalusel elektrofoor ehk Wimshursti masin, juhtmed, hapukurk, naelad/poldid, võimalusel van de Graaffi generaator ja fooliumtaldrikud, kard, isoleeritud alus, CD mängija, LEDid, jootmistarvikud, võimalusel Tesla generaator (nt. [demosõbralik versioon](https://www.amazon.com/Electro-Technic-583518-Hand-Held-Tesla-Coil/dp/B009F18EMQ)) ja päevavalguslambid

**ÕPPEMATERJALID**

* Timmu teadusteater: elekter (EST): <https://youtu.be/CH0nhNBu2tU>
* Elektri ja vee voolamise analoogia (ENG): <https://youtu.be/HXOok3mfMLM>, <https://youtu.be/g-wjP1otQWI> ja põhjalikumalt: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_analogy>
* Alalis-, vahelduvpinge, staatiline elekter jne (ENG): <https://youtu.be/DyCHdywl5eA>
* Elektriohutus (EST): <http://materjalid.tmk.edu.ee/jaan_olt/Ohutus/PDF/Elektriohutus.pdf>
* Kumb tapab: pinge või vool? (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=9iKD7vuq-rY>
* Elektriohutuse teadusetendus (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=L8mlZIMNjpQ>
* Kõrgpingeliinide ohutusdemo (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=2Xoyb9M5-EA>
* Destilleeritud vesi ja elekter (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=eyuN3mr-lQ8>
* Mehdi Sadaghdar ehk ElectroBOOM YouTube’i kanali vedaja ja elektroonikainsener, kes näitab, mida ei tohi elektriga teha (ENG): <https://www.youtube.com/user/msadaghd>
* Tee ise Leideni purk (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=xjW-isgOijs>
* Pinge ja voolu seletus ajalooliste mehaanika avastuste läbi (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=iyG9_UFJVoI>
* Alalis- ja vahelduvpinge visualiseerimine (ENG): <https://youtu.be/SAvYvfg41FU>
* Mis on maandus? (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=zLW_7TPf310>
* Miks võib veekraanist või radiaatorist elektrilöögi saada? (EST): <https://bit.ly/2NvVFGs>
* Miks kasutatakse kodudes vahelduvvoolu? (ENG): <https://youtu.be/S7C5sSde9e4>
* Maailma parim teadusesineja staatilisest elektrist (ENG): <https://youtu.be/x1-SibwIPM4>
* Triboelektriline efekt (staatiline elekter), materjalid ning elektroskoop (ENG): <https://youtu.be/ey88EdZo9hU>
* Kuidas van de Graaffi generaator töötab? (ENG): <https://youtu.be/EsZQS2GOMQE>
* Teeme ise Franklini kella (ENG): <https://youtu.be/fEqudsyIWzk>
* Tee ise Tesla generaator (ENG): <https://youtu.be/0SaEPW_iMF8>
* Kuidas elektrofoor töötab? (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=nA4aCd5qFWs>
* Alalis- ja vahelduvvoolu mõju inimesele – MITTE JÄRGI TEHA! (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=trmxzUVT2eE>, <https://youtu.be/hp97GjuULX8>, <https://youtu.be/XDf2nhfxVzg> ja <https://youtu.be/S0mEPAnICgc>
* Vahelduvvool ja hapukurk (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=5FO0IKUTkJ0>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** elektriohutus, lühis, maandus, rööpühendus, jadaühendus, pinge, vool, Leideni purk, elektrit juhtivad ja mittejuhtivad ained, elektrofoor, van de Graaffi generaator, staatiline elekter, triboelektrilised materjalid, Tesla generaator

**ENG:** 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 müügimees. Müümine tähendab siinses kontekstis enda ideede ja veendumuste edasikandmist teistele inimestele, teisisõnu vestluspartneri(te)le samade tunnete tekitamist nii nagu müüjal endal. Ideedeks või veendumusteks võivad siinkohal olla mobiilkõnepaketid, 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 müüma.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Soojendamisvõtted** – spordis on soojendusharjutused iseenesestmõistetavad, ent verbaalne ettekanne vajab niisamuti keha, hingamist ja häälepaelasid ettevalmistavaid harjutusi.  
  Näiteks mäng “Hääletajad”, mille alguses on “juht” üksi “autos”. Ta võtab ühe hääletaja peale, kellel on mingi tugev omadus (liigutus, korduv fraas, hääletoon, emotsioon vms). Juht võtab selle omaduse üle. “Autosse” lisandub uusi hääletajaid. Kõik autos olijad võtavad endale üle sama omaduse. Lõpuks lahkuvad hääletajad tagurpidises järjekorras ja tulevad omadused ka 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. Siinkohal ei peeta müümise all 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 ning esineja eesmärgiks on kuulajaskonda ümber veenda. Paremad tulemused saavutatakse paraja ettevalmistusega. Ülesannet tasub variatsioonidega korrata ja korrata, kuna nii saavad noored üha rohkem esinemiskogemust kui ka väitlemisoskusi. Ettekandeid salvestatakse esineja jaoks pärastiseks analüüsiks.
* **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 kodus 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 jne. Ülesande eesmärgiks on esineja panna kõikvõimalikesse erinevatesse mänguolukordadesse, kus ta peab õppima toime tulema. Ülesannet tasub variatsioonidega korrata ja korrata, kuna nii saavad noored üha rohkem esinemiskogemust kui ka väitlemisoskusi. Ettekandeid salvestatakse esineja jaoks pärastiseks analüüsiks.

**TÖÖVAHENDID**

Erinevad rekvisiidid, videokaamera

**ÕPPEMATERJALID**

* Improvisatsioonimängude entsüklopeedia (ENG): <http://improvencyclopedia.org/>
* Kuidas müüa ükstaspuha mida ükstaspuha kellele? (ENG): <https://youtu.be/bbQcEWYPbqs> ja pikemalt <https://youtu.be/a0KtqDTmDa4>
* Head nipid müügiinimestele (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=RXreDCyZe64>
* Tarmo Tamm “Must vöö müügis” (EST, 2015)

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** müümisoskus

**ENG:** 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 enamat kui andmete kogumine ja edastamine: teaduse eesmärgiks on leida nähtuste vahel seoseid, mida oleks võimalik lisada senisesse teaduslikku maailmapilti. Kuna informatsiooni (sh. teadusartikleid) lisandub aastast aastasse üha enam, muutub arusaamine, mida ja kuidas omavahel võrrelda, teadlastele üha keerukamaks. Käesolevas teemas käsitletakse nähtuste vahel seoste leidmist, põhjuslikkuse ja korrelatsiooni eristamist ning analoogiate kasutamist pädevalt teadusliku sisu edastamiseks.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Õunad ja apelsinid** (võrreldavus, korrelatsioon ja põhjuslikkus) – arutlege omavahel, milliseid korrelatsioone (nii positiivseid, negatiivseid kui ka neutraalseid) ja põhjuslikkuseid te igapäevaelust leiate. Kas teil õnnestub leida korrelatsioone, mis ei ole põhjuslikud (vt. vääraid korrelatsioone õppematerjalidest)? Läänemaade kultuuris levinud idioom “nagu võrdleks õunasid apelsinidega” viitab siinkohal näiliselt sarnastele objektidele/nähtustele, mida ei tohiks võrrelda samadel alustel. Nt. idioomist otseselt innustatult: “See õun polnud üldse nii tsitruseline nagu too apelsin!” Ülesande eesmärgiks on aru saada korrelatsioonist ning 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 nii jalgade, rula ja maal, laagrites leiduvate kuulide, laagri siserõngaste ja telgede vahel, tõukamisest tekkiv liikumisjõud, kurvides tsentrifugaaljõud jne. Ülesande eesmärgiks on õpilastele näidata, kui palju on meie ümber teadust, mis on meie elu läbi keerukama töö lihtsamaks teinud.
* **Teadusest igapäevaellu –** korrelatsioonid seletavad andmete vahel leiduvaid seoseid, samas kui analoogiad aitavad omavahel sarnaseid olukordasid või nähtusi võrrelda. Õpilased võtavad loosi alusel mõne loodusnähtuse, millele peavad leidma vähemalt ühe analoogial põhineva esitluse nähtuse seletamiseks. Kõige parem on alustada varem läbitud teemadega. Mida rohkem analoogiaid ning mida teaduslikumalt korrektsem seletus, seda parem. Võimalusel võiks rekvisiitide, inimeste ja/või mängude abil analoogiad ette kanda. Kui ülesanne on lihtne, saab erinevaid nähtusi nimekirja lisada (nt. “Hooke’i seadus”, “heli levik”, “valgus”, “elektronkihid”, “aktivatsioonienergia”, “matemaatilise pendli valem” jne.) Kui ülesanne on liialt keerukas, peaks juhendaja mõningad näited ette tegema.  
  Kõige parem on lasta õpilastel teemad kodus ette valmistada, et neid koos teineteisele ette kanda, analüüsida ning tagasisidestada.

**TÖÖVAHENDID**

Pliiatsid, paber, rekvisiidid vastavalt vajadusele

**ÕPPEMATERJALID**

* SI-süsteemi ühikud (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/SI-s%C3%BCsteemi_%C3%BChikud>
* Õunad ja apelsinid (ENG): <https://en.wikipedia.org/wiki/Apples_and_oranges>
* Õunade ja apelsinide võrdlemine sõna otseses mõttes (ENG): <https://youtu.be/QeHJne_5UaI>
* Füüsikaline põhjusllikkus (EST): <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/273#/section/273>
* Korrelatsiooni lihtne seletus (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=ugd4k3dC_8Y>
* Korrelatsioon versus põhjuslikkus (ENG): <https://youtu.be/HUti6vGctQM>, <https://youtu.be/VMUQSMFGBDo>, <https://youtu.be/HSNp5MlTE-c> ja <https://youtu.be/U-_f8RQIIiw>
* Humoorikad väärad korrelatsioonid (ENG): <http://www.tylervigen.com/spurious-correlations>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** korrelatsioon, kovariatsioon, põhjuslikkus

**ENG:** correlation, covariation, apples and oranges, causation, spurios correlation

### 

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

Muusika on valdkond, mis on tihedalt seotud matemaatiliste seostega, füüsikaliste nähtustega, mis aitavad erinevaid helisid tekitada, ning inimeste kuulmismeeltega, mis tekitatud informatsiooni töötlevad ja tarbivad. Heliteadust kutsutakse laialdasemalt akustikaks. Käesoleva teema raames uuritakse ühiselt erinevaid heliga seotud nähtusi ning kuidas neid sealhulgas muusikas ära kasutatakse.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Laine mudel –** tutvuge, mis on heli ning kuidas see erineb merelainetetest (amplituud, lainepikkus, võnkesagedus, lainetüüp jne). Kasutage vedrumänguasja (*slinky*) või grillvarrastest lainemudelit (vt. õppematerjalid), et demonstreerida nii heli pikilaineid kui ka peegeldusi ehk kaja. Kuidas on seotud võnkumine ning heli valjusus (detsibellid), heli kõrgus (hertsid) ning kiirus? Kuidas inimesed ning teised olendid heli tajuvad?
* **Lööklaine** (õhupalli pauk, kõu) – asetage mitu (nt. 10) teeküünalt järjestikku lauale, mille ühe otsa lähedale pange täis puhutud õhupall. Tehes 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 osutatava rõhu vähenemine läbitud maaga, millega annab seletada heli valjususe eksponentsiaalset vähenemist helitekitajast eemaldumisel. Sarnane üksiku tugeva lööklaine efekt tekib õhukahuriga, millega saab inimeste poole üksikuid lained saata või üksiku käeplaksuga. Võib lasta publikul aplodeerida, imiteerib kõumürinat.
* **Heli kiirus –** pidevam ja tugevam lööklaine (millel puudub endiselt kindel sagedus) tekib näiteks äikese ajal kõu näol. Heliefekti imiteerimiseks võib võtta suure plekktahvli, mida käes raputada. Saab rääkida heli kiirusest ning selle järgi äikeselöögi kauguse arvutamisest. Täpsemaks heli kiiruse leidmiseks võib läbi viia heli kiiruse leidmise eksperimendi (vt. õppematerjalid). Mõelge olukordade peale, kus heli levib paremini (nt. vee all, mere peal, kõrva vastu raudteerööbast hoides) ning kehvemini (nt. mets, linn, kosmos). Miks erinevates keskkondades helikiirus muutub? Kas muutub ka heli valjusus 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, seepärast pole kumbki liikumissuund eelistatud. Selle asemel saame paigalpüsivad lained, millel on sõlmed (paigalseisvad punktid) ning paisud (max. amplituud).
  + Seisulaineid saab demonstreerida mitme erineva katsevahendiga, mida noortega ühiselt avastada. Kummipael, mis on ühest otsast kinnitatud ning mida teisest otsast üles-alla võngutatakse, võimaldab näidata seisulainet ning selle sõlmesid-paisusid. Samuti on võimalik presenteerida erineva 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 nt. alumiiniumvarda keskelt kinni hoides seda teise käe kampoliga kaetud nimetissõrme ja pöidlaga tundeliselt silitades. Ettevaatust! Heli võib olla lausa kurdistav (vt. õppematerjale).
  + Selleks, et kuvada seisulainet kahedimensionaalselt, saab kasutada Chladni plaate, mis ühendatud sagedusgeneraatoriga/kõlariga või mida poogna abil helisema panna. Chladni plaatide puhul aitab seisulaineid visualiseerida neile pandud 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 ning võimendada valikuliselt sagedusi. Veega täidetud pudeli suu peal puhumine võimendab niisamuti kindlat sagedust. Antud nähtust saab võrrelda vedru otsas võnkuva massiga, kuna pudeli puhul võngub massi asemel õhk. Niisamuti saab seletada resonantssagedust kui sellist.  
    Lisaks, leides kahe tühja pudeli resonantssageduse, on teil võimalik ehitada akustilise jõuülekandega mootor (vt. õppematerjalid), mis muudab resonantssageduse demo veelgi visuaalsemaks!
  + Laulvad pokaalid – sarnaselt pudelitega, saab resonantssageduse leida ka pokaalidel. Soovituslik on noortega proovida selle sageduse abil pokaali lõhkuda. Saab tuua analoogi Tacoma Narrows sillaga, mis resonantsi tõttu katki läks.
  + Keerutatavad (ribilised) torud – toru otsast, mida käega kinni hoitakse, tõmmatakse torusse õhku, kuna toru teises otsas tekib keerutamise tõttu pidev õhu hõrendus. Pannes käes hoitava toru otsa külge õhuga täidetud kilekoti, tõmmatakse see õhust tühjaks nagu tolmuimeja. Heli tekib aga toru ribide tõttu, mis tekitavad toru sees pisikesed pöörised. Niisamuti saab presenteerida erinevaid resonantssagedusi.
  + PVC torud – lüües pannilabidaga (vm. laiema pehmema löögivahendiga) PVC toru ühte otsa (sh. tuleb löögivahend koheselt eemaldada), tekitatakse hetkeline Helmholtzi resonaatori efekt. Erineva pikkuse ja läbimõõduga torud annavad suurepärast võimaluse kirjeldada õhusambaid ning nende massi erinevusest tulenevaid omavõnkesagedusi. Sama läbimõõdu, ent kaks korda pikkuses erineva toru puhul tekib näiteks muusikaline intervall, mida tuntakse oktavina. Sama seos kehtib ka matemaatiliselt sagedustega: kui kaks sagedust erinevad teineteisest kahekordselt, on tegu oktaviga. Kui seni pole kõrgeid ja madalaid sagedusi veel kõrgete ja madalate häältega ära seotud, annavad PVC torud selleks suurepärase võimaluse.
  + Rijke ehk kuumutatav toru – lihtne presenteerida, mistõttu teadusteatrites levinud, ent teaduslikult korrektselt keeruline seletada! Kuumutades metalltoru ühte otsa ning hoides seda seejärel püsti nii, et kuumem osa on allpool (kuhu pääseb jahedam õhk ligi), liigub soe õhk ülespoole ning põhjustab toru otsas resonantsi, mida kuuleme helina. Huvitaval kombel töötab Rijke toru ka vertikaalis, kui kuuma otsa eespool hoida, st. liikumine põhjustab sooja õhu liikumist läbi toru.
* **Doppleri efekt** – kasutades pika nööri (ja juhtme) otsa kinnitatud sumistit (teises otsas patareipakk), keerutage nööri ringiratast ning laske inimestel eemalt muutuva sagedusega heli täheldada. Hea demovahend, millega kirjeldada mööda kihutavate motikate, rongide, lennukite vm. kiirete objektide tekitatavat iseloomulikku heli. Tasub tähele panna, et keerutaja ise efekti ei tähelda – miks?
* **Elektriline induktsioon** (elektrikitarr, kõlar) – lahake kõlari ja elektrikitarri helipea tööpõhimõtteid ning tooge omavahel võrdlusi, kuidas need kaks sarnanevad ning erinevad. Võimalusel 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 elektikitarr töötab vaid metallkeeltega?”, “Kuidas mõjutab vasktraadi keerudude arv helivaljusust?” jne.
* **Theremin** (võimalusel, edasijõudnutele) – see imepärane elektrooniline muusikainstrument muudab oma sagedust ja helivaljusust sõltuvalt paari kondensaatori mahtuvusest, mille üheks plaadiks on näiteks inimese käsi.
* **Inimhääl** (häälepaelad, He ja SF6;NB! Ohtlik, kuna asendab kopsus olevat hapnikku! Teha vaid asjatundliku järelvaate all!) – häälepaelad ei meenuta üldse paelasid, vaid pigem kurdusid. Meeste häälepaelad on naiste omadest pikemad, mistõttu on neid “raskem liigutada”, sagedused on aeglasemad ja seetõttu on ka meeste hääl madalam. Muutes gaasikeskkonda, milles inimene räägib, muudame heli levimise kiirust. Nii on kergema gaasikeskkonna (heeliumi) puhul hääl kõrgem (justkui elaksime Jupiteril) ning raskema gaasikeskkonna puhul hääl madalam (justkui elaksime Veenusel või veel raskema gaasiga planeedil). Katse põhjustab palju nalja, ent kindlasti peaks katset tegema vaid lühiajaliselt, lastes vabatahtlikel katsesubjektidel maha kummardada, et gaas endast täielikult välja lasta, muidu jääb see kopsu põhja seisma.
* **Heli tajumine** (kõrvade ehitus, kuulmislävi, diapasoon, kõrvade vahetamine) – iga inimene on unikaalne nii oma hääletämbri kui ka kuul(a)mise poolest. Uurige kõrva ehitust ning tehke selgeks, kuidas inimene erinevaid sagedusi eristab.  
  Laske vaikses ruumis osalejatel käed tõsta ning kasutades sagedusgeneraatorit (mobiilirakendus sobib ka), valige sobilik sagedus (nt. A, 440 Hz) ning hakake aeglaselt helivaljusust tõstma. Kes iganes midagi juba kuuleb, langetab käe. Algus oli lihtne, katsetulemused eriti midagi inimeste kuulmise kohta veel ei ütle. Eriti hästi töötab eksperiment juba sagedusdiapasooni määramisega, st. fikseeritud helivaljususe juures muudetakse sagedusgeneraatori abil sagedusi madalaimast kõrgemaks. Inimesed tõstavad käe, kui hakkavad madalaid sagedusi kuulma ning langetavad käe, kui enam heli ei kuule. Nii saavad inimesed teada, milline on nende sageduste kuulmisulatus. Tüüpiliselt mida vanem inimene, seda väiksem diapasoon.  
  Inimene kasutab lisaks silmadele ruumis orienteerumiseks ka oma kõrvasid, mis võib teinekord tekitada ekslikke olukordasid. Näiteks suurlinnades võib heli põrkuda kõrghoonete pealt vastaskõrva. Selleks, et tekitada inimese kuulmisorienteerumises segadust, valmistage lihtne voolikute ja lehtritega katseseadeldis. Laske vabatahtlikul asetada vooliku otsad kõrvadele ning võtke lehtritega voolikuotsad tema selja taga vastu. Sosistades kord ühte või teise lehtrisse, võib ajul tekkida tunne, et temaga rääkiv inimene on kord ühel, kord teisel pool, kuigi ta ei pruugi üldse liikuda. Katset annab mitmeti varieerida, ent näitab ilmekalt, miks meil on kaks kõrva ja üks suu.

**TÖÖVAHENDID**

Vedrumänguasi (*slinky*), grillvardad, toruteip, õhupallid, küünlad, tikud, suur plekktahvel (valikuline), ümar alumiiniumvarras, kampol ehk männivaik (jootmis- või keelpilli abivahend), haamer, painduvad plastiktorud, eripikkuses PVC torud, pannilabidas, metallist toru, sädemevõre või tiheda mustriga metallist sõel, gaasipõleti, pudelid ja vesi, vasktraat, magnet, TRS juhtmed, võimalusel kõlar ning elektrikitarri helipea, patareiga sumisti, juhtmed, heeliumi ja SF6 balloon (võimalusel), Theremin, detsibellimõõdik, sagedusgeneraator (sobib ka vastav rakendus), mikrofon, kõlarid, voolikud, lehtrid

**ÕPPEMATERJALID**

* (Heli)lainete algtõed (EST): <https://opik.kirsman.ee/pohikool/8klass/vonkumine-lained/>
* Lihtne lainemudel (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=IlF8sdHTqaU>
* Mis on heli? Täielik sissejuhatus (ENG): <https://youtu.be/qV4lR9EWGlY>
* Heli levik ja kiirus (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=UgE2GIQwUCw>
* Heli kiiruse mõõtmine (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=J97YSCnU4KM>
* Ülehelikiiruse seletus (ENG): <https://youtu.be/1pf-Is2S1_Q>
* Väävelheksafloriid (SF6) ning eksperimendid (ENG): <https://youtu.be/KHmNiOsTYfA>
* Seisulaine (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Seisulaine>
* Helisev varras (ENG): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/singing-rods/>
* Seisulainete (vardad ja Chladni plaadid) seletus (ENG): <https://youtu.be/fj0xjS3BECc>
* Heliseva varda skeem (ENG): <https://www.arborsci.com/Data_Sheets/Files/SingingRods.pdf>
* Seisulained, põhi- ja harmoonilised sagedused (tämber) ja muusikainstrumendid (ENG): <https://youtu.be/D_RIzl1uCxY> ja <https://youtu.be/XDsk6tZX55g>
* Helmholtzi resonaator ja akustiline ajam! (ENG): <https://youtu.be/PZVeJ2rh6ts>
* Akustiline levitatsioon! (ENG): <https://youtu.be/ABjRnSYw-4k>
* Uurimustöö Helmholtzi resonaatorist, pudelitest ja laulvatest pokaalidest (ENG): <http://www.vibrationdata.com/Newsletters/January2004_NL.pdf>
* Inimhäälega pokaali lõhkumine (ENG): <https://youtu.be/Oc27GxSD_bI>
* Keerutatav toru (ENG): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/sound-hose/> ja <https://en.wikipedia.org/wiki/Whirly_tube>
* Rijke toru (kuumusega helisevad torud) (ENG): <https://youtu.be/4PyeNPZUKd8>
* Tuiklemissagedus (ENG): <https://youtu.be/Ca91iOVGd9A>
* Kuidas ehitada kõlarit? (EST): <https://youtu.be/zI3Lk94KjoQ>
* Kuidas elektrikitarri helipea töötab? (ENG): <https://youtu.be/SfkX-fgmIbc>
* Ehitamise ise ühekeelelise elektrikitarri (EST): <https://youtu.be/-RO7iuId-1E>
* Kuidas välist heli summutavad kõrvaklapid töötavad? (ENG): <https://youtu.be/VTx4JgYsW5s>
* Kuidas töötavad mürasummutavad kõrvaklapid? (EST): <https://geenius.ee/rubriik/nutikas-reisimine/kuidas-tootavad-murasummutavad-korvaklapid/>
* Aktiivse helisummutamise eksperiment (ENG): <https://youtu.be/--c0tiIZG6o>
* Theremin (ENG): <https://youtu.be/KDG15-iTJLw>
* Miks on uduse ilmaga võimalik kaugemalt helisid kuulda? (EST): <https://pood.aripaev.ee/Product/DownloadProductResourceFile/151>
* Kasvava tooniga heli illusioon (ENG): <https://youtu.be/BzNzgsAE4F0>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** akustika, heli, heli kiirus, pikilaine, seisulaine, resonants, omavõnkesagedus, tuiklemissagedus, ülemhelid, Rijke toru, Helmholtzi resonaator, Doppleri efekt, Theremin

**ENG:** 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](https://et.wikipedia.org/wiki/Aine_(f%C3%BC%C3%BCsika)) vorm, mille määrab tema [molekulide](https://et.wikipedia.org/wiki/Molekul) [soojusliikumise](https://et.wikipedia.org/wiki/Soojusliikumine) iseloom. Eri agregaatolekuga ained erinevad oma osakeste vaheliste 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, mida dikteerib omakorda 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 ning keemine. Lisaks võib seletada, miks püsivad sulamis- ja keemistemperatuur enamjaolt protsessi jooksul konstantsena.
* **Temperatuur ja termomeeter** – selgitage, mida ikkagi tähendab temperatuur ning kuidas töötavad erinevad termomeetrid ja temperatuuriskaalad (Celsius, Kelvin, Fahrenheit). Võimalusel 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 segu temperatuuriga juhtub.
* **Aine olekute üleminekud –** otsige õpilastega viise, kuidas järgnevaid aine faaside üleminekuid teaduskatsetega või analoogiate abil publikule kirjeldada ning kuidas erinevaid üleminekuga seotud temperatuure määrata. Vihje: vesi on levinuim aine, millega erinevaid aine olekute üleminekuid esitletakse. Pärast tabelit on välja toodud mõned ideed, kui teil neid puudu jääb.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **LÕPPOLEK** | | |
| **Tahkis** | **Vedelik** | **Gaas** |
| **ALGOLEK** | **Tahkis** | – | Sulamine | Sublimatsioon |
| **Vedelik** | Külmumine | – | Aurustumine |
| **Gaas** | Ladestumine | Kondenseerumine | – |

* + **Sulamine** – sulamistemperatuur sõltub aine molekulide valmidusest teineteisest energia kasvades lahti öelda. Lisage jääle soola ning tehke järeldusi, miks soolatud teedel lumi kiiremini sulama hakkab.  
    Lisaks, selleks, et ainete üleminekud ei seostuks vaid veega ning kõrged sulamistemperatuurid vaid metallidega, esitlege võimalusel publikule galliumit, mis on inimesele hulganisti ohutum madala sulamistemperatuuriga metall kui elavhõbe.
  + **Aurustumine, keemine ja rõhk** – aurustumine on pidev protsess, mille jooksul vedelikust üksikud molekulid väljuvad, seega tasub rõhutada, et vesi aurub ka talvel!  
    Keemine leiab aset, kui vedeliku poolt osutatav rõhk saab võrdseks ümbritseva õhu poolt osutatava rõhuga. Tõmmates süstaldesse natuke vett ning hoides (nõela**ta**!) süstla otsast näpuga 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 toatemperatuuril. Katse iseloomustab hästi keemistemperatuuri sõltuvust rõhust, sh. miks kasutatakse kõrgmäestikus survepotte (nt. muidu ei saa muna valmis).
  + **Sublimatsioon ja kuivjää** (NB! Termokindlad ja ohutusnõuded kohustuslikud!) **–** keerulise nimetusega nähtus tähendab seda, et tahke aine jätab temperatuuri kasvades vedela oleku vahele ning läheb otse gaasilisse olekusse. Parim vahend nähtuse kirjeldamiseks on kuivjää ehk tahke süsihappegaas. Kuivjääd on võimalik soetada tööstusgaaside või toiduainetööstustega tegelevatest ettevõtetest, ent nende läheduse puudumisel saab kasutada ka süsihappegaasi tulekustutit, millega saab tekitada CO2 lund. Erinevaid katseid kuivjääga võib leida õppematerjalidest.
  + **Rõhk ja sulamine** (NB! Ohtlik!) – pange pudelitoorikusse üks keskmine kuivjää graanul ning laske sellel seista nii kaua, kuni tahke osa on kadunud. Toorikus suurenev rõhk surub süsihappegaasi kokkupoole ning kuivjääle tekib ka vedela aineoleku üleminek.
* **Vedel lämmastik** (NB! Termokindlad, kaitseprilli ja üldised ohutusnõuded kohustuslikud! Vajadusel lisaks kaitsevisiir ja kõrvaklapid. Vedel lämmastik on -196 kraadi külm!) – teadusteatrites kasutatavaim vedel aine peale vee, mis võimaldab demonstreerida mitmeid külmumisega seotud nähtusi. Kõiki järgnevaid katseid on väga tähtis eelnevalt korduvalt järgi testida, kuna kogenematutel esinejatel on tekkinud selle katsega nii kuuma- kui ka külmaville.
  + **Pilved (veeaur)** – asetage anum (termokast või piklik suurema läbimõõduga (10+ cm) PVC toru) inimestest võimalikult kaugele, ent nähtavasse kohta. Kalla lämmastik anumasse ning seejärel vala võimalikult kiire liigutusega peale kuum vesi veendudes, et keegi pole anuma suudme ees või kohal. Tekib korralik veeauru pahvakas, millega kaasneb ka järjepidev praksumine ehk vee kiire külmumine.
  + **Draakon** – pange termokasti väiksemaks murtud õhulised küpsised, riisikoogid või vahukommid ning valage vedel lämmastik peale. Külmutatud õhulisi küpsiseid, riisikooke või vahukomme süües kondenseerub suus olev veeaur ning me näeme väikeseid aurupahvakuid.
  + **Leidenfrosti efekt** – laske vabatahtlikul hoida kätt nurga all (st. mitte horisontaalselt) ning valage termosest natuke vedelat lämmastikku peale. Inimese käsi ei saa tänu Leidefrosti efektile kahjustada. Vedela lämmastiku piiskade alla tekib gaasipadi, mistõttu -196 kraadi ei puutu inimese nahaga ega maapinnaga kokku. Sama efekti võib täheldada ka näiteks kuuma panni/pliidi peal, kui sinna veepiiskasid tilgutada.
  + **Külmakahjustused –** demonstreerimaks, mis juhtub, kui käime talvel ilma kinnasteta või kui mägironija saab külmakahjustuse, valmistage viineriga täidetud kummikindast võltskäsi. Pange võltskäe näpud vedelasse lämmastikku veendudes, et teie enda käsi külmakahjustusi ei saa. Mõne aja pärast on viinerid sedavõrd külmunud, et neid saab haamriga kildudeks lüüa. Sama efekti põhjal võib näidata muude esemete klmutamisvõimet, sh. teha banaanist kasutatav haamer (ja suurepärane jäätis).
  + **Rabdeus** – pange vedela lämmastikuga termokasti tühjad õhupallid. Võtke need mõne aja pärast tangide abil välja ning 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 täis puhutud õhupalle. Eksperimendi käigus võib täheldada, et õhupalle mahub kasti hulga rohkem, kui neid tundus enne kasti panemist mahtuvat. Tehes demonstratsiooni tagurpidi, on võimalik näha, kuidas külmas hingeõhu kondenseerumise tõttu kokku tõmbunud õhupallid taas paisuma hakkavad, andes võimaluse tutvustada viisi, kuidas õhupalle pealt poolt täis puhuda.   
    Selleks, et demonstreerida nähtust, sh. õhupalli konsenseerunud vedelikku, lähemalt, pange vedela lämmastikuga täidetud termosesse katseklaas, millele on asetatud täispuhutud õhupall. Kümnekonna minuti möödumisel võib märgata, kuidas õhupall kokku tõmbub, jättes katseklaasi põhja vedeliku. Siinkohal tasub meelde tuletada, et meid ümbritsev õhk koosneb peaasjalikult lämmastikust. Hapnikku aga vedel lämmastik veeldada ei suuda.
  + **Veetorude lõhkemine** (NB! Plahvatusohtlik!) – täitke väike pudel ääreni veega ning asetage see vedelasse lämmastikku. Vesi võtab teatavasti külmudes rohkem ruumi kui vedelal kujul, mistõttu peaks pudel mõne aja möödudes lõhknema, 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 kaaliumpermagnaati ja glütserooli (süüteaeg ca 10-60 sek sõltuvalt glütserooli kvaliteedist). Eksperiment toob sisse mõiste eksotermiline reaktsioon.  
  Kuumakindlale alusele puistata 1-2 g kaaliumpermanganaati, lisada mõni tilk glütserooli.  
  14 KMnO4 + 4 CH2(OH)CH(OH)CH2(OH) → 7 K2CO3 + 7 Mn2O3 + 5 CO2 + 16 H2O
* **Termiit** (NB! Ohtlik, väga kõrge temperatuur!) – selleks, et demonstreerida nt. raudteetööstuses kasutatavat kõrgetemperatuurilist keevituslahendust, on võimalik läbi viia termiidi katse (õpetus ja ained toodud õppematerjalides), mille tulemusel tekib puhas raud:  
  Fe2O3 + Al → Al2O3 + Fe
* **Värvilised leegid** (NB! Kummikinnaste kasutamine kohustuslik!) – teadlased kasutavad muuseas kõrgeid temperatuure ainete analüüsimiseks. Lihtsaimal juhul aitab aineid tuvastada nende põletamine. Eksperiment aitab ka täiendada seletust, miks leek tekib ning millest tuleneb tema värvus. Metanool on siinkohal etem lahusti, kuna ei anna lisavärvust.
* **Pudelirakett/turbiinootor –** pange piiritust või värviliste leekide kütust (metanool/etanool + sool või boorhape) vähesel määral pudelisse, hoitke otsa kummikinda või rätiga kinni, ning 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. Tavalise (nt. 1,5L) pudeli puhul saab sellele eelnevalt liimida kõrre, panna nööri kõrrest läbi ning kinnitada nööri otsad teineteisest vähemalt kolme meetri kaugusele kinni. Nii tekib juhtsiin pudeliraketi jaoks. Süüdates olge ettevaatlikud, et keegi ei jääks pudeli suudme ette, kuna sealt võib välja lennata põlevat kütust. Niisamuti tuleb hoolikalt jälgida, et pudel oleks terve, kuna vastasel juhul võib pudel lõhkneda, eriti kui sinna hapnikku juurde lisada!
* **Tulemadu** (vt. õppematerjale) – efektses katses saab tahke aine põlemisel näiliselt suurem tahke aine, mis on põhjustatud eralduvast süsihappegaasist. Võta 3 lusikatäit tuhksuhkrut ja 1 lusikatäis söögisoodat keeduklaasi ning sega korralikult. Täida kuumakindel alus täita ühtlaselt liivaga, valada sellele metanooli või süütevedelikku, et liiv muutuks märjaks. Liiva keskele tõsta tuhksuhkru ja sooda segu. Süüta etanool. Aset leidvad reaktsioonid:  
  2 NaHCO3→ Na2CO3 + H2O + CO2 ja etanooli põlemine: C2H5OH + 3 O2 → 2CO2 + 3 H2O
* **Neljas olek (plasma) –** tihti teatakse, et ainetel on kolm peamist olekut, ent jäetakse välja neljas võimalus – plasma – mis sarnaneb [gaasiga](https://et.wikipedia.org/wiki/Gaas), kuid kus teatud hulk osakestest on [ioniseeritud](https://et.wikipedia.org/wiki/Ionisatsioon). Plasmat saab presenteerida plasmakeraga, ent on ka kodusemaid lahendusi, kuidas seda aine olekut visualiseerida. Võtke kasutusele mikrolaineahi, mida te ei kasuta edaspidi toidu soojendamiseks. Plasma tekitamiseks on vaja sinna panna kas pooleks lõigatud viinamari (töötab dipoolina) või hõõglamp.

**TÖÖVAHENDID**

Süstlad, vesi, võimalusel vaakumkamber koos pumbaga ja termomeeter, CO2 tulekustuti, kuivjää, pudeli toorik, vedel lämmastik, külmakast, termokindad, kaitseprillid, visiir, pudelid, õhupallid, katseklaasid, termos, grilltangid, õhulised küpsised/riisikoogid/vahukommid, viinerid, kummikindad, haamer, banaanid, naelad, puitklots, veekeetja, kuumakindel alus, lillepott, raud(III)oksiid, alumiiniumpulber, metanool, viitsütik: kaaliumpermagnaat 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? (EST): <https://sisu.ut.ee/soojus/temperatuur>
* Ise tehtud termomeeter (ENG): <https://youtu.be/IIflLvYIn3U> ja <https://youtu.be/qwHvXSJlp-s>
* Agregaatolek (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Agregaatolek>
* Aine olekute liikumismäng (EST): <http://www.miksike.ee/docs/elehed/2klass/5koogi/elutuba/2-5-6pae.htm>
* Aine olekute muutused (EST): <https://opik.kirsman.ee/pohikool/9klass/aine-olekud/>
* Keemine ja rõhk – põhjalik seletus (ENG): <https://youtu.be/Ag4lLUXKuSM>
* Vedela lämmastiku (ning kuivjää) käitlemise ohutusnõuded (ENG): <https://ehs.research.uiowa.edu/liquid-nitrogen-handling>
* Kuivjää – mis see on, kuidas kasutatakse ja kust saab? (EST): <http://www.aga.ee/et/products_ren/dry_ice/index.html>
* Põnevad kuivjää katsed (ENG): <https://youtu.be/aUEw88AV_H8> ja <https://youtu.be/QhTekm5NdiE>
* Vedel lämmastik (ENG): <https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_nitrogen>
* Vedel lämmastik, käsi ja Leidenfrosti efekt (ENG): <https://youtu.be/KRUN2vzVpa8> ja <https://youtu.be/6SNzDAPtvC0>
* Vedela lämmastiku katseid (ENG): <https://youtu.be/EOpyrt3mF38?list=PL2519752840E19531>
* Hetkeliselt külmuv vesi (ENG): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/instant-freeze-soda-ice/>
* Jää (või lumi) ja sool (ENG): <http://www.kissner.com/why-does-salt-melt-ice/>
* Viitsütik (otsi “aegsütik”) (EST): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>
* Värvilised leegid ja ainete tuvastamine (ENG): <https://en.wikipedia.org/wiki/Colored_fire>
* Värviliste leekide katse (ENG): <https://youtu.be/p2XIMKX3ktg>
* Mis on keemiline termiit ning kuidas seda teha? (ENG): <https://youtu.be/RXQnIgrXJd8> ja <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000724/the-thermite-reaction?cmpid=CMP00005969>
* Turbiin/pudelirakett (ENG): <https://youtu.be/98Vkl1YnNFs>, <https://youtu.be/V1TZTJUPMZw> ja <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000708/the-whoosh-bottle-demonstration?cmpid=CMP00005923>
* Tulemadu (ENG): <https://youtu.be/Hibxz9_ZW18>
* Plasma (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Plasma>
* Sissejuhatus plasmasse koos vaakumtoru õpetusega (ENG): <https://youtu.be/ZO5IZz9NgJA>
* Viinamarjad, mikrolaineahi ja plasma (ENG): <https://youtu.be/ITQZ2OrIBNk>
* Mikrolaineahi (sh. avatult) ja lambipirnid (ENG): <https://youtu.be/5ueqvlT6ZTo>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** temperatuur, agregaatolekud, aine olekud, sulamine, keemine, sublimeerumine, gallium, kuivjää, vedel lämmastik, jää ja sool, termiit, plasma

**ENG:** 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 külmaville 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 planeedil Maa elu. Teisalt on elus loodus vee omaduste suhtes väga tundlik: nii ei saa mageveekala elada ookeanis ega korall jahedas Norra fjordis. Veelgi enam, bioloogiline elu võib kaduda ka vaid ühekraadise keskmise veetemperatuuri muutuse tagajärjel, mille tagajärjel muutub ka vee liikumine veekogudes ning sellest tulenevalt toitainete transport.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Pindpinevus ja vesi** – kata veeklaas paberiga ning keera 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 pudelil on kork peale keeratud, takistab vee pindpinevus ja pudelis olev õhk veel välja voolamast. Keerates korgi pudeli pealt ära, tuleb õhku juurde ning väline õhurõhk surub vee pudeli aukudest välja.
* **Kapillaarefekt** – pindpinevus aitab taimedes kaasa vee ja seega ka toitainete liikumisele. Kapillaarsuse tõttu on vedeliku tase suuremas anumas (nt. vaasis) ja sellega ühendatud peenikeses torus (nt. lillevarres olevas kius) erinev. Kapillaarsuse abil saab läbi viia kromatograafiat, vee “rändamist” ühest anumast teise tänu rätikutele ning lillede värvimist (vt. õppematerjale).
* **Veekeeris** (vt. õppematerjele) – eksperiment näitab esiteks, kuidas kiiremini vett pudelist välja saada, ent teisalt demonstreerib see veekeeriste ohtlikkust.
* **Temperatuur, soolsus ja kihistumine** – veekogudes määrab vee ja sealhulgas toitainete ringluse vee temperatuur ning soolsus. Erinevate omadustega vee segunemiseks on mitmeid eksperimente (vt. õppematerjalid), millega annab seletada näiteks nii talviti sügavate veekogude põhja jäävat 4-kraadist vett kui ka globaalse soojenemise tagajärjel “mõrvarlikku” magevett, mis ookeani kaladele elamiseks ei sobi. Tehke eksperimentide käigus selgeks, mis on püknokliin, termokliin ning halokliin. Samuti arutlege selle üle, kus ühte või teist vee kihistumise olukorda võib leida ning kuidas see võib vees elutsevatele organismidele mõjuda.
* **Vee saastamine ja filtreerimine** – õpilastele antakse probleem-väljakutse, millele nad peavad nii teoreetiliselt kui ka praktiliselt lahendusi leidma.   
  Selleks esitletakse igapäevast saastevett, millesse lisatakse ühiselt komponenthaaval köögikeemiat, äravisatud (rasvaseid) toidujääke, vetsupaberit jm. saasteinet ning arutletakse, mida iga komponent veele võib põhjustada. Seletatakse, mis protsesse kasutatakse veepuhastusjaamades kraanivee puhastamiseks. Tuuakse paralleele suuremahuliste veesaastustega, prügi kogunemisega veekogude ääres ning õlileketega veekogudel. Näidatakse erinevaid insenertehnilisi lahendusi, millega probleemi lahendada proovitakse.  
  Väljakutseks võetakse ette tagasihoidlikumal ja ohutumal kujul saastunud vesi, mis sisaldab kohvi- või kakaopuru, äädikat, mulda või liiva, vetsupaberijääke, puuviljajääke, toiduõli, pipart, soola või suhkurt, karvasid või sulgesid, putru ja võid (segu saab teha vastavalt olemasolevatele vahenditele).

**TÖÖVAHENDID**

Klaasid, sääsevõrk, superliim, toiduvärvid, sool, saastunud veega anum (köögikeemia, kohvi- või kakaopuru, äädikas, muld või liiv, vetsupaber, puuviljad, toiduõli, pipar, sool/suhkur, karvad või suled, puder ja või), topsid ja lusikad, plastpudelid, kätepaber, sammal, kohvifiltrid, vatt ja/või käsnad, aktiivsüsi (söetabletid), nõudepesuvahend, sõelad või marli, liiv ja/või kruus, võimalusel pH lakmuspaberid, veekeedukann, käärid, teip

**ÕPPEMATERJALID**

* Kapillaarsus (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Kapillaarsus>
* Pindpinevus jm vee omadused (EST): <https://www.taskutark.ee/m/vedelike-omadused/>
* Pindpinevuse võrdlus (ENG): <https://youtu.be/6YGLfZG5lEQ>
* Pindpinevus ja vesi (ENG): <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/water-screen/> ja <https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/do-not-open-bottle/>
* Pindpinevuse teadusetendus (ENG): <https://youtu.be/Hm52rkh68JA>
* Kapillaarsus ja kromatograafia (ENG): <https://youtu.be/PvHvx7k7UPU>
* Kapillaarsus ja “liikuv vesi” (ENG): <https://youtu.be/C13VRQb-5Bc> ja <https://youtu.be/y9hprlmck44>
* Timmu teadusteater: vesi (al. vedel lämmastik) (EST): <https://youtu.be/Vwk6SkirFJE>
* Ookeani vee kihistumine. Soolvee ja magevee eksperiment (ENG): <https://youtu.be/TxdiU3LJlZ8>, <https://youtu.be/gx3yNjd7jE0>, <https://youtu.be/gocDE2ue04U> ja <https://youtu.be/czd20tdEDUE>
* Kuidas saavad ookeanikalad soolvett juua? (ENG): <https://youtu.be/gXr2y9_e8NA>
* Veekeeris (ENG): <https://youtu.be/CNHcOg8WdLQ>
* SPARK Makerlabi [inseneeria](http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc) näidisõppekava (otsi “Vee saastamine”) (EST): <http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2018/07/inseneeria_4_6_klass.doc>
* Saastunud vee puhastamise väljakutse (ENG): <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/water-filtration-challenge/>
* Müstilised ookeani faktid (ENG): <https://youtu.be/BzrlpgRVPQg>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** kapillaarsus, magevesi, soolvesi, püknokliin, termokliin, halokliin, vee puhastamine

**ENG:** water experiments, freshwater, salt water, brine water, pycnocline, thermocline, salinity, halocline, cleaning water, brinicle

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

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

Põhjalikumalt tutvutakse optiliste illusioonidega 3. kursuse inimest (bioloogiat) käsitlevas teemas, kus uuritakse valguse (ruumilist) tajumist inimese poolt.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Optilised illusioonid –** uurige erinevaid optilisi illusioone ning üritage aru saada, mis ühe või teise puhul segadust tekitab ning kuidas on need loodud.
* **Auditiivsed illusioonid** – uurige erinevaid auditiivseid ehk helilisi illusioone ning üritage aru saada, mis ühe või teise puhul segadust tekitab ning kuidas on need loodud.
* **Audiovisuaalsed illusioonid –** uurige kriitiliselt erinevaid audiovisuaalseid ehk videoillusioone ning üritage aru saada, mis ühe või teise puhul segadust tekitab ning kuidas on need loodud.
* **Illusioonide presenteerimine** – leidke võimalusi, kuidas eelpool uuritud illusioone teadusetendustes ära kasutada. Sealhulgas meisterdage vahendeid, mis aitavad illusioone presenteerida (vt. õpematerjalid).

**TÖÖVAHENDID**

Internet, optilised illusioonid, auditiivsed illusioonid, vajalikud vahendid optiliste illusioonide meisterdamiseks

**ÕPPEMATERJALID**

* Optilised illusioonid (ENG): <https://youtu.be/YuB81P7i1n4>, <https://youtu.be/VN_21BJpDd8>, <https://youtu.be/LcpliVYfEqk>
* Optilised illusioonid, mida meisterdada (ENG): <https://youtu.be/UiQQ3kLtyiM>, <https://youtu.be/KBsD32XWMcQ> ja <https://youtu.be/0fTPm_XNkFQ>
* Pildi mitmekordistamine selle ribadeks tegemise teel (ENG): <https://petapixel.com/2018/03/19/how-to-clone-a-photo-by-shredding-it/>
* Auditiivsed illusioonid (ENG): <https://youtu.be/kzo45hWXRWU>, <https://youtu.be/ZY6h3pKqYI0> ja <https://youtu.be/8Z01336nDlU>
* Videoefektide analüüs (ENG): <https://www.youtube.com/user/CaptainDisillusion>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** (optilised) illusioonid, Escher

**ENG:** audio-visual effects, DIY optical illusions, auditive illusions, effects debunked, Escher

### 8. Esinemine: mustkunst (4 tundi)

Teadusteatril ning mustkunsti etendusel on parajalt sarnasusi: esineja peab pidevalt juhtima ja hoidma publiku tähelepanu õigetel asjadel ning tegema seejärel ahhetama panevaid trikke/eksperimente. Antud teemas õpitakse lihtsaid mustkunsti trikke, et arendada üldist käelist osavust ning õppida publiku pilku suunama ja ettekande etappe ajastama.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Mustkunsti trikid –** otsige internetist huvipakkuvaid trikke ning laske igal noorel ära õppida vähemalt 5 trikki, mida nad peavad harjutama ning teineteisele ette kandma. Kui trikke on piisavalt õpitud, laske osalejatel klassi ees trikke ette kanda, salvestades iga esinemise videopilti pärastiseks analüüsiks.
* **Mustkunstnike analüüs** – vaadake internetis (või võimalusel päriselt) erinevaid professionaalseid mustkunstnikke ning üritage analüüsida, milliste trikkide või loodusnähtuste abil nad publiku haneks tõmbasid. Eriti hea varamu taolisteks mustkunsti trikkide 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 (ENG): <https://youtu.be/GZGY0wPAnus>,
* 20 lihtsat mustkunsti trikki (ENG): <https://youtu.be/VWw_1-gEdLA>
* Ja veel 15 lihtsat mustkunsti trikki (ENG): <https://youtu.be/Q--JYS89x8U>
* Puruks rebitud paberrätik (ENG): <https://youtu.be/9HfVwzBuckQ>
* Pen & Teller Fool Us: Jonathan Burns (ENG): <https://youtu.be/0E9QYW1w8rg>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** mustkunst, Eesti Mustkunstnike Liit, Jürgen Veber

**ENG:** (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 ning leida põnevaid ideid, mida võiks 3 kuni 10 minuti jooksul ette kanda. Noorte omaloomingust pannakse kokku üks või kaks terviklikku teadusetendust, sõltuvalt osalejate arvust. Tuletatakse meelde teadusetenduse loomise etappe, koostisosasid ning korduma kippuvate küsimuste kogumikku, millele tasuks enne igat teadusetendust algusest lõpuni üle käia.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Idee, kavand ja teostus** – selleks, et luua tõeliselt ainulaadne teadusteatri eksperiment ja esitlus, tuleb omajagu internetist informatsiooni otsida ning ideid omavahel sünteesida. Iga noor paneb kirja inspireerivaid ideid, mida ta leiab ning paneb märkmed juurde, mis talle ühe või teise puhul meeldis. Seejärel tuleb teha kavand, teisisõnu kokkuvõtlik visioon, mida tahetakse ette kanda, kuidas ning milliseid abivahendeid on selleks vaja. Kui kavand on tehtud ning juhendaja poolt heaks kiidetud, tuleb leida vastavad vahendid ning idee ellu viia, harjutades korduvalt nii nagu esimese teadusetenduse puhulgi. Lõpuks tuleb katse dokumenteerida, et seda oleks võimalik teine kord lihtsam teostada.  
  Ülesanne võib olla hulga produktiivsem ja lõbusam, kui seda mitme peale ellu viia ja dokumenteerida, ent sel juhul peab ettekanne olema sisukam ning läbimõeldum.
* **Teadusetendus –** kui leidub noori, kes on veendunud, et ei oska midagi ise välja mõelda, kes ei oska piisavalt infot leida või kes lihtsalt tahavad teistlaadi väljakutset, andke neile ülesandeks originaalsetest katsetest järjestikune teadusetendus kokku panna, mida ka seejärel kureerida. Nii nagu esimeselgi aastal, teadusetendus kantakse sobilikul üritusel ette ning ettekanne salvestatakse pärastiseks analüüsiks kõikide jaoks.

**TÖÖVAHENDID**

Mida iganes on noortel vaja!

**ÕPPEMATERJALID**

* Internet

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** teadusteater

**ENG:** science show ideas

## lll õppeaasta

### 1. Ohutus: pauk (6 tundi)

Teadusteater seostub paljudele inimestele ennekõike paugu ja tossuga, kuna nendega püütakse kõige laialdasemalt publiku tähelepanu. Selleks, et neid katseid ohututult teha ning nende teaduslikku sisu korrektsete faktide abil edasi anda, tuleb osalejatel ennast ohtlike plahvatuslike katsete läbiviimise metoodikaga 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 järgivad ohutusnõudeid!**

Sõltuvalt koolkonnast ning noorte käitumisest tuleks osalejad kurssi plahvatusohtlike eksperimentidega, sh. torusiili pommiga, kurssi viia. Kui osalejad ei saa autoriteetselt juhendajalt selle kohta võimalikult palju ja detailset ohutusinfot, võib mõni asjatundmatu noor iseseisvalt või sõpradega eksperimenteerides endale või teistele liiga teha. Sarnaseid pomme tehakse teadusteatrites väga tihti, sealhulgas kuiva jää ning vedela lämmastikuga, ent esitlusega edasi antav mõte, mida noortele tahetakse katsega edasi anda ning selle sisu kvaliteet sõltub juba etteastuja varasemast väljaõppest (nt. teadusteatri huviringist).

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Tuleohutus –** meenutatakse 1. kursusel õpitud tuleohutuse algtõdesid, mille raames räägitakse töökoha (asutuse) sisekorra eeskirjadest ja ohtustehnikast; 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 läbi praktiliste katsete, 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). Pannes veeanuma pika varda otsa, valage natuke vett põlevale õlile ning vaadake, mis juhtub. Väiksema üles sulatatud küünla puhul piisab ka veepritsiga põlevale parafiinile peale pritsimisest (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 tungib keev vesi katseklaasi ning paiskab kuuma parafiini katseklaasist välja.
* **Plahvatusohutus** – lisaks tuleohutusele räägitakse, mis on plahvatus ning kuidas plahvatusohtlikke olukordi vältida, inimeste ohutust tagada. Vaadatakse videosid rumalatest ohutusreegleid eiravatest olukordadest ning arutletakse, mida valesti tehti.
* **Arbuusipomm –** plahvatus on lihtsaima definitsiooni kohaselt rohke energia vabanemine märgatava rõhulainega väikese ajavahemiku jooksul. Pommi ehk plahvatus- või lõhkeseadeldise puhul koguneb plahvatuse eelne energia vastavas rõhukambris. Mida tugevam on kamber, seda rohkem energiat saab enne plahvatust koguneda ning seda tugevam on ka plahvatus. Selleks, et paremini aru saada pommi tugevuse ja rõhukambri seosest, saavad noored arbuusi kummipaelade abil õhku lasta. Selleks asetatakse ümber arbuusi kummipaelasid, kuniks nende poolt osutatav rõhk rebestab järsult arbuusi koore plahvatuslikul moel. Sarnasel meetodil võib proovida ka teiste analoogsete rõhukambrite vastupidavust. Tähelepanu tasub ennekõike pöörata kummipaelte poolt osutatavale rõhumisjõule, mis ka tavalise pommi puhul keemiliste reaktsioonide tulemusena tekib.
* **Jahu + leek –** nii nagu leekide puhul ei põle ka plahvatuse puhul mitte tahkised ja vedelikud, vaid tuleohtlikud aurud. Mõned ained vajavad aga süttimiseks ideaalselt kontsentratsiooni hapnikuga. Selle demonstreerimiseks üritage jahu põlema panna. Nähes, et see ebaõnnestub, pange natuke jahu lehtrisse, mis on ühendatud voolikuga. Puhudes 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 järeldusi jahu kontsentratsiooni ja tekkiva leegi kohta.  
  Katset on võimalik läbi viia ka väiksemal skaalal, 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 oma viitsütik, st. seadeldis või protsess, mis viivitab plahvatusreaktsiooni algusaega, et inimestel oleks aega eemale joosta. Nii leiavad ootamatud plahvatused ja nendega seotud õnnetused aset tihti aset valede kemikaalide kokkusegamises, mis jätavad pikaks ajaks petliku mulje, et midagi ei toimu, kuniks äkki inimeste silme all plahvatavad. Viitsütikuid ning nendega seotud kemikaalide osakaalude ja aja seoseid saab uurida järgevalt:
  + **Kaaliumpermagnaat ja glütserool** – juba 2. kursusel käsitletud üks levinuimaid keemilisi viitsütikuid, mida teadusteatris kasutatakse. Katsetage erinevate ainete osakaaludega, et aru saada, kas ja kuidas sõltub neist järsu eksotermilise reaktsiooni alguse aeg.
  + **Pidurivedelik ja kloor (välieksperiment!) –** segades need kaks ainet omavahel kokku, ei tundu pikka aega midagi toimuvat, kuigi aset leiab energiline keemiline reaktsioon, mis lahvatab ühel hetkel väga eksotermilise leegina. Katsetage ainete osakaaluga ning mõõtke, kuidas muutub sõltuvalt sellest ainete kokkusegamise ja leegi lahvatamise vaheline aeg.
  + **Torupomm (välieksperiment!)** (Valikuline, eriti ohtlik, vajab eelnevat ohutusteadaannet lähedal viibijatele!) – mis juhtub, kui ruum täitub liialt gaasiga ning osutatav rõhk suureneb ülemäära palju? Toru asemel kasutatakse tüüpiliselt 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 teha.
* **Õhk/Metaan/Vesinik** – mitte iga gaas pole võrdselt tuleohtlik ning sarnasel moel põlev. Täitke kolm õhupalli erineva gaasiga: hingeõhk, metaan ning vesinik. Süüdake erinevad õhupallid ning võrrelge reaktsioone omavahel.
* **Vesinikuküünal –** tehke metallpurgi põhja väike auk (läbimõõt u 10-15 mm), pange purk tagurpidi laua või tooli servale ning laske vabatahtlikul pöidlaga auku pealt kinni hoida. Täitke purk vesinikuga (meeldetuletus: vesinik on õhust kergem, mistõttu täidetakse purki tagurpidi!) kuulatades hoolikalt täitumisest tekkivat heli. Laske vabatahtlikul augu pealt sõrm ära võtta ning süüdake vesinikuküünal. Leek põleb rahulikult nii kaua kuni purgis olev vesiniku tase ülespoole liigub, hapnikuga seguneb ning tekib paukgaasi jaoks sobilik kontsentratsioon. Seejärel tekib väike plahvatus, mis lennutab purgi ülespoole.
* **Paukgaas –** lisades vesinikule hapnikku, ideaalis ruumala osakaalus 2:1 (H2O), saame paukgaasi segu, mis tekitab eriti intensiivse plahvatuse ning 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, statiivi käpp, gaasipõleti, ämber, arbuus, kummipaelad, jahu (ja/või sooda, pipar, kohv jms. pulbrid), lehter, voolik, sõel, kaaliumpermagnaat, glütserool, kuumakindel alus, kuumakindel anum, pidurivedelik, kloor, torusiil, foolium, plastpudel; võimalusel 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) (ENG): <https://youtu.be/Sw54dmQpSxA>
* Plahvatuste ja tule õppevideod (ENG): <https://www.youtube.com/channel/UCVovvq34gd0ps5cVYNZrc7A/videos>
* Plahvatav arbuus (ENG): <https://youtu.be/PK8dsAeMmPk>
* Jahu ja leek (ENG): <https://youtu.be/n-tD2bfj3Is>, <https://youtu.be/uWEp_4fHX4Y> ja <https://youtu.be/Aotmi5NTlD0>
* Õlileek ja vesi (ENG): <https://youtu.be/PbgdRR4yj8Y> ja <https://youtu.be/2HkSl5s-C5c>
* Parafiin katseklaasis ja vesi (ENG): <https://youtu.be/7j2vXqo8LGI> ja <https://youtu.be/3sZbB3Sa15s>
* Viitsütik (otsi “aegsütik”) (EST): <https://e-koolikott.ee/rest/uploadedFile/64/ETTFIII%2Bkogumik.pdf>
* Pidurivedelik ja kloor (ENG): <https://youtu.be/jY63x9rPLek>
* Kuidas teha torusiili pommi? (EST): <http://www.vahvel.net/showthread.php?83961-Kuidas-teha-torusiili-pommi>
* Kas torusiili pauk on ohutu? (EST): <https://www.youtube.com/watch?v=50gki0HahB8>
* Vesiniku ja hapniku pauk (ENG): <https://youtu.be/Ficsu-OnAKw>, <https://youtu.be/drrK3ETymwc> , <https://youtu.be/6gkblppESHA> ja <https://youtu.be/nLuOM9aOWvk>
* Vee tootmine paukgaasiga (ENG): <https://youtu.be/VmTZcNVzp7A>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** plahvatus, õli leek, jahu ja tuli, vesiniku pauk

**ENG:** explosion, watermelon and rubber bands, oil flame, flour flame, chlorine and braking 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, püänt ja lõpp. Ladusa sissepikitud faktidega loo loomine ja jutustamine on eduka ja paeluva teaduskommunikatsiooni aluskiviks. Õppides teaduslikke katseid ja fakte omavahel siduma, õpivad noored, mis on innustava ning informatiivse ettekande põhilised komponendid; kuidas koostada lühikest, aga meeldejäävat ettekannet; kuidas kuulajaskonna koosseisu põhjal oma kõnet koostada ning kuidas inimestega suhelda ning neile meelde jääda. Soovituslik on soojenduseks teha 1. kursuse improvisatsioonilisi jäämurdmise seltskonnamänge.

Teema eesmärgiks on kaotada olukorrad, kus teadusteatri esinejad räägivad ettekandes vaid sellest, mis faktiliselt aset leiab (“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 nähtused ladusalt jutustatud lugudega igapäevase elu konteksti, millega publik paremini samastuda saaks ning seega ettekanne meeldejäävamaks muutuks.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Loo jutustamise (bio)keemia** – vaadake õppematerjalides leiduvat videot ning tutvuge hormoonidega, mida erinevad lood või olukorrad võivad tekitada. Leidke iga hormooni jaoks veel näiteid igapäevast, 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 süžeel ja lool ning oskama kaardistada, kuidas lood ja nendes peituv vaatajatega emotsionaalne manipuleerimine on üles ehitatud. Teisisõnu leidke süžeeliselt sarnaseid teoseid ning analüüsige, kuidas need loo poolest erinevad (kui erinevad). Kirjutage välja faktid, mida arutletud lugudega üritatakse publikule edasi anda, looge loole loogiline struktuur.  
  Olles filmide ja raamatute lugude ülesehitusega kursis, vaadake lühemaid videoettekandeid professionaalsetelt ettekandjatelt ning võrrelge, kuidas nende ülesehitus lina- või kirjateostega sarnaneb või erineb. Leidke grupiviisiliselt, mis teeb ühest või teisest ettekandest paeluva loo ning mida tasuks enda jaoks neist kõrva taha panna.  
  Ülesande eesmärgiks on ühiselt avastada tüüpilisi süžeekäike ning üleminekuid, kuidas ühest teemast teise liigutakse, ent selle käigus ikkagi inimestele uusi fakte edasi antakse. Enne või pärast (sõltuvalt juhendaja soovist) tutvuge Vonneguti lookaartega. Edasijõudnutel on hea lõimida käesolev ülesanne kirjanduse tundidega.
* **Lühikesed loo(v)vestmise ja loovkirjutamise harjutused –** läbige mõned (improvisatsioonilised) loovkirjutamise ning loo vestmise harjutused. Teemad võivad varieeruda ning ei pea olema seotud teadusega, kuigi soovi korral võib teemasid ka suunata.
* **Üheksa põhilist süžeed teaduses** – tutvuge Christopher Bookeri poolt välja pakutud üheksa põhilise süžeega. Osalejad peavad looma ja kirjeldama ühte loodusnähtust või teadusuudist loosi alusel valitud süžeetüübi järgi loodud lühilooga. Korrake üritust võimalikult palju kordi erinevate nähtustega või uudistega, soovi korral vähendades süžeetüüpe selle järgi, mis osalejate arutelude põhjal kõige paremini tunduvad toimivat.
* **Üleminekud teadusetenduses –** võtke eelnevatest harjutustest saadud teadmised, oskused ja lood kokku. Looge ühiselt temaatiline teadusettekanne, kus üks lugu läheb sujuvalt teiseks üle, kandes sama teemat, ent seletades järjepidevalt uusi nähtusi/eksperimente. Võimalusel kaasake ka juba rekvisiite ning katsevahendeid, et eksperimente läbi viia.

**TÖÖVAHENDID**

Internet, paber, pliiatsid, pastakad, vajadusel rekvisiidid

**ÕPPEMATERJALID**

* Teaduskommunikatsioon ja loo jutustamine (ENG): <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 (ENG): <https://youtu.be/Nj-hdQMa3uA>
* Süžee vs lugu (ENG): <https://youtu.be/psb5fYkLXVg>
* Kurt Vonneguti loo jutustamise emotsionaalsuse kõverad (ENG): <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 (ENG): <https://thewritelife.com/5-fun-storytelling-exercises/> ja <https://adirajan.wordpress.com/2014/10/24/10-interactive-storytelling-activities/>
* “Iga lugu on sama” (ENG): <https://youtu.be/LuD2Aa0zFiA>
* Loojutustamise näidisanalüüs (ENG): <https://youtu.be/4U70RsDxwvg>
* Loovkirjutamise (ja loo vestmise) harjutused (ENG): <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 (ENG): <https://www.how-to-write-a-book-now.com/basic-plots.html>
* Loo jutustamise nõuandeid (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=xb1eMQ4K17Y&list=PLBiW8y5LSHK7EcXJXo4-eXxY3ibZMMNRP>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** teaduskommunikatsioon, loo jutustamine, loovkirjutamine, avalik esinemine

**ENG:** 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 ilmaasjata, et inimene õpib kogu elu ning areneb enda eksimustest õppust võttes. Eksimustest saadud tagasiside võib olla sealhulgas 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 osata lisaks andmisele ennekõike ka 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, mida teised teadlased argumentide toel tagasisidestavad. Seetõttu on tähtis, et noored õpiksid juba varakult kriitikaga tegelema, mitte ainult selle negatiivses vormis. Käesolev teema toetub tugevalt (teadus)filosoofeerimisele 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. Vastavalt noorte ettevalmistuse ja argumenteerimise tasemest võib piirduda lihtsate mõistetega või minna ka süvitsi. Sealhulgas on hea tuua paralleeli programmeerimisloogikaga ning arutleda, mille poolest erinevad arvuti ja inimeste loogika. Leidke seosed kriitilise analüüsi ja loogika vahel.
* **Loogika ülesanded** – läbige mitmeid loogika ülesandeid (näideteks vt. õppematerjale) ning harjutage grupiviisiliselt 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 erinevate loogiliste argumentide abil järeldamiste viisidega. Leidke arutelude toel mitmeid näiteid, mille abil ühte või teist järelduste tegemise meetodit kasutada. Noori tuleb julgustada kaalutud vastuargumente leidma, millega järeldusi ümber lükata. Nii teevad osalejad tutvust sokraatilise meetodiga, mida kasutasid juba antiikaja teadlased.
* **Pseudoteadus** – otsige vääraid teadusartikleid/-uudiseid ning uurige, kuidas teadlased võivad jõuda valede või lausa petlike tulemusteni. Siinkohal on hea õppida või meenutada matemaatilist statistikat, testgrupi valimi valimise aluseid, tõenäosusteooriat jne. Samuti tasub tutvuda Mandela efektiga (väärmälestused) ning valedega, mida suur osa inimkonnast vääralt tõeks peavad (vt. õppematerjale ja otsi märksõnadega näiteid juurde).
* **Konstruktiivne arvustus** –tooge näiteid konstruktiivsest ja destruktiivsest tagasisidest ning arutlege, miks üks on vajalik ning teine hävitav. Leidke internetist mõni toode või teenus, mis reklaamib end toimivat teaduslikult tõestatud alustel. Noorte eesmärgiks on kirjutada sellest tootest või teenusest üheleheküljeline arvustus, mis katab põhjalikult argumendid, miks toode/teenus töötab või ei tööta nii nagu reklaamitud. Esitlege arvustusi teiste ees ning jagage konstruktiivset kriitikat ka esitlejatele. Kas nad pöörasid tähelepanu õigetele küsimustele? Kas neil jäi midagi prioriteetset uurimata?

**TÖÖVAHENDID**

Pliiatsid, paberid, internet

**ÕPPEMATERJALID**

* Loogika algtõed (EST): <https://www.ttu.ee/public/m/mart-murdvee/Psuhholoogia_ja_loogika/5._loeng_-_Loogika.pdf>
* Induktsioon (arutlemine) (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Induktsioon>
* Abduktsioon (arutlemine) (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Abduktsioon>
* Induktsioon ja abduktsioon (ENG): <https://youtu.be/-wrCpLJ1XAw>
* Deduktsioon, induktsioon ja abduktsioon (ENG): <https://www.livescience.com/21569-deduction-vs-induction.html>
* Sokraatiline meetod (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Sokraatiline_meetod>
* Sissejuhatus kriitilisse mõtlemisse (ENG): <https://www.khanacademy.org/partner-content/wi-phi/wiphi-critical-thinking/wiphi-fundamentals/v/intro-to-critical-thinking>
* Loogika ülesanded (ENG): <https://www.youtube.com/user/MindYourDecisions>
* “Visa hing” ehk veeanumate loogikaülesanne (ENG): <https://youtu.be/0Oef3MHYEC0>
* Mandela efekt (ENG): <https://youtu.be/vB7Xv6gG5_0>
* Kas paljud avaldatud teaduslikud artiklid on väärad? (ENG): <https://youtu.be/42QuXLucH3Q>
* ÕPILASTE HINNANGUD TÜ TEADUSBUSSI TEADUSTEATRI FÜÜSIKAETENDUSELE NING FÜÜSIKA JA LOODUSTEADUSTE ÕPPIMISELE (EST): <http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31411/jaansalu_mari_liis.pdf>
* Valed, mida paljud usuvad (ENG): <https://youtu.be/h0GohGRRmD8>
* Näide toote kriitilisest analüüsist (ENG): <https://youtu.be/MCW5HUkrr-o>
* Kriitikaga tegelemine (ENG): <https://www.skillsyouneed.com/ips/dealing-with-criticism.html>
* Kuidas destruktiivsel ja konstruktiivsel kriitikal vahet teha? (ENG): <https://www.wikihow.com/Know-the-Difference-Between-Constructive-and-Non-Constructive-Criticism>
* Kuidas tagasisidet arenemiseks kasutada? (ENG): <https://youtu.be/FQNbaKkYk_Q>
* Tõe illusioon (ENG): <https://youtu.be/cebFWOlx848>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** loogika,deduktsioon, induktsioon, abduktsioon, sokraatiline meetod, kriitiline analüüs, loogikaülesanded, pseudoteadus

**ENG:** 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 erinevatel pindadel. Valgusega kui samaaegselt elektromagnetlaine ning osakestega (footonitega) tegelevat füüsikaharu tuntakse ka optikana. Käesolevas teemas tutvutakse valguse ning tema põhiliste omadustega erinevate eksperimentide läbi, mida saab esitleda nii teadusteatri etendustes kui ka töötubades.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Lainete kordamine** – tuletage meelde lainete omadusi (nt. lainemudeli abil) ja neid kirjeldavaid suurusi (lainepikkus, sagedus, kiirus jne). Tooge võrdlusi heliteaduse ehk akustika ja valgusteaduse ehk optika vahel.
* **Valguse peegeldumine, murdumine ja neeldumine** – leidke (grupuviisiliselt) vastused, seletused ja teadusteatrile sobilikud näidiskatsed järgmistele küsimustele (vt. ka õppematerjale) ning kandke need teistele ette, võimalusel koos eksperimendiga:
  + “Mis on ja millest koosneb valgus?”
  + “Kuidas tekivad värvid?” – seda on ideaalne katsetada akendeta või kaetud akendega ruumis, kus on ka RGB valgusriba, mille värve saab muuta. Võib tähele panna, kuidas erinevat värvi valgustega muutuvad ka ümbritsevate objektide näivad värvused.
  + “Millised erinevused on värvide ja erinevat värvi valguste kokkusegamisel?”
  + “Miks me ei näe päeval akendest 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 olles?”
  + “Kuidas objekte murdumisnäitaja abil ära kaotada?”
  + “Miks on taevas sinine ja pilved valged? – ülipopulaarne optika-alane küsimus, mis toetub Mie ja Rayleigh’ hajumise kirjeldamisele.
  + “Miks kasutavad politsei- ja kiirabiautod punast ja sinist valgust?”
  + “Kas laserkiirt on võimalik painutada?”
  + “Kas on võimalik näpuga valgust painutada?”
  + “Kuidas töötavad fiiberoptilised kaablid?”
* **Vikerkaar ja dispersioon** – uurige, kuidas tekivad vikerkaared nii õues vihmasel ajal, kui päike paistab ning toas, kui vaadata CD-d. Leidke võimalusi vikerkaare loomiseks.
* **Valguse paindumine, difraktsioon ja spektroskoopia** – õppige, kuidas valguse erinevaid värve kasutatakse ainete tuvastamisel, meisterdades ise spektroskoobi või lausa spektrograafi (vt. õppematerjale). Võite ühendada spektroskoobi “okulaari” (vaataja poolse otsa) kaameraga, teha mõned pildid ning analüüsida saadud spektreid sobilikus tarkvaras. Uurige loodud spektrograafiga erinevaid valgusallikaid ning tuvastage, mis ainetega tegu. Hea võimalus näidata, kuidas füüsika, keemia ja materjaliteadus on väga tihedalt seotud.
* **Polarisatsioon** – tutvuge, mida tähendab polariseeritud valgus ning milliseid eksperimente saab seda teades ellu viia (vt. õppematerjale). Selleks, et polarisatsiooni kui nähtust seletada võimalikult paljude inimestega, laske ca 6 kuni 10 vabatahtlikul mängida päikeseprillide osa (osalejad ühes reas) ning teisel sama suurel grupil teatud sihis võnkuvate üksikute valgusosakeste osa. Footonid liiguvad päikeseprillide 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 polarisaatori “müürist” läbi viia.
* **Stroboskoopia (NB! Mitte soovitatav, kui grupis või publiku seas on epileptikuid)**  – stroboskoope kui kõrgsageduslikke sisse-välja lülituvaid valgusallikaid kasutatakse ennekõike pöörlevate objektide pöörlemissageduse mõõtmiseks, ent selle seadme abil on võimalik ka ilmestada, kuidas filmid koosnevad üksikutest kaadritest. Kasutades täiesti pimedas ruumis stroboskoopi, jäävad mõned “kaadrid” elust justkui ära ning nähtavad on vaid need hetked, kui valgusallikas ümbritsevaid objekte valgustab. Laske osalejatel plaksutada kindlas taktis ning muutke stroboskoobi sagedust, kuni ühel hetkel tunduvad plaksutavad käed paigal seisvat. Stroboskoopia eksperimente võib leida õppematerjalidest või märksõnadega otsides.
* **Geomeetriline optika ning lühi- ja kaugnägelikkus** – valgusteadus on oma lihtsaimal tasandil valguskiirte liikumise analüüsimine. Uurige, kuidas töötavad erinevad optilised seadmed (vt. õppematerjale) ning võimalusel ehitage ise teleskoop ja/või mikroskoop. Niisamuti saate uurida, mis põhimõttel töötavad prillid.
* **Fotograafia** (*camera obscura* ja *pinhole camera*) **–** looge aknaga ruumist üleni pime ruum kattes akna(d) papiga. Veenduge, et mitte ühestki praost ei immitse valgust läbi. Tehke papi sisse väike (ca 3 kuni 10 cm läbimõõduga) ava ning laske silmadel sissetuleva valgusega harjuda. Mõne aja pärast avastate, et viibite fotokaamera sees **–** tegu on klassikalise camera obscuraga ehk pimekambriga, mille seinas olev väike ava annab ava vastasseinal ümberpööratud kujutise ava ees olevatest valgustatud esemetest või maastikust. Kui teil on aega üle, saate sarnasel moel ehitada pisikesed *camera obscura* karbid (vt. materjale).
* **Valikuline: laserid (NB! Silmadele ohtlik!)** **–** laserid on võimsad valgusallikad, mida kasutatakse teaduses väga laialdaselt selle omaduste pärast (footonite koherentsus, valguse monokromaatilisus jne). Uurige, milliseid eksperimente saab laseritega (sh. võimsamate versioonidega) korraldada ning viige neid katseid läbi, kui teil on laser olemas. Samas pöörake väga suurt tähelepanu ohutusele!

**TÖÖVAHENDID**

Lainemudel (loodud akustika teemas), peegel, RGB valgusribad koos juhtimispuldi 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 päikeseprillid, võimalusel grafoprojektor, läbipaistvast plastmassist esemed, stroboskoop (või nutitelefon vastava rakendusega), papp(kast), käärid, teip, küpsetuspaber

**ÕPPEMATERJALID**

* Sissejuhatus valguslainetesse (ENG): <https://youtu.be/CIWEJEYD-bg>, <https://youtu.be/rLNM8zI4Q_M>, <https://youtu.be/jjy-eqWM38g> ja <https://youtu.be/IRBfpBPELmE>
* Miks on märjad riided tumedamad? (ENG): <https://youtu.be/wRsprwNpSbE>
* Absoluutselt must keha (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Absoluutselt_must_keha>
* Miks on taevas sinine? (ENG ja EST): <https://youtu.be/Asyzw3gMfb0> ja <http://users.kmg.tartu.ee/~aare/taevas/sinitaevas.htm>
* Mis värvi on Päike ja päikeseloojang? (EST ja ENG): <https://heureka.postimees.ee/3847359/puust-ja-punaseks-video-mis-varvi-on-paike>
* Must küünlaleek (ENG): <https://youtu.be/5ZNNDA2WUSU>
* Näpuga valguse painutamine (ENG): <https://youtu.be/Eouvsy8JdLU>
* Kuu suurust muutev optiline illusioon (ENG): <https://youtu.be/5ZA5lql9JUw>
* Murdumisnäitaja ning kaduvad objektid (ENG): <https://youtu.be/exhHtH3HOvI> ja <https://www.exploratorium.edu/snacks/disappearing-glass-rods>
* Laserkiire painutamine ja fiiberoptilised kaablid (ENG): <https://youtu.be/0MwMkBET_5I>
* Sissejuhatus geomeetrilisse optikasse (ENG): <https://youtu.be/Oh4m8Ees-3Q>
* Vikerkaar ja selle loomine (ENG): <https://youtu.be/5pYnC-ONdXQ>, <https://youtu.be/Cm9ZkYTnCNE>, <https://youtu.be/sp81xT7_bQY>, <https://youtu.be/GI50MSQGHXw>
* Teeme ise spektroskoobi/spektrograafi (ENG ja EST): <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 (EST ja ENG): <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/9799#/section/9799>, <https://opik.fyysika.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 (ENG): <https://youtu.be/eSJt0Bfncqw>
* Stroboskoopia eksperimendid (ENG): <https://youtu.be/muucS5fwtvU> <https://youtu.be/XuZuNwRnBFQ>
* Valge laser - õpetlik väga mitmel moel (ENG): <https://youtu.be/yy-vAc6hPig>
* Sissejuhatus optilistesse seadmetesse (ENG): <https://youtu.be/SddBPTcmqOk>
* Camera obscura ruum (ENG): <https://youtu.be/yvWX6-0_VHU>, <https://youtu.be/qIp9kItDUh8> ja <https://petapixel.com/2014/05/12/diy-tutorial-convert-room-camera-obscura/>
* Teeme ise väikese camera obscura (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=RYvl6t0N94E>
* Mis on laser? (ENG): <https://youtu.be/_JOchLyNO_w>
* Eksperimente laseritega (ENG): <https://youtu.be/C-V1uXeyGmg>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** optika,valguse peegeldumine, valguse neeldumine, valguse murdumine, dispersioon, difraktsioon, Mie hajumine, Rayleigh’ hajumine, spektroskoop, spektrograaf, stroboskoop, polarisatsioon, camera obscura

**ENG:** 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 vähemalt seda sõna näiteks reklaamides kuulnud. Mida see tähis tegelikult tähendab? Kuidas saame oma igapäevaelus teadmisi keskkonna pH-st ja selle muutustest ära kasutada? Mis on happed, alused ja milliseid eksperimente nendega teha saab?

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Sissejuhatus –** käesolev teema käsitleb edasijõudnute teemasid nagu happed, alused, pH jne. Seetõttu tuleb olla eriti hoolas, et kõik noored saaksid ühte moodi mõistetest ja definitsioonidest aru.
* **Indikaator –** indikaatorlahused on ained, mis aitavad määrata keskkonna pH-d. Kõige lihtsama ja efektseima loodusliku indikaatorlahuse saab luua punasest kapsast. Kui olete indikaatorlahuse valmistanud, andke grupikaupa jaotatud osalejatele mitu identsent topsi, milles igaühes on erinev läbipaistev aine (**juua ei tohi!**). Nendeks võivad olla näiteks vihmavesi, sidrunhape, torusiil, vedela seebiga segatud vesi jne. Noorte eesmärgiks on ilma indikaatorita panna lahused ritta kasvava pH järgi ning hinnata pH väärtust. Seejärel saavad nad kasutada indikaatorlahust ning jälgida, kas hinnang läks täppi.
* **Raputatavad pudelid** – seda klassikalist eksperimenti kasutatakse keemiliste reaktsioonide kiiruse demonstreerimiseks. Olles õppematerjalides toodud retseptide kohaselt endale erinevaid raputatavate pudelite versioone loonud, laske vabatahtlikel pudeleid raputada ning jälgige lahuste värvuste muutust. Raputamisega muutub vedelikus lahustunud hapniku osakaal, millest sõltub ka reaktsiooni saadus ning sellest tulenevalt ka lahuse värvus. Kuna reaktsioon on mõlemasuunaline, saavutab lahus pärast rahule jätmist oma esialgse värvuse. Täpsema reaktsioonimehhanismi kohta võib lugeda õppematerjalidest.
* **Suhkrusöe sammas** **(NB! Ohtlik! Tuleb teostada tõmbekapis või õues!)** – segades omavahel kokku suhkrut ja kontsentreeritud väävelhapet, hakkab suhkur aja möödudes söestuma. Tekib must söemass, mis paisub, kuna eraldub gaas (SO2) ning tekib ka veeaur. See on põhjustatud kontsentreeritud väävelhappe võimest käituda oksüdeerijana.
* **Happed, alused ja soolad muudes eksperimentides** – soolad on on [keemilised ained](https://et.wikipedia.org/wiki/Keemiline_aine), mis koosnevad [metalli](https://et.wikipedia.org/wiki/Metall) [katioonidest](https://et.wikipedia.org/wiki/Katioon) (näiteks Ca2+ või Na+) ja happe[anioonidest](https://et.wikipedia.org/wiki/Anioon) ehk happejäägist (näiteks SO42- või Cl-). tutvuge põhjalikult eestikeelse e-õpiku peatükiga “Kuidas käituvad keemilised elemendid igapäevaelus?“ ning leidke sealt eksperimente, mis on seotud hapete, aluste ja sooladega. Kui need otsa saavad, suunake noori otsima internetiavarustest ja võimalusel muudestki kohtadest lisakatseid. Nii annate osalejatele julgust ise uurida, katsetada (erinevad kontsentratsioonid, kogused), eksida, õnnestuda ja järeldusi teha. Eriti on taoline suunamine vajalik pidades silmas iseseisvat teadusetenduse koostamist kursuse lõpus.

**TÖÖVAHENDID**

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

**ÕPPEMATERJALID**

* Mis on analüütiline keemia? (ENG): <https://youtu.be/z0Dvz6zTKKk>
* pH väärtus (EST ja ENG): <https://et.wikipedia.org/wiki/Vesinikeksponent>, <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/2674> ja <https://en.wikipedia.org/wiki/PH>
* Looduslik indikaator (EST): <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 (ENG): <https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_bottle_experiment>, <https://eic.rsc.org/exhibition-chemistry/beyond-the-blue-bottle/2000041.article>
* Suhkrusöe sammas (ENG): <https://www.quirkyscience.com/sulfuric-acid-turns-sugar-black/> ja <https://youtu.be/xK4z_YhtTBM>
* Eksperimendid keedusoolaga(NaCl) (ENG): <https://youtu.be/lzKojoa6I34>
* Soolakristallide kasvatamine (ENG): <https://youtu.be/71bvKydh5gk>
* Joodikell (ENG): <https://youtu.be/0PoqIyh9FG4> ja [https://youtu.be/uLp0NhNszQU?t=225](https://youtu.be/uLp0NhNszQU?t=229)
* Tantsivad sinised leegid (ENG): <https://youtu.be/NwWqWrunNoY>
* Nähtamatud tindid (ENG): <https://youtu.be/9G7vYtKOu4A>
* Võltsvere eksperiment (ENG): <https://youtu.be/scN6_LItWqo>
* Kuidas käituvad keemilised elemendid igapäevaelus? (EST): <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/8741#/section/9641>
* Keemia õppevideod (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=FSyAehMdpyI&list=PL8dPuuaLjXtPHzzYuWy6fYEaX9mQQ8oGr>
* Edasijõudnute keemia katsed (ENG): <https://www.youtube.com/user/TheRedNile/videos> ja <https://www.youtube.com/user/NurdRage/videos>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** vesinikeksponent, pH väärtus, indikaator, happed, alused, soolad, katsed happega/alusega/leelisega/soolaga

**ENG:** pH, acid, base, alkali, indicator, blue bottle experiment, salts, experiments with acid/base/alkali/salts

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

Üks põnevamaid ja põhjalikumalt uuritumaid bioloogilisi olendeid inimeste jaoks on kindlasti inimene. Käesolevas teemas uuritakse vaid üksikuid inimese bioloogilisi funktsioone, mis on samas omased ka teistele olenditele, ennekõike imetajatele.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Binokulaarsus, stereoskoopia ja petlik nägemine –** inimesed nagu ka teised binokulaarsed olendid vajavad ruumis orienteerumiseks kahte silma. Järgnevad eksperimendid (lisaks soovi korral värvipimeduse test) aitavad ilmestada, kuidas inimese silmad võivad olla petlikud ning seetõttu kasutatakse teaduses lisaks teiste inimeste tähelepanekutele ka masinaid, mis näevad andmeid objektiivsemalt.
  + Laske vabatahtlikel hoida ühte silma enne järgnevat eksperimenti kinni (seda võib lihtsustada salli sidumine või käelaba silma peal hoidmine). Pange osaleja ette erinevatele kaugustele viis topsi: kohvipuru, suhkur, tass, vesi ja koor. Laske vabatahtlikul vaba käe ning lusika abil üks tass kohvi valmistada. Tuleb välja, et see on normaalse nägemisega inimesele väga keeruline ülesanne.
  + Inimese silmasid annab aga teistelgi viisidel petta, valmistades ise selle demonstreerimiseks 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 silmade vahelist kaugust. Igaüks neist tekitab ajule paraja segaduse ning muudab meie ruumitaju.
  + Otsige stereopilte, mida saab näha vaid silmi kõõritades või justkui pildist läbi vaadates. Õppige, kuidas neid pilte vaadata (tekitab kindlasti paljudele frustratsiooni, kuna pole lihtne ülesanne, ent ärge laske neil alla anda).
* **Lima/tatt** – valmistage õppematerjalides toodud retsepti alusel päris oma lima/tatt, mille abil esitleda ninas tekkiva tati või limaskestadel paikneva lima vajalikkust kaitseprotsessides. Saab demonstreerida, kuidas väikesed osakesed sellesse kinni jäävad. Samuti võib rääkida, kas on mõistlik oma tatikolle süüa või mitte.
* **Raskvakiht** – kuigi meedia võib kallutada meid selles suunas, et peaksime enda keha rasvasisaldust peaaegu nullini vähendama, on rasv meie keha jaoks hädavajalik osa. See pakub pehmendust, toitainete varusid ning kaitset külma eest. Eriti palju rasva on varutud arktilistes vetes elavatel loomadel, nt. merilõvidel. Rasva tähtsuse testimiseks valmistage ette jääkuubikutega veeanum ning laske vabatahtlikel käsi sisse panna. Selleks, et kätel poleks niivõrd külm, pange kilekotti searasva ning vabatahtlikule kummikinnas kätte. Vabatahtlik paneb käe searasvaga kotti ning seejärel selle omakorda jääkülma veekaussi. Rasv takistab külma levikut ning käsi jääb soojaks. Käesoleva katse töötas välja Tartu Loodusmuuseumi loodushariduse spetsialist Elen Kontkar.
* **Kopsumudel** – meisterdage kopsumudel (vt. õppematerjale), mis aitab selgitada kopsude füüsilist toimimispõhimõtet. Kui teie seas pole liialt nõrganärvilisi ning teil on ligipääs sea kopsudele, võite uurida ka ehtsaid kopse ning neid vooliku abil täis puhuda.
* **Seedimine** – läbige analoogide põhjal inimese seedimise teekond suust kuni lõpuni. Arutlege, mis igas protsessis aset leiab ning mis inimesega juhtuks, kui toimiksime teisiti.
* **Ensüümid** – need keerulised molekulid moodustavad seedimises ning 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, aktiivsem reaktsioon). Proovige katset korrata ka muude ainetega, pannes tähele, kas reaktsioon on tormilisem või vähemmärgatav. Täpsemateks detailideks vt. õppematerjale.
* **Veri ja hemofiilia** – imiteerige väikest haava. Täitke kast õhupallidega (erinevad vere osakesed) ning puhuge lehepuhuriga mööda kasti ülemist ava: õhupallid lendavad laiali. Täitke kast uuesti õhupallidega, kuid seekord visake nende peale kerge võrk. Puhudes lehepuhuriga mööda kasti ava, ei lenda enam õhupallid laiali. Katse iseloomustab
* **Inimene kui bioloogiline olend** – laske osalejatel leida gruppides veel erinevaid eksperimente, millega iseloomustada inimese füüsilisi, bioloogilisi ja/või keemilisi toimimisviise (nt. DNA mudel või eraldamine, toiduainete energiasisaldus, lihaste kokkutõmbed, silmaläätsede toimimine, keemilised reaktsioonid luudega jne). Võimalusel kandke eksperimendid teistele ette.

**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 test (ENG): <https://enchroma.com/pages/test>
* Stereomaailm (EST) - hoiatus! Olenemata väga põhjalikust kirjeldusest sisaldab ka ebatsensuureseid pilte: <http://web.zone.ee/svenmees/stereo.html>
* Tarvo Metspalu “Valgustuba” ehk Kuidas vaadata stereopilte? (EST) - sõbralik versioon: <https://www.dropbox.com/s/2565rfuo8rau1fm/Valgustuba.pdf?dl=0>
* Lihtne stereonägemise eksperiment (ENG): [https://youtu.be/pvFYzGfVM58](https://youtu.be/pvFYzGfVM58?list=PLivjPDlt6ApQhuYe9r7EVeWMGXJWAZsNw)
* Pseudoskoop (ENG): <http://pseudoscope.blogspot.com/>
* Hüperskoop (ENG): <https://www.grand-illusions.com/hyperscope-kit-c2x21140209>
* Miks on lima ja miks on see limaskestadel vajalik (ENG): <https://youtu.be/WW4skW6gucU>
* Tati valmistamise retsept (ENG): <https://littlebinsforlittlehands.com/fake-snot-edible-gelatin-slime-science-activity/>
* Hingamine (EST ja ENG): <https://et.wikipedia.org/wiki/Hingamine>, <https://youtu.be/bHZsvBdUC2I> ja <https://youtu.be/Cqt4LjHnMEA>
* Kopsumudel (ENG): <https://youtu.be/6oMFAMqSlq4> ja <https://youtu.be/-15OgnJp_tU>
* Sea kopsu täispuhumine (SWE) - MITTE NÕRGANÄRVILISTELE: <https://youtu.be/cEG1SxTQjgo>
* “Sa oled see, mida sööd” (ENG): <https://youtu.be/H8WJ2KENlK0?list=PL3EED4C1D684D3ADF>
* Rasva ajalugu ja miks me seda ei salli (ENG): <https://youtu.be/Vinqph-g5QI>
* Metabolism ja toitumine (ENG): <https://youtu.be/fR3NxCR9z2U> ja <https://youtu.be/kb146Y1igTQ>
* Ensüümid (EST, ENG): <http://tervisliktoitumine.ee/seedeensuumid-tagavad-toitainete-imendumise/>, <https://www.looduspere.ee/kasulik_teada/mis-on-ensuumid-ja-miks-me-neid-vajame/>, <https://youtu.be/XTUm-75-PL4> ja <https://youtu.be/ok9esggzN18>
* Kartulid, maks, vesinikperoksiid ja ensüümid (ENG): <https://youtu.be/_Lk9BD0z9zI>, <https://youtu.be/AtvQjotxtE4> ja <https://youtu.be/Ya3k0Qd5N1Q>
* “Kas geenid teevad sind paksuks?” (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=pOJYTMe_bp4>
* Seedesüsteemi demonstratsioon (ENG): <https://youtu.be/W0m802bw1fw>, <https://youtu.be/zoBLC_tn3f0>, <https://youtu.be/7av19YhNkhE> ja <https://youtu.be/0gY-zXsUYgs>
* Mis on veri? (EST): <https://elundkonnad.weebly.com/veri.html>
* Kuidas veri hüübib? (EST): <http://tromboos.ee/?page_id=41>
* Hemofiilia ehk veritsustõbi (ENG): <https://youtu.be/Tn8zQgb38kQ?t=475>
* Inimese evolutsioon (ENG ja EST): <https://youtu.be/dGiQaabX3_o>, <https://youtu.be/py9JRkbFsWA>, ja <https://kodu.ut.ee/~triinm/bioloogia/inimese_evolutsioon.html>
* Inimeste päritolu dokumentaal (ENG): <https://youtu.be/uO_mFuNpy8c>
* Anatoomia ja psühholoogia õppevideod (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=uBGl2BujkPQ&list=PL8dPuuaLjXtOAKed_MxxWBNaPno5h3Zs8>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** binokulaarne nägemine, värvipimedus, anatoomia, evolutsioon, metabolism, seedimine, ensüümid, vere hüübimine, hemofiilia, aneemia, anatoomia, DNA mudel, DNA eraldamine

**ENG:** 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 läbi viidud mitmeid psühholoogilisi ja sotsioloogilisi inimkatseid, mis on avanud meie arusaama, kuidas me olukordadele reageerimine ning otsuseid vastu võtame. Kui suur osa inimkatsetest on olnud süütud, on nende seas ka siiski selliseid juhuseid, mida tänapäeva eetikakomisjonid koheselt ära keelaksid. Käesolevas teemas tutvutakse mitme ajalooliselt tähendusliku psühholoogia inimkatsetega ning korratakse neid, kui eetika lubab. Eesmärgiks on muuta osalejaid ja publik skeptiliseks enda arvamuste ja otsuste suhtes, mis on teadusliku mõtteviisi aluseks.

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Sotsiaalne hõbustamise** (19./20. saj vahetus) – mitme eksperimendi tulemusel sai kinnitust, et vahetu konkurents soodustab sooritust (Triplett, 1898); inimesed pingutavad rohkem, kui teavad end osalevat uudses või erakordses tegevuses (Hawthorne’i efekt); teiste juuresolek soodustab sooritust hästi kätteõpitud tegevuses, kuid halvendab väheste oskuste korral ning rohkem vigu, sest inimene on tugeva tungi seisundis (publiku efektid).   
  Leidke grupiviisiliselt väljakutse (olles mitte eelnevalt psühholoogilisest taustast teadlik), milles saab võistelda iseendaga, pealtvaatajaga, konkurentidega ning publikuga. Pange paika, mida mõõdetakse ning korraldage korralik teaduslik eksperiment, varieerides inimeste kohalolu, konkurentsitingimusi jne. Täpsem lisainfo õppematerjalidest.
  + **Köievedu** – 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 las samad vabatahtlikud tõmbavad köit ka silmad lahti, nii üksi kui ka mitmekesi. Pange saadud rakendatud jõud kirja ning tehke omad järeldused.
  + **Positiivsuse jõud** – siduge vabatahtliku silmad ning laske tal pimesi paberpalle prügikasti visata. Hõigake positiivselt nagu ta oleks igaühe sisse saanud ning jälgige, kui hästi ta neid silmad lahti sisse viskab. Korrake katset inimesega, kellelele pakkuge vastupidiselt häälestatud publiku tagasisidet. Tehke võrdlused ja järeldused.
* **Pavlovi konditsioneerimine** (1900ndate algus)– Vene [füsioloog](https://et.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCsioloog) [Ivan Pavlov](https://et.wikipedia.org/wiki/Ivan_Pavlov) uuris koerte seedimise füsioloogiat, mõõtes koerte süljeeritust. Koerkatsetuste seerias märkas ta, et loomadel algab süljeeritus juba enne toidunõu etteandmist, piisas sellest, kui katseruumi astus talitaja toiduga. Seejärel hakkas Pavlov nähtut eksperimentaalselt testima, esitades koertele neutraalset stiimulit (helihargi heli) koos toiduga, pärast mõnda kordust hakkasid koerad sülge eritama ainult helihargi heli peale, ilma toitu saamata, helihargi helist oli saanud tingitud stiimul, kutsudes esile tingitud vastust. Pavlov järeldas, et kui toidu andmise hetkel on koera läheduses teatud stiimul, hakkab koer stiimulit toiduga seostama ning stiimul üksi võib hakata süljeritust esile kutsuma. Avastatud seaduspärasust hakati nimetama klassikaliseks tingimiseks. Seda peetakse tänapäeval üheks õppimise põhiprotsessiks.  
  Selleks, et Pavlovi katset ise inimeste läbi viia ja tõestada inimeste konformsust (inimene allub grupi survele ja loobub oma tõekspidamitest, püüab elada, mõelda ja toimida nii, nagu kõik), kutsuge ette vähemalt 6 vabatahtlikku. Jagage neile salajased juhised (nt. pabertükil), mida osalejad järgima peavad. Kõik juhised peale ühe ütlevad, et tõuse püsti, kui tilistatakse kellukest ning istu maha, kui kella uuesti tilistatakse. Vaid üks leht ütleb, et oota, kuni sinu nime mainitakse vms. Katset võib varieerida jagatava juhiste osakaalu muutmisega.
* **Aschi konformsus** (1950ndad)– eksperimendid näitasid, milline jõud oli konformsusel (mugandumisel) väikestes gruppides, kus inimesed pidid hindama joonte pikkust (ülesanne oli tehtud ülilihtsaks). Rohkem kui kolmandikus katsetes mugandusid katsealused enamusega, isegi kui nende hinnang oli ilmselgelt vale. 75% katsealustest mugandusid vähemalt ühel korral kogu eksperimendi jooksul.   
  Selleks, et katset ise läbi viia, looge mitu (5 kuni 10) slaidi või plakatit, mille ühes ääres on kriips ning paremas ääres kolm erineva pikkusega nummerdatud kriipsu, millest üks on teisel pool oleva joonega sama pikk. Kutsuge ette vähemalt 6 vabatahtlikku, kes peavad hakkama ükshaaval valjult välja ütlema, milline kolmest joonest on teises ääres oleva joonega sama pikk. Osalejatele jagatakse salajased juhised (nt. pabertükil), 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 eksperimentaatori poolt antud ülesannet. Katset võib varieerida jagatava juhiste osakaalu muutmisega.
* **Milgrami šokiteraapia** (1961)– eksperiment on üks kurikuulsamaid katseid sotsiaalpsühholoogia ajaloos. Eesmärgiks oli teada saada, kui kaugele on inimesed valmis minema, täites [autoriteedi](https://et.wikipedia.org/wiki/Autoriteet) korraldusi. Pärast II maailmasõja sündmusi ja [holokausti](https://et.wikipedia.org/wiki/Holokaust) näitas eksperiment, et ka normaalsed Ameerika kodanikud ilmutavad kuulekust, vaatamata sellele, et uskusid end põhjustavat kannatusi süütutele inimestele.  
  Selleks, et eksperimenti korrata ja tõestada autoriteedi järgimist, ent mitte inimestele näiliselt liiga teha, korraldage alkeemia katse, milles on vabatahtlikul oma osa. Vastavalt võimalustele annab katse sisu varieerida. Näiteks peab vabatahtlik korraldama elektrolüüsi, et saada vasest kulda, ent kuna eksperiment ei õnnestu, palun esitleja vabatahtlikul elektripinget tõsta, kuna sel juhul peaks see tõesti tööle hakkama. Eksperimenti on hea korraldada pärast seda, kui publikuga on juba loodud teatud usalduslik suhe, ent näitab ilmekalt, kuidas usaldama peab fakte, mitte ainult seda, mida inimesed räägivad. Pärast vabatahtliku piinlikku olukorda panemist on kindlasti eetiline teda šokolaadi või muu meenega tänada.  
  Kuna võimalikke variatsioone, mida vabatahtlikul teha lasta, on mitmeid, arutlege grupiviisiliselt, mida veel teha saaks.
* **Kui kiirelt aeg möödub?** – lihtne eksperiment, millega testida inimeste aja (ja elu) möödumise kiirust. On välja pakutud, et mida noorem inimene, seda täpsemalt oskab ta hinnata ühe minuti kestust. Mida vanem inimene, seda aeglasemalt neuronites info liigub ning seetõttu tundub tundub üks minut ajus olevat aeglasem, kui ta tegelikult on. Teisisõnu liigub pärieselu aeg justkui kiiremini kui meie enda sisemine kell. Kontrollige järgi, kas see tundub nii. Viige läbi korrektne sotsiaalne eksperiment hüpoteesi sõnastusest järeldusteni.

**TÖÖVAHENDID**

Vabatahtlikud, pliiats, paber, sallid, võimalusel dünamomeeter (kaal), köis, stopper

**ÕPPEMATERJALID**

* Sotsiaalpsühholoogia (EST): <https://et.wikipedia.org/wiki/Sotsiaalps%C3%BChholoogia>
* Psühholoogia ja teaduslik meetod (ENG): <https://youtu.be/hFV71QPvX2I>
* Sotsioloogia ja teaduslik meetod (ENG): [https://youtu.be/ZIwyNIdgJB](https://youtu.be/ZIwyNIdgJBE?list=PL8dPuuaLjXtMJ-AfB_7J1538YKWkZAnGA)
* Sotsiaalne hõlbustamine (ENG): <http://naylandpsych.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 (ENG): <https://youtu.be/kO1kgl0p-Hw>
* Klassikaline tingimine (Pavlovi katse) (EST ja ENG): <https://et.wikipedia.org/wiki/Klassikaline_tingimine>, <https://www.simplypsychology.org/pavlov.html>
* Pavlovi katse ootejärjekorras (ENG): <https://youtu.be/xvRY32JgHPE> ja <https://youtu.be/b9O9SokTTA8>
* Aschi konformsuse eksperiment (ENG): <https://youtu.be/TYIh4MkcfJA> ja <https://youtu.be/UGxGDdQnC1Y?t=246>
* Sotsiaalne hõlbustamine ja konformism (EST): <http://www.cs.tlu.ee/instituut/oppe_materjalid/magister/2006/Avo-Rein_Tereping/Grupiprotsessid_organisatsioonis_2006.pdf>
* Milgrami eksperiment (ENG ja EST): <https://youtu.be/UGxGDdQnC1Y> ja <http://www.sirp.ee/s1-artiklid/c9-sotsiaalia/taehelepanu-valmis-olla-okk/>
* 10 ajaloolist psühholoogia eksperimenti (ENG): <https://youtu.be/_qH2q59pSZc>
* Elu möödumise kiirus (ENG): <https://youtu.be/aIx2N-viNwY>
* Psühholoogia õppevideod (ENG): <https://www.youtube.com/watch?v=vo4pMVb0R6M&list=PL8dPuuaLjXtOPRKzVLY0jJY-uHOH9KVU6>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** sotsiopsühholoogia, sotsioloogia, psühholoogia, sotsiaalne hõlbustamine, konformism, Pavlovi katse, klassikaline tingimine, Aschi eksperiment, Milgrami eksperiment

**ENG:** sociopsychology, sociology, psychology, social facilitation, Pavlov’s experiment, Asch conformity experiment, Milgram experiment, brain games, fallacies

### 8. Esinemine: professionaalne teaduskommunikatsioon (4 tundi)

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

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **Soojendamisvõtted** – spordis on soojendusharjutused iseenesestmõistetavad, ent suhtlemine vajab niisamuti ettevalmistavaid harjutusi. Kasutage sealhulgas õppematerjalides välja toodud meeskonna- ja suhtlusmänge.
* **Professionaalide analüüs** – uurige professionaalseid teadusteatrite esinejaid ehk teaduskommunikaatoreid (nt. Koit Timpmann, Neil Degrasse Tyson, Richard Feynman, Robert Winston, Bob Pflugfelder, Steve Spangler jne.) ja arutlege grupiviisiliselt, mis ühe või teise esineja etteaste ladusaks ja huvitavaks teeb. Mis teile meeldib? Mis teile ei meeldi? Milliseid huvitavaid katseid tasuks järgi proovida? Pange tähtsaimad punktid endale originaalse teadusetenduse koostamiseks kirja.
* **Personaalse mentorlusega harjutamine** – koostage harjutus vastavalt noorte vajadustele, mis võiks aidata neid iseseisva originaalse teadusetenduse koostamisel ja ettekandmisel. Kas neil on vaja veel harjutada loo loomist ja jutustamist; analoogiate leidmist; ettekande sisu muutmist vastavalt publikule; teadusartiklist tähtsaima info ekstraheerimist; katsete läbiviimist; hääle kasutamist; sõnavara; teaduslikele küsimustele konstruktiivselt vastamist vms? Keskenduge sellele, et iga noor saaks personaalset abi valdkonnas, milles ta vajaks kõige rohkem abi, et järgmisele tasemele jõuda.

**TÖÖVAHENDID**

Internet ning meeskonnamängudeks vajalikud vahendid

**ÕPPEMATERJALID**

* Kommunikatsioonimängud (ENG): <https://youtu.be/D-YHC8b6Hjk> ja <https://www.youtube.com/channel/UCtvhnnNkENAuo270Z-n2MFw/playlists>
* Teaduskommunikatsiooni tähtsuse näited ajaloost (ENG): <https://youtu.be/rBBL_DoDeRk>
* Alan Alda: teaduskommunikatsiooni kunst ja improvisatsioon (ENG): <https://youtu.be/UGo6pTcTgVw> ja <https://youtu.be/syIb73RQqVU>
* Kuidas parandada enda kommunikatsioonioskusi? (ENG): <https://youtu.be/xr1q-uBtIH4>
* Kaheksa soovitust teaduskommunikatsiooniks alustavale teadlasele (EST): <https://novaator.err.ee/637732/teaduskommunikatsioon-kaheksa-soovitust-alustavale-teadlasele>
* Teaduskommunikatsiooni nõuandeid (ENG): <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 saada ja hoida hajevil publiku tähelepanu? (ENG): <https://youtu.be/WQxGNKdgWZs> ja <https://youtu.be/52tWMoWGE1Y>

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** teaduskommunikatsioon

**ENG:** science communication

### 9. Praktika: iseseisev teadusetendus (8+ tundi)

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

**PRAKTILISED TÖÖD**

* **ISESEISEV ORIGINAALNE TEADUSETENDUS! –** ülesastumine näiteks kooli aastalõpuaktusel, Viljandi teadusteatrite festivalil või õpilaste teadusfestivalil. Pärast etenduse ettevalmistust, sh. KKK (teadusetenduse eelsete korduma kippuvate küsimuste) ülekäimist, kantakse teadusetendus ette! Ettekanne salvestatakse pärastiseks analüüsiks kõikide jaoks.
* **Aasta kokkuvõte** – lisaks teemade vahekokkuvõtetele võetakse terve aasta kokku ning meenutatakse möödunud teemavaldkondasid ja eksperimente. Soovi korral viiakse läbi meeldivaimaid ja põnevamaid katseid ning nauditakse elu.

**TÖÖVAHENDID**

Mida iganes on noortel vaja!

**ÕPPEMATERJALID**

* TaskuTark (EST): <https://www.taskutark.ee>
* Rakett69 õppevideod (EST): <https://vimeo.com/search?q=rakett69> ja <https://www.youtube.com/channel/UCdPOLWwQEAi6sXk5VjX8Tlw/videos>
* Füüsika (ja matemaatika) e-õpik (EST): <https://opik.fyysika.ee/>
* Internet, ennekõike YouTube (vt. märksõnasid)

**MÄRK- JA OTSINGUSÕNAD**

**EST:** teadusteater, teaduskatsed, Koit Timpmann, Rakett69

**ENG:** science show ideas, Neil Degrasse Tyson, Richard Feynman, Robert Winston, Bob Pflugfelder, Steve Spangler, Julius Sumner Miller, Kevin Delaney

**Edu!**

****

[**-Tarvo.**](http://woird.eu)