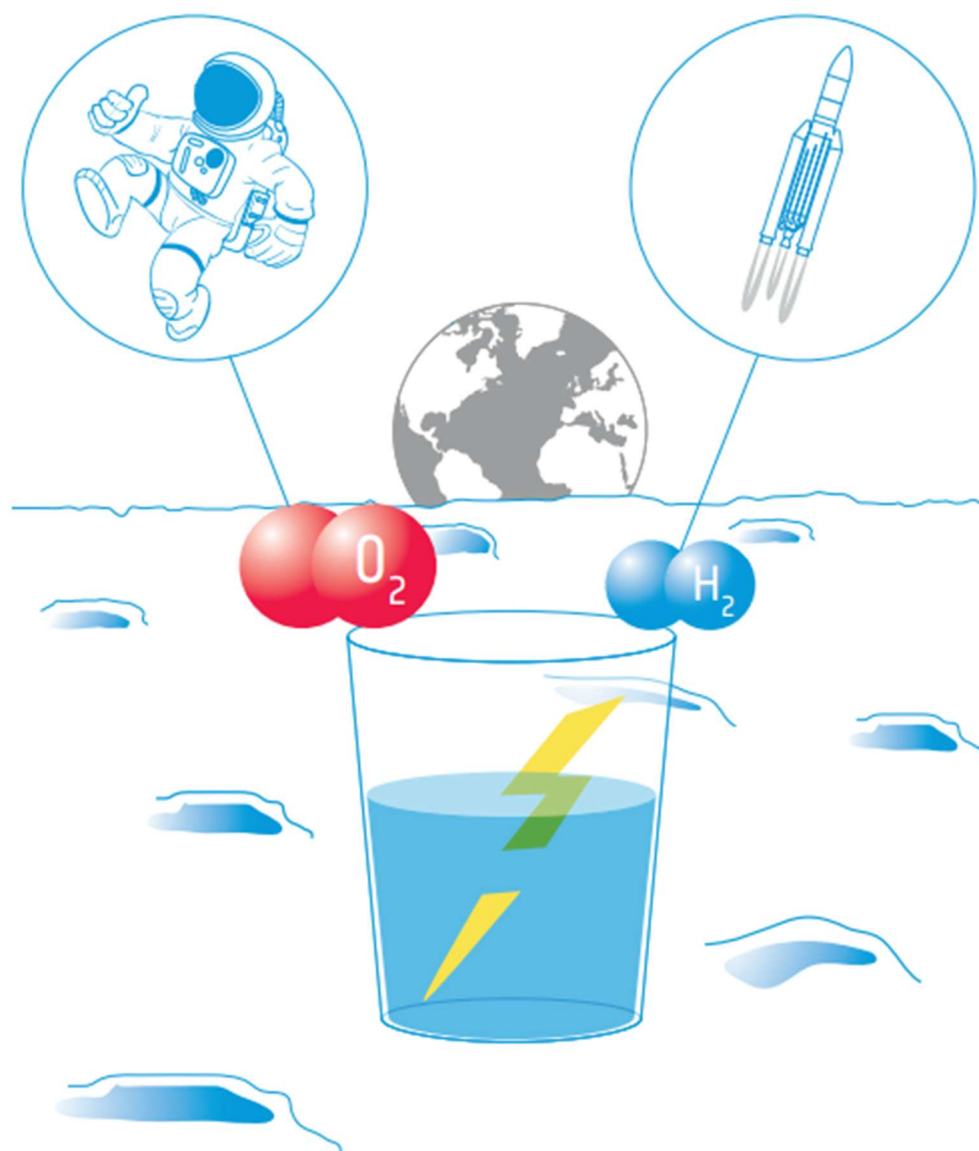
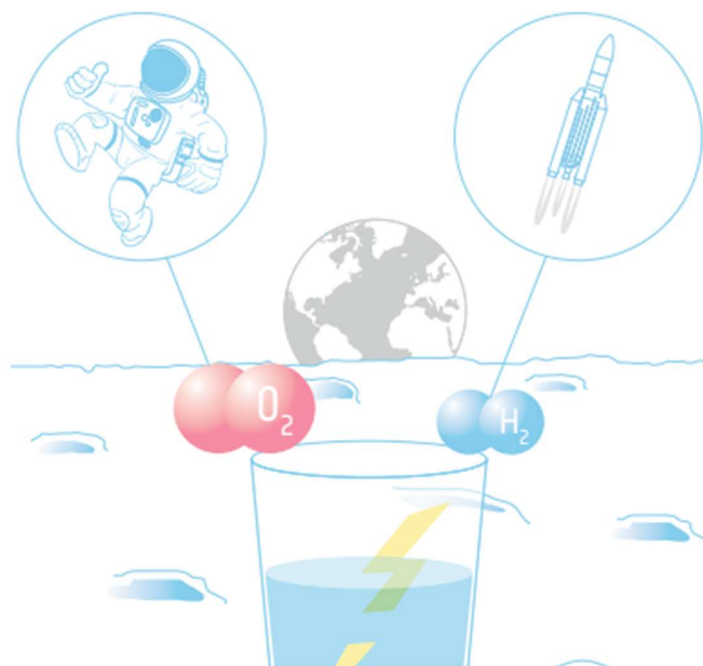


# Õpeta kosmosega

## → ENERGIA VEEST

Kuidas toota hapnikku ja vesinikku Kuul





## Õpetaja juhend

Faktid lühidalt	lk 3
Tegevuste kokkuvõte	lk 4
Sissejuhatus	lk 5
Tegevus 1: ehita oma aku	lk 6
Tegevus 2: vee elektrolüüs	lk 10
Tegevus 3: kütuseelement	lk 14
→ Õpilaste töölehed	lk 16
→ Lingid	lk 23
Lisa 1	lk 24
Elektrolüüsiseade	lk 25

Õpeta kosmosega – energia veest | C09  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

Euroopa Kosmoseagentuurile (ESA) saab anda tagasisidet siin:  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

ESA Hariduse koostöö ESERO Hispaania osakonnaga  
Copyright 2018 © European Space Agency

## → ENERGIA VEEST

### Kuidas toota hapnikku ja vesinikku Kuul

#### Faktid lühidalt

**Teema:** keemia ja füüsika

**vanusevahemik:** 14–16aastased

**Liik:** töö laboris

**Raskusaste:** keskmine

**Õpetaja ettevalmistusaeg:** 1 tund

**Õppetunnile kuluv aeg:** 2 tundi

**Kulud:** keskmised (5–25) eurot tegevustele 1 ja 2 ning kõrged (50–100 eurot) tegevusele 3

**Asukoht:** laboratoorium

**Hõlmab järgmiste materjalide kasutamist:** Tsink- ja vaskplaadid

**Märksõnad:** keemia, füüsika, Kuu, elektrokeemia, Volta samm (aku), elektrolüüs, kütuseelemendid

#### Lühikirjeldus

Kirjeldatud kolme tegevuse kaudu tutvuvad õpilased elektrokeemiaga. Esimese tegevuse käigus ehitavad nad Volta samba – lihtsa aku. See leiutis tähistas elektrokeemia algust. Seejärel uurivad õpilased elektrolüüsi. Elektrolüüsis kasutatakse elektrivoolu, et jagada vesi algkomponentideks: vesinikuks ja hapnikuks. Neid saab kasutada kosmoselaevade raketikütustena ja/või meeskonnale hapniku tootmiseks. Õpilased uurivad ja kasutavad kütuseelementi.

#### Õppe-eesmärgid

- Aku tööprintsibi mõistmine.
- Katse läbiviimise abil tõestada, et teatavad keemilised reaktsioonid võivad toota elektrit.
- Katse läbiviimise abil tõestada, et elekter võib põhjustada teatud keemilisi reaktsioone.
- Vee elektrolüüsi ja selle rakenduste uurimine.
- Kütuseelementide ja nende rakenduste uurimine.
- Tasakaalustatud võrrandite kirjutamine redutseerumis-oksüdeerumisreaktsioonidele.
- Seadmete asjakohane kasutamine vaatluste tegemiseks ja salvestamiseks.

## → Tegevuste kokkuvõte

Tegevuste kokkuvõte					
	Pealkiri	Kirjeldus	Tulemus	Nõuded	Aeg
1	Ehita oma aku	Volta samba ehitamine	Sissejuhatus elektrokeemiasse; aku tööprintsibi mõistmine	Puuduvad	45 minutit
2	Vee elektrolüüs	Elektrolüüsideadme ehitamine ja vee elektrolüüsi läbiviimine	Vee elektrolüüsi ja selle rakenduste tundmaõppimine	Soovitav on lõpetada 1. tegevus	45 minutit
3	Kütuseelement	Kütuseelemendi uurimine	Kütuseelementide ja nende rakenduste tundmaõppimine	Puuduvad; Soovitav on lõpetada 2. tegevus	30 minutit

## → Sissejuhatus

Kuu uurimine nõuab palju ressursse: vett, hapnikku, toitu, materjale, raketikütust jne. Kõige toomine Maa pealt oleks väga ebaefektiivne ja kallis. Seepärast uurivad missiooni kavandajad, kuidas kasutada Kuu peal olemasolevaid ressursse. Üks tähtsamaid ressursse on vesi. Teadlased leidsid tõendeid selle kohta, et vett võib leiduda mõnes piirkonnas Kuu pooluste juures. Tulevasel Kuu missioonil võiks seda vett kasutada energia tootmiseks ning hapniku saamiseks.

Järgnevate tegevuste käigus uurime kuidas salvestada akudes energiat ning kuidas toota veest hapnikku ja vesinikku. Selleks peame õppima elektrokeemiat!

Elektrokeemia on füüsikalise keemia haru, mis uurib keemiliste reaktsioonide ja elektriliste nähtuste vahelisi seoseid. Teatud keemilised reaktsioonid võivad tekitada elektrit, seda omadust kasutatakse akudes. Võimalik on ka vastupidine: elekter võib põhjustada teatud mittespontaansete keemiliste reaktsioonide toimumist.

Õpilastele selgitatakse elektrokeemia põhimõtteid ning tutvutakse elektrokeemia arenguga, alates esimese aku (Volta samba) leiutamisest kuni kaasaegsete kütuseelementideni välja.

Õpilased ehitavad järgmised seadmed:

1. **Aku:** seade, mis toodab elektrit keemilistest reaktsioonidest.
2. **Elektrolüüsiseade:** seade, mis kasutab teatud keemiliste reaktsioonide esilekutsumiseks elektrit. Siin uurime vee elektrolüüsi ja lõhume vee sidemed, mis hoiavad koos vee molekulide algkomponente.
3. **Kütuseelement:** seade, mis toodab keemilise reaktsiooni käigus elektrit ja soojust.

## → Tegevus 1: Ehita oma aku

Maailma esimese aku (Volta samba) ehitas 1799. aastal Alessandro Volta. Aku toodab elektrit keemilistest reaktsioonidest ja Volta samba leiutamine tähistas elektrokeemia algust.

Akut kasutatakse sageli kosmoselaeval elektri salvestamiseks ja laiali jagamiseks. Traditsioonilisi patareisid ei saa uuesti laadida. Kosmosemissioonidel kasutatakse sageli akusid. Neid saab laadida muudest allikatest pärit energiaga, näiteks päikeseenergiaga. Akud on otsustava tähtsusega, sest nad võimaldavad elektri kasutamist ajavahemikel, mil puudub juurdepääs teistele energiaallikatele (näiteks kui ei ole otsest päikesevalgust).

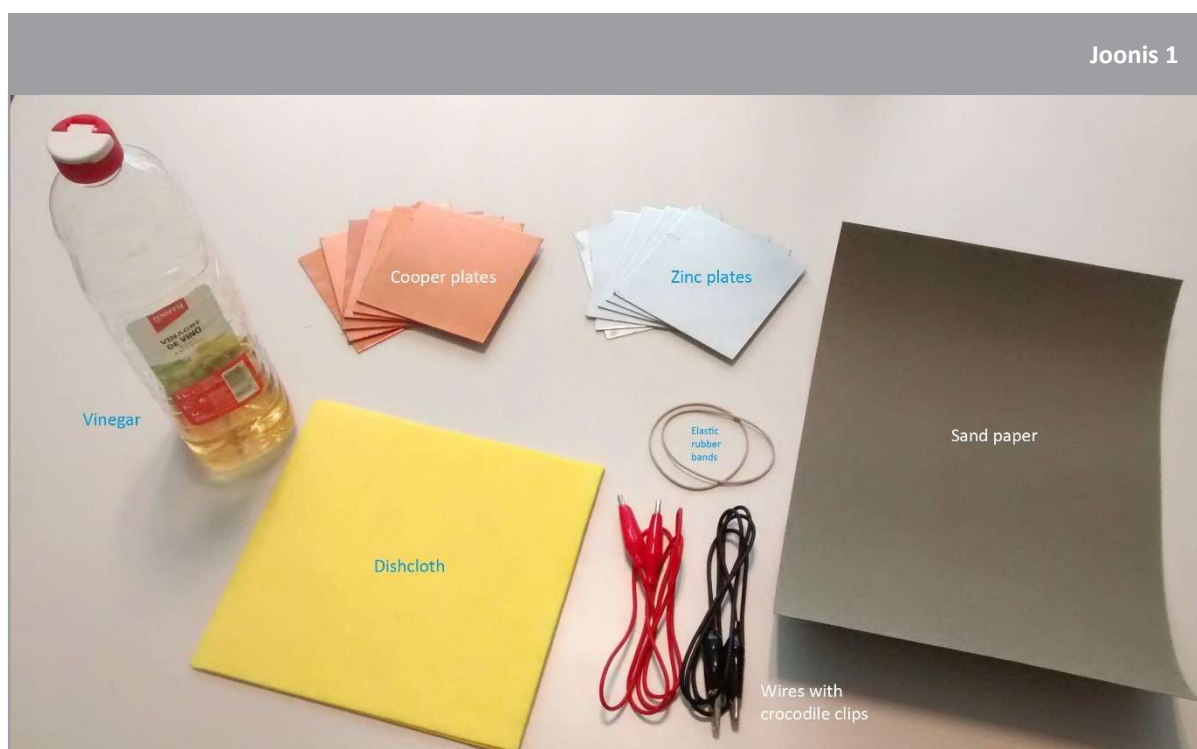
Selle tegevuse käigus ehitavad õpilased oma Volta samba – lihtsa aku metallplaatidest, nõudepesulapist ja äädikast. Volta samm kasutab elektri tekitamiseks spontaanselt kulgevat keemilist reaktsiooni.

### Ohutusnõuded

Volta sambaid ei tohi jätta suletud nõusse või ventileerimata ruumi.

### Seadmed:

- 6 tsinkplaati (rühma kohta)
- 6 vaskplaati (rühma kohta)
- 1 nõudepesulapp (rühma kohta)
- käärid
- äädikas
- liivapaber
- 2 (venivat) kummipaela
- krokodilliklambritega juhtmed
- multimeeter
- AA patareid (vabatahtlik)



↑ Volta samba ehitamiseks vajalikud materjalid

## Ülesanne

Alustuseks tutvustage õpilastele elektrokeemia mõistet ning elektripotentsiaalide erinevuse kontseptsiooni.

### Volta elemendi ehitamine

Jagage klass 3–4-liikmelistesse rühmadesse. Õpilased peaksid Volta elemendi valmistamisel järgima oma töölehe juhiseid 1 ja 2. Pärast Volta elemendi valmistamist peaksid õpilased mõõtma multimeetriga elektripotentsiaalide erinevust.

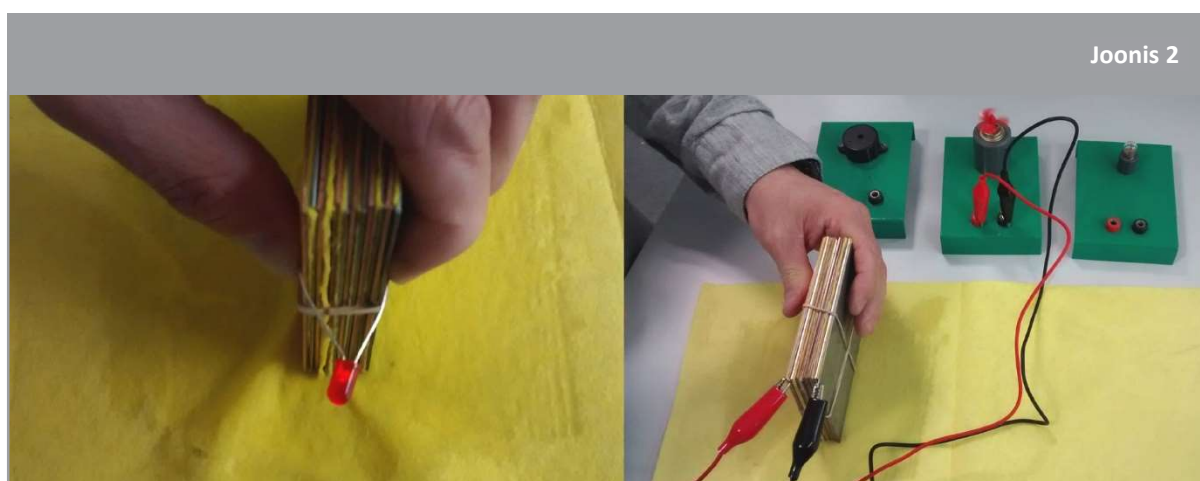
Paluge õpilastel selgitada, miks see elektripotentsiaalide erinevus eksisteerib, ja milline on iga kihi funktsioon Volta elemendis. Laske õpilastel kirjutada üles Volta elemendis toimuvate reaktsioonide ioonvõrrandid. Paluge neil vastata töölehel olevatele küsimustele 4–7.

### Volta samba ehitamine

Nüüd peaksid õpilased panema üksteise otsa mitu Volta elementi, et saada Volta samba. Õpilased peaksid mõõtma samba elektripotentsiaalide erinevust üks kord minutis 10 minuti jooksul ja panema mõõtmiste tulemused kirja tabelisse 1. Mõõtmiste vaheaegadel peaksid õpilased vastama töölehtedel olevatele küsimustele.

Paluge õpilastel joonistada Volta samba elektripotentsiaalide erinevus funktsioonina ajast. Nad peaksid avastama, et elektripotentsiaalide erinevus väheneb aja jooksul. Küsi õpilastelt, mis võib olla selle põhjuseks.

Volta samba tekitatud voolu saab demonstreerida LED valgusti või mootori käivitamisega (vt joonis 2). Uurige kui kaua suudab Volta samba seadet toita.



↑ LED valgusti töötamine Volta samba abil (vasakul) ja mootori töötamine Volta samba abil (paremal).

Laske õpilastel võrrelda oma Volta sammast normaalse AA patareiga. Arutlege kuidas tavaline patarei töötab ja millised on Volta samba piirangud. Kui aega veel jätkub, laske õpilastel ühendada patarei ja Volta samba erinevate elektriseadmetega ja mõõta voolutugevust vooluringis.

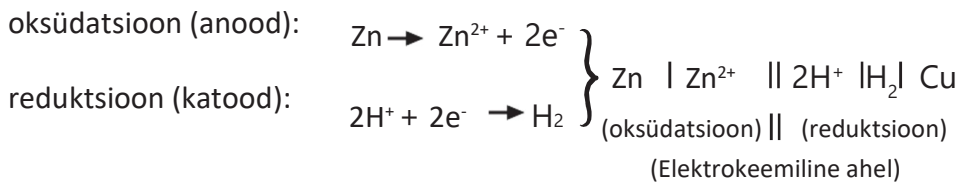
## Tulemused

Need on vastused õpilaste töölehe 1. tegevusele:

- Ühest Volta elemendist peaksite saama umbes 1 V suuruse pinge
- ioonvõrrand on järgmine:

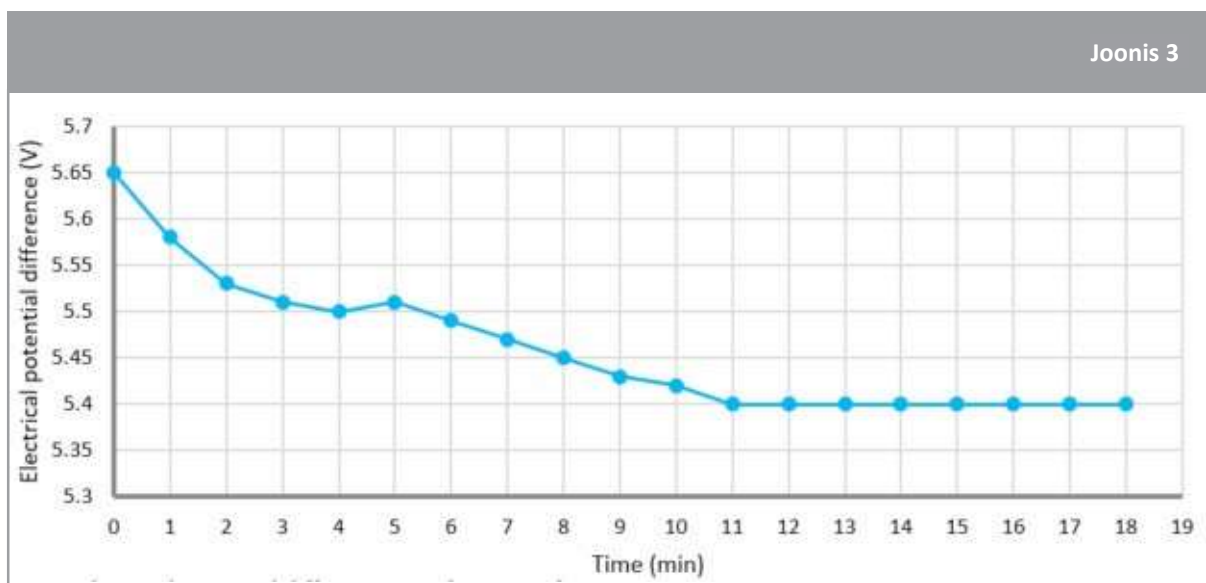


Redoks reaktsioon koosneb kahest poolest:



Vaskmetallplaat toimib ainult „keemiliselt inertse“ väärismetallist juhina elektronide transportimiseks vooluringis ega osale keemilises reaktsioonis. Vaskplaati saab asendada mis tahes teise metallist juhiga.

- Tsingi oksüdeerimisel vabanevad elektronid (anood). Vesinikku (hüdrooniumioon =  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) redutseeritakse ja seotakse elektrone (katood).
  - Oksüdeerunud kiht muudab metalli pinna matiks. See vähendab kasulikku ala suurust ionivahetuse jaoks. Liivapaberiga lihvimine eemaldab oksüdeerunud kihi.
  - Äädikas on elektrolüüt. See võimaldab ionide liikumist plaatide vahel ja suurendab elektripotentsiaalide erinevust. Kõik happed (nagu ka äädikas) vabastavad reaktsiooniks vajalikke  $\text{H}^+$  ioone. Isegi vesi vabastab  $\text{H}^+$  ioone, aga väga väikestes kogustes. Soola või happe lisamine suurendab elektrijuhtivust. Me võime kasutada mis tahes muud ainet (soola või hapet), mis toimib elektrolüüdina.
10. Näites on toodud kuuest elemendist koosnev Volta samm



↑ Elektripotentsiaalide erinevus funktsioonina ajast.



11. Pinge langeb ajaga, sest suureneb samba sisetakistus. Tsingi pind oksüdeeritakse, mis vähendab reaktsioonipinda. Äädikas (ja muud happed) põhjustavad ka oksüdatsiooni. Lisaks kogunevad Volta sambas vase pinnale vesinikumullid (polarisatsioon). Masstootmises kasutatakse patareide juures väga erinevaid materjale, mis oksüdeeruvad palju vähem kui tsink. Mõnedes patareides kasutatakse materjali, mis eemaldab kogunenud vesiniku või laseb selle välja. Tänu sellele võivad patareid töötada palju kauem.
12. AA-patareil on tavaliselt elektripotentsiaalide erinevus 1,5 V (kui tootja ei ole teisiti määratlenud). Meie näites saame 1 V ühest Volta elemendist ja 5,5 V terve sambast (koosneb kuuest elemendist). Kui suurendame elementide arvu, suurendame kogu ioonivahetuse kontaktpinna suurust. Praeguse väljundi piirav tegur on kõrge sisetakistus.
13. Kuu uurimisel oleksid akud energia salvestamiseks väga kasulikud. Kosmosemissioonidel kasutatavad akud on sageli laaditavad muudest allikatest, näiteks päikeseenergiast. Akud on otsustava tähtsusega, sest nad võimaldavad elektri kasutamist ajavahemikel, mil puudub juurdepääs teistele energiaallikatele (näiteks kui ei ole otsest päikesevalgust). Patareide kasutamine akude asemel oleks raske, ebatõhus ning ebasäästlik.

## Arutelu

Arutlege õpilastega Volta samba tähtsuse üle. Milline näeks välja meie elu ilma akude ja patareideta? Kas me võiksime välja töötada igikestva aku? Arutlege ebaefektiivsuse põhjuste üle: kaal ja piiratud eluiga versus salvestusvõime ja võimsus.

Tuletage meelde, et energia ei teki ega kao, vaid võib muunduda. Arutlege, miks me ikkagi räägime energia kaotamisest (soojusenergia).

Volta samba uuesti tööle panemiseks tuleb metallplaate puhastada liivapaberiga ja nõudepesulappi leotada elektrolüüdiga. Arutlege, kas akut saab lõputult laadida.

## → Tegevus 2: elektrolüüs

Elektrolüüs kasutab elektrit, et tekitada mittedontaanseid keemilisi reaktsioone. Tegevuse nr 2 käigus ehitavad õpilased elektrolüüsiseadme, mis viib kahe elektroodi abil elektrivoolu vedelikku. Õpilased kasutavad seadet vee elektrolüüsiks ja avastavad, et vett on võimalik jagada alkomponentideks: hapnikuks ja vesinikuks.

### Ohutusnõuded

Gaaside testimisel hoidke kindlasti ohutut kaugust ja põletuste vältimiseks kasutage pikki tikke.

### Varustus (rühma kohta):

- kaanega plastkarp (vt täpsemalt lisa 1)
- 2 katseklaasi
- 2 metallist knopkat
- 2 kolbi
- vasktraat
- patarei (võimaluse korral päikseelemendiga)
- 400 cm<sup>3</sup> destilleeritud vett + 12 g NaOH (3 % lahuse valmistamiseks)
- kindad



↑ Elektrolüüsiseadme ehitamiseks vajalikud vahendid

## Ettevalmistamine

Puurige kaks väikest auku põhja ja kaks katseklaasi läbimõõduga auku karbi kaane sisse (vt joonis 5).



↑ elektrolüüsiseadme tarvis mineva karbi ettevalmistamine

## Ülesanne 1

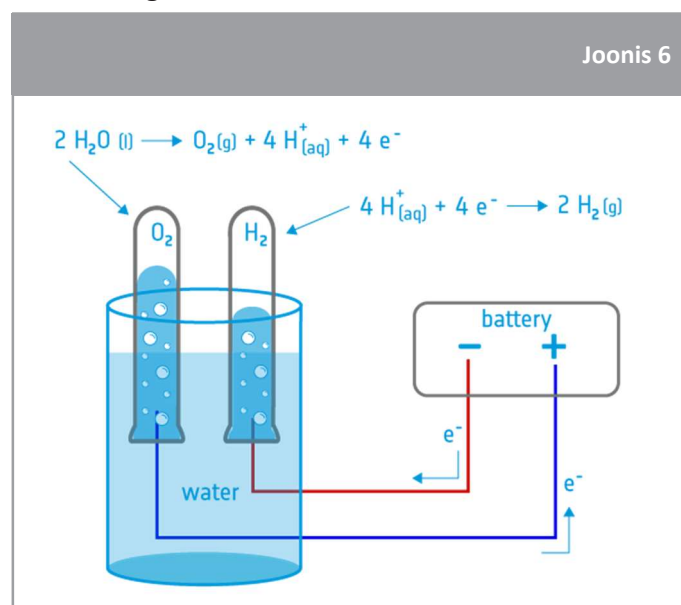
Laske õpilastel tasakaalustada vee elektrolüüsi võrrand. Seejärel aidake neil kirjutada ja mõista oksüdatsiooni ja reduktsiooni reaktsioone.

Elektrolüüsi illustratsioon on näha joonisel 6.

Laske neil ehitada oma elektrolüüsiseade vastavalt 1. lisan esitatud juhiste. Tuletage õpilastele meelde, et nad mõõdaksid elektrolüüsiprotsessi aega, et hiljem arvutada hapniku tootmise kiirus. Paluge õpilastel vastata töölehel olevatele küsimustele 5–7 elektrolüüsiprotsessi kohta.

Seostage eksperiment hapniku tootmisega kosmosemissioonil. Paluge õpilastel vastata küsimustele 8 ja 9, et uurida, kas nende elektrolüüsiseade võiks toota piisavalt hapnikku astronautide jaoks Kuul.

Kui soovite ülesannet laiendada, võivad õpilased teha katse destilleeritud veega, kraaniveega (sisaldab soolasid) ja elektrolüüte sisaldava veega.



↑ elektrolüüsi illustratsioon

## Gaaside määramine

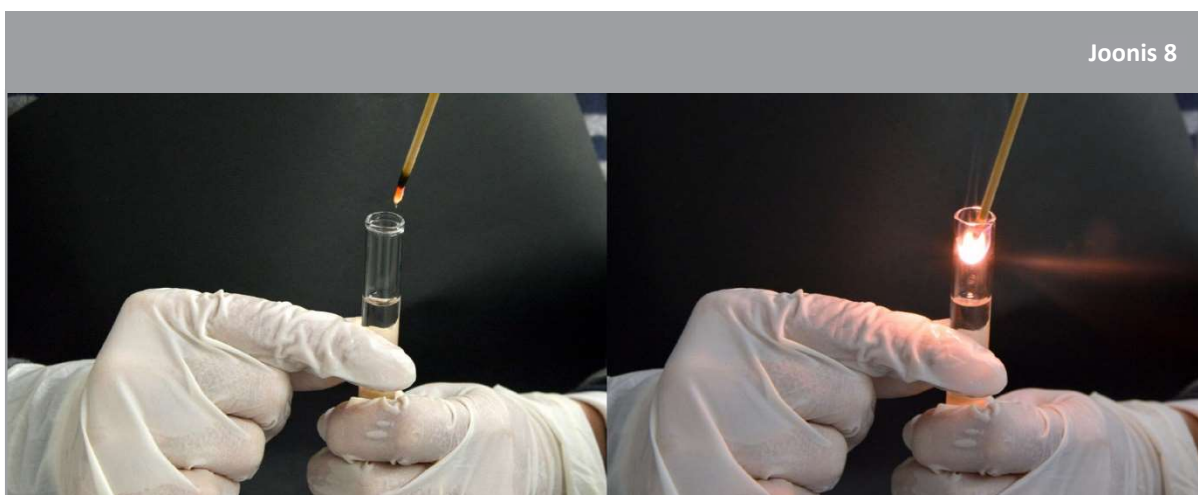
Võite seda testi teha klassiruumis demonstratsioonina või lasta õpilastel seda ise teha. Enne katse sooritamist küsige õpilastelt, kas neil on ideid, kuidas nad saaksid torudes olevaid gaase määrata.

**Vesinikukatse:** asetage katseklaasi avale sõrm, et vältida vesiniku väljapääsu, seejärel keerake katseklaas ümber ja asetage katseklaasi avasse pikk tikk (või välgumihkel) (vt joonis 7). Sa peaksid kuulma piiksuvat pauku, mis kinnitab vesiniku olemasolu (heli kinnitab miniplahvatuse toimumist). Reaktsioon  $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{L})$  tekitab katseklaasi põhja väikese koguse vett.



↑ Vesiniku olemasolu kindlakstegemine välgumihkliga (vasakul) ja vee olemasolu katseklaasis (paremal)

**Hapnikukatse:** Sõrm asetatakse katseklaasi avale, et vältida hapniku välja pääsemist, seejärel keerake katseklaas ümber ja asetage põlema süüdatud viirukipulk toru avasse (vt joonis 8). Hapniku olemasolul lahvatab viirukipulk kõvemini põlema.



↑ hapniku olemasolu tuvastamine süüdatud viirukipulgaga (vasakul). Puhta hapniku olemasolu korral lahvatab viirukipulk kõvemini põlema (paremal).

## Tulemused

Need on vastused õpilaste töölehe 2. tegevusele:

1. Vee elektrolüüsi käigus toimub järgmine summaarne reaktsioon:  
 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
2. Anoodi oksüdatsioon:  
 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$
3. Katoodi reduktsioon:  
 $4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g})$
6. NaOH on elektrolüüt. Elektrolüüdi lisamine kiirendab elektrolüüsi, sest see suurendab vee elektrijuhtivust (st väheneb takistus elektrilaengute liikumisele). Elektrolüüdina võib kasutada soola, hapet või aluseid. Leeliselise vee elektrolüüsi puhul kasutatakse elektrolüüdina tugevat alust, nagu naatriumhüdrosiid (või kaaliumhüdrosiid), vältides seega korrosiooniprobleeme, mis tekiks hapet kasutamisel (metallelektroodide korrosioon).
7. Võrrandi  $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  protsessi tulemusena saadakse kaks vesiniku aatomit iga hapniku aatomi kohta. Sel põhjusel on vesinikku kaks korda rohkem kui hapnikku.
8. Kasutades kuuest elemendist koosnevat Volta sammast (elektripotentsiaalide erinevusega 6 V) on võimalik toota 3 ml hapnikku nelja tunniga = 18 ml hapnikku ( $\text{O}_2$ ) ööpäevas.
9. 18 ml/ööpäevas on võrdne  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$  ööpäevas. Me saame kasutada ideaalse gaasi olekuvõrrandit, et arvutada  $\text{O}_2$  moolide arvu ja sellest massi:

$$P * V = n * R * T$$
$$n = \frac{P * V}{R * T} = \frac{101325 \text{ Pa} * 1,8 * 10^{-5} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{m}^3 * \text{Pa}}{\text{K} * \text{mol}} * 293 \text{ K}} = 7,48 * 10^{-4} \text{ mol}$$
$$m = n * M = 7,48 * 10^{-4} \text{ mol} * 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,0239 \text{ g}$$

See on sama mis  $2,4 * 10^{-5} \text{ kg}$  ja seega tarnib ainult:

$$\frac{2,4 * 10^{-5} \text{ kg}}{0,84 \text{ kg}} * 100\% = 0,0028\%$$

kogusest, mida üks astronaut päevas vajab.

10. Me võiksime tootmist kiirendada, suurendades elektrolüütide kontsentratsiooni (antud juhul NaOH kontsentratsiooni) või kasutada võimsamat akut.
11. Hapnik on ülioluline, et astronautid saaksid Kuul hingata. Koos oksüdandiga (näiteks hapnikuga) võib vesinikku kasutada kosmoselaeva või kulguri kütuseallikana, et uurida kuu pinda ja laiendada inimeste kohalolekut. Hapniku ja vesiniku kaasa toomiseks oleks meil vaja palju ja suuri konteinereid. See oleks väga kallis. Säästvaks arenguks Kuul peame ringlusse võtma jäätmeid nii palju kui võimalik (nt  $\text{CO}_2$ , uriin, higi, toidujäätmed, ainevahetusjäätmed jne) ning muundama jäägid hapnikuks ja veeks, mida saab uuesti kasutada. Selleks ongi välja töötatud elu toetavad süsteemid (*Life Support Systems*). Neid taaskasutuse süsteeme testitakse rahvusvahelises kosmosejaamas. Selleks, et olla Maast sõltumatum, tuleb õppida Kuul tootma enamikku vajalikest asjadest kohapealsetest ressurssidest.



## → Tegevus 3: kütuseelement

Õpilased kasutavad vee elektrolüüsi teel saadud komponente  $H_2$  and  $O_2$  kütuselemendis. Nad uurivad, kuidas kütuseelemendid toodavad keemilise reaktsiooni abil elektrit ja soojust. Õpilased kaaluvad kütuseelementide kasutamise võimalusi ja piiranguid Kuu missioonidel.

Ülesande saab läbi viia kas demonstratsioonina või koos õpilastega (kui on piisavalt aega). Eksperimendi läbiviimise jaoks on vaja kütuseelementi, mille võib tellida Internetist.

### Vahendid

Kütuseelemendiga komplekt<sup>1</sup> või:

- kütuseelement
- süstal
- deioniseeritud & destilleeritud vesi
- toiteallikas (aku, päikeseelement)
- voolikud ja korgid
- 30 ml keeduklaasid ja siseanumad (vt lisa 2)
- otsikutega juhtmed (vt pilt)
- seade (mootor, LED, auto jne)



↑ Kütuseelemendi süsteemi ehitamiseks vajalikud vahendid.

### Ülesanne

Alustuseks tutvustage õpilastele kütuseelemente. Kütuseelemendid, mis on ehitatud vee elektrolüüsi ning Volta samba ideede põhjal aitavad ressursse kokku hoida.

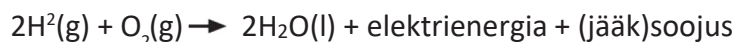
Paluge õpilastel järgida 2. lisas esitatud juhiseid (või valmistage ette demonstratsioonkatse). Laske õpilastel täita küsimused 1–5 oma töölehtedel ning mõtiskleda kütuseelementide eeliste ja puuduste üle.

<sup>1</sup>Meie näites kasutatud komplekti saab osta

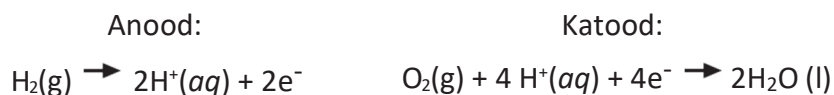
Internetist: <http://www.horizonfuelcellshop.com/europe/product/fuel-cell-car-science-kit/>

## Tulemused

1. Summaarne reaktsioon kütuseelemendis:



2. Anoodi ja katoodi reaktsioonid



3. Kui hapnik ja vesinik on kergesti kättesaadavad, siis on kütuseelement odav ja puhas energiaallikas. Mingeid saasteaineid ei teki: saadusteks on ainult vesi ja energia. Seega on kütuseelement potentsiaalne lahendus puhta energia saamiseks. Kui vesinikku ja hapnikku on vaja enne kütuseelemendi käivitamist toota elektrolüüsiga või kui vesinik ja hapnik on kallid ja nende kogus on piiratud, siis ei pruugi kütuseelementide kasutamine olla põhjendatud. Kui meil on vaja teist energiaallikat, et luua algkomponente reaktsiooni läbiviimiseks, siis me kaotame energiat. Siiski, kui kombineerida kütuseelementide tehnoloogia taastuva energiaallikaga (näiteks päikeseenergiaga), siis saame kütuseelementide abiga toota puhast energiat.
4. Nii Volta samm, elektrolüüs kui ka kütuseelement on elektrokeemia näited praktikas. Volta samm kasutab elektri tootmiseks keemilist reaktsiooni, vee elektrolüüs kasutab mittespontaanse keemilise reaktsiooni tekitamiseks elektrit, ja kütuseelement pöörab elektrolüüsireaktsiooni ümber ja toodab elektrolüüsi saadustest uuesti elektrit.

## → ENERGIA VEEST

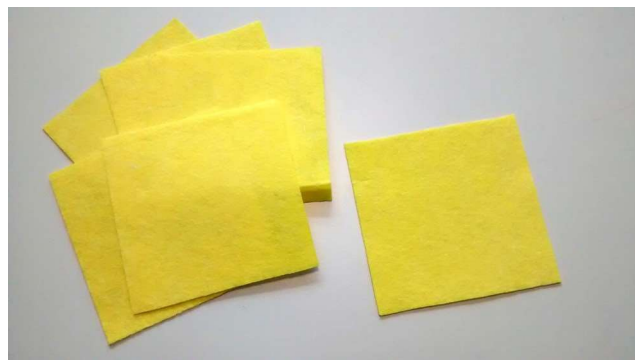
### Kuidas toota hapnikku ja vesinikku Kuul

#### → Tegevus 1: ehita oma aku

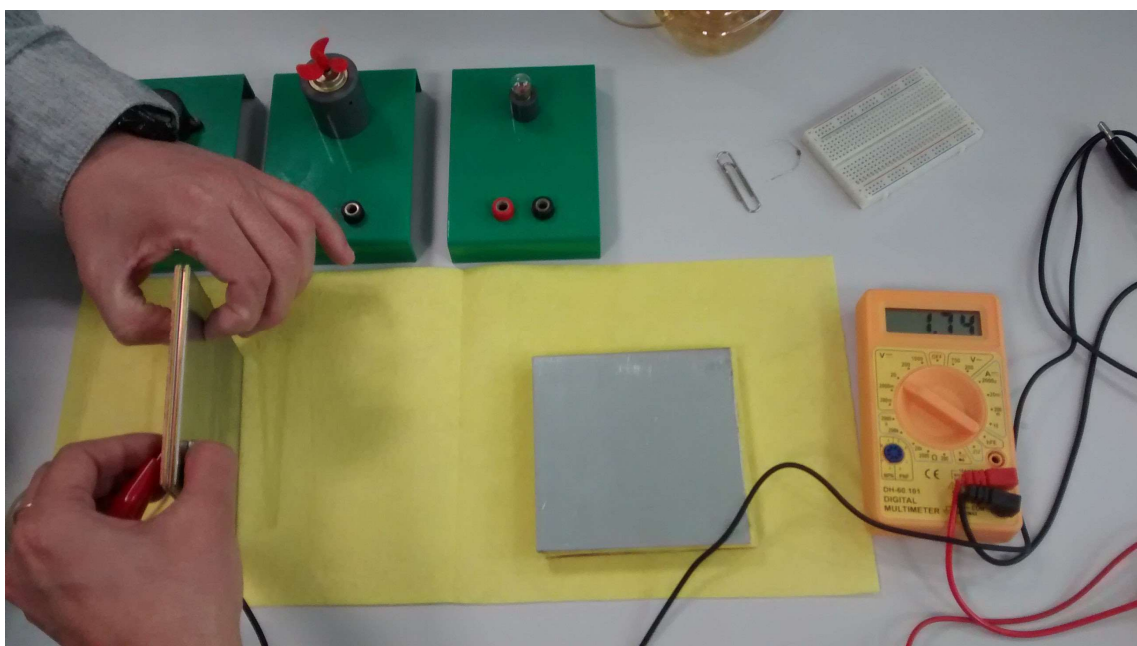
1799. aastal leiutas Alessandro Volta maailma esimese aku – Volta samba. Oma leiutisega tõestas ta, et teatud keemilised reaktsioonid võivad tekitada elektrit. Nüüd kõnnid sa tema jälgedes ja ehitad oma Volta samba.

#### Ülesanne 1

1. Lihvi liivapaberiga tsink- ja vaskplaatide mõlemad küljed ning lõika nõudepesulapist 6 tsink- ja vaskplaatidega sama suurt ruutu.



2. Aseta üks äädikas leotatud nõudepesulapi ruut tsinkplaadi peale. Seejärel aseta üks vaskplaat nõudepesulapi ruudu peale. Sul on nüüd üks Volta element. Ühenda juhtmed krokodilliklambritega esimese ja viimase plaadiga ning multimeetriga.



3. Mis on elektripotentsiaalide erinevus ühes Volta elemendis? \_\_\_\_\_ V



4. Kirjutage üles ioonvõrrand, mis näitab elemendis toimuvat summaarset protsessi:

5. Milline komponent oksüdeeritakse ja milline redutseeritakse?

---



---

6. Miks on hea mõte metallplaate lihvida?

---



---

7. Miks me leotame nõudepesulappi äädikas? Kas me võiksime kasutada mingit teist ainet? Selgitage.

---

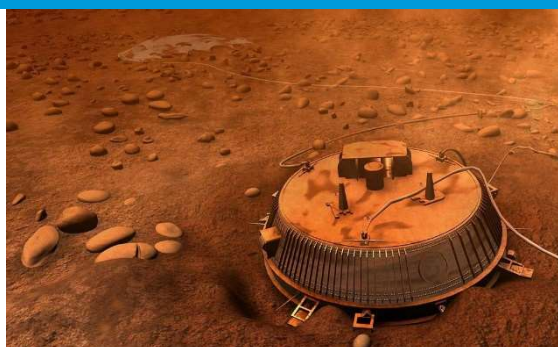


---

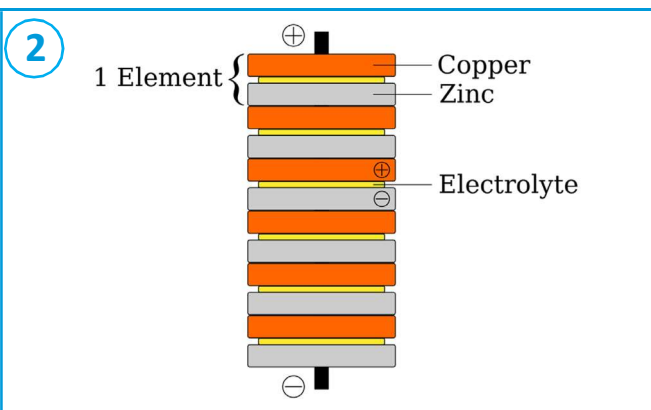
## Kas sa teadsid?

ESA Huygeni sond, mis maandus Titani (Saturni suurima kuu) pinnale, kasutas mittelaetavaid liitium-vääveldioksiidpatareisid. Need valiti seetõttu, et neid võis seitsmeaastase Saturni reisi ajal hoida mitteaktiivses kasutuses, kuid nad olid töökorras Titanile maandumise ajaks.

Kunstniku nägemus Huygeni sondist Titani pinnal.



8. Järgige Volta samba ehitamiseks alltoodud juhiseid.



1 Valmista kuus Volta elementi vastavalt 1. ülesandes toodud juhistele

2 Pane elemendid üksteise otsa näidatud järjekorras



3 Volta samba paigal hoidmiseks seo ümber samba kummipaelad.

4 Ühenda juhtmed krokodilliklambritega esimese ja viimase plaadiga ning multimeetriga.

9. Mõõtke Volta elemendi elektripotentsiaalide erinevus kohe pärast elemendi kokkupanemist. Tehke mõõtmisi iga minuti järel 10 minuti jooksul ning kirjutage tulemused tabelisse 1.

Tabel 1	
Aeg (min)	Elektripotentsiaalide erinevus (V)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

↑ Elektripotentsiaalide erinevuse salvestamine 10 minuti jooksul.

10. Joonistage elektripotentsiaalide erinevuse graafik funktsioonina ajast.



11. Mida te tähele panete? Selgitage.

---



---



---

12. Milline on Volta samba elektripotentsiaalide erinevus võrreldes tavalise AA-patareiga?

---



---



---

13. Kuidas saaks Kuu uurimisel akusid kasutada? Millised on akude eelised ja puudused?

---



---



---



---



---



---

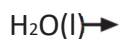
## → Tegevus 2: vee elektrolüüs

### Ülesanne

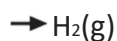
1. Tasakaalusta allpool esitatud summaarset reaktsiooni:



2. Täienda anoodi oksüdatsiooni võrrandit:



3. Täienda katoodi reduktsiooni võrrandit:



4. Ehitage oma elektrolüüsiseade, järgides 1. lisa toodud juhendit. Elektrolüüsi alustamisel veenduge, et olete käivitanud ka stopperi. Toodetud hapniku koguse arvutamiseks on vaja mõõta elektrolüüsi toimumise aega.
5. Kirjeldage, mis juhtub elektrolüüsi ajal.

---



---



---

6. Miks lahustame NaOH vees?

---

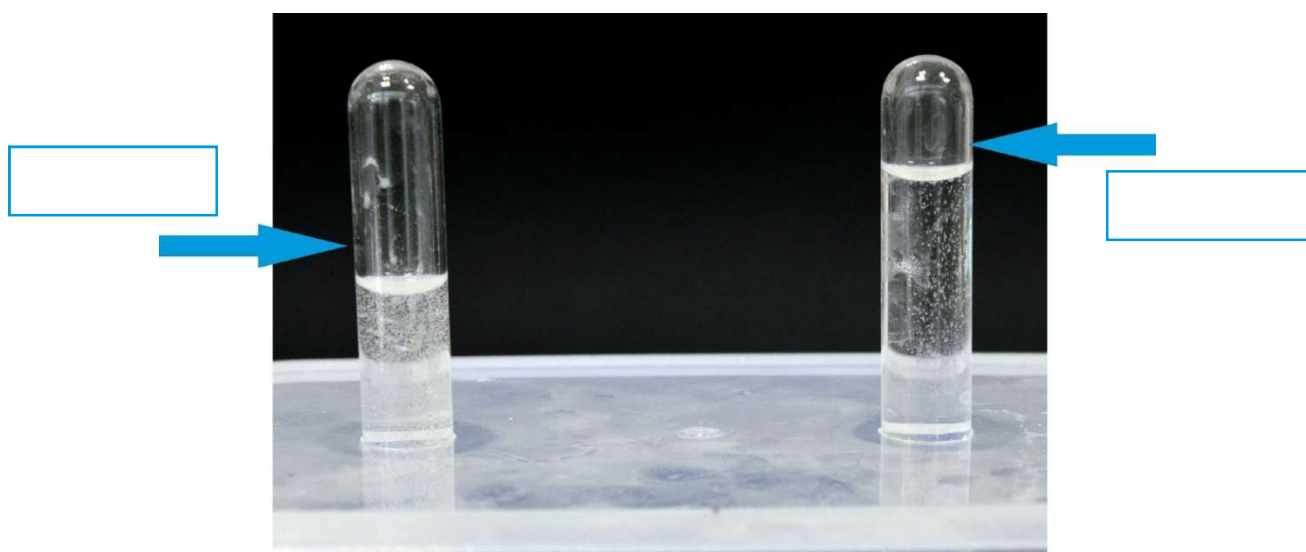


---



---

7. Milline voolikutest sisaldab hapnikku ja milline vesinikku? Kuidas sa seda tead?



8. Mõõtkte, kui palju hapnikku olete tootnud, ja arvutage toodetud hapniku kogus minutis.

9. Oletame, et üks astronaut hingab päevas 0,84 kg hapnikku (O<sub>2</sub>). Kas teie elektrolüüsiseade suudab toota vajaliku koguse?

10. Kuidas saate toota rohkem hapnikku ööpäevas?

---



---

11. Millised on vee elektrolüüsi kasutamise eelised ja puudused Kuul?

---



---

### Kas sa teadsid?

Rahvusvahelises kosmosejaamas (ISS) kasutatakse hapniku tootmiseks peamiselt vee elektrolüüsi. Vesi kogutakse uriinist, reoveest ja kondensatsioonist ning lahutatakse hapniku genereerimise süsteemis hapnikuks ja vesinikuks. Energiaallikaks on jaama jalgpalliväljaku suurusega päikesepaneelid. Sarnast süsteemi võiks kasutada ka Kuul.

[Rahvusvaheline kosmosejaam \(ISS\) Maa orbiidil](#)



NASA, ESA, JAXA and Roscosmos.

## → Tegevus 3: kütuseelement

Kütuseelemente saab kasutada energiaallikana kulgurite, kosmoselaevade või mistahes vahepealsete sõidukite tarvis. Kütuseelemendid toimivad vastupidiselt elektrolüüsile: nad ühendavad vesiniku (H<sub>2</sub>) ja hapniku (O<sub>2</sub>) ning toodavad vett ja energiat.

Pärast kütuseelemendi toimimise jälgimist:

1. Tasakaalusta summaarne reaktsioon:



2. Kirjutage anoodi ja katoodi keemilised reaktsioonid:

3. Millised on kütuseelementide eelised ja puudused? Kuidas me saame neid kasutada Kuu missioonidel?

---

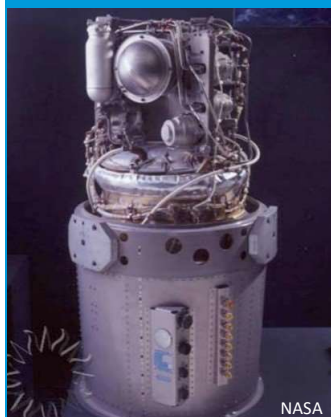


---



---

### Kas sa teadsid?



Kütuseelemendid olid peamised elektrienergia allikad Apollo programmis, mille käigus inimesed maandusid Kuule. Apollo kütuseelemendid kasutasid hapnikku ja vesinikku, mida hoiti vedelikena äärmiselt külmadel temperatuuridel ja mis pärast keemilist reaktsiooni läbiviimist andsid elektrienergiat ja vett. Kütuseelemente kasutati elektrisüsteemi ühe osana ka Space Shuttle'i programmis. Aastatel 1981–2011 toimus programmi raames 135 kosmosesüstiku missiooni.

← Apollo

4. Millised on erinevused ja sarnasused Volta samba, elektrolüüsi ja kütuseelemendi vahel?

---



---



---

## → Lingid

### ESA

Kuu laagri väljakutse  
[esa.int/Education/Moon\\_Camp](https://esa.int/Education/Moon_Camp)

Animatsioonid Kuul elamise põhitõdestest  
[esa.int/Education/Moon\\_Camp/The\\_basics\\_of\\_living](https://esa.int/Education/Moon_Camp/The_basics_of_living)

ESA klassiruum: [esa.int/Education/Classroom\\_resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

### Täiendav teave

Volta element:  
<https://www.youtube.com/watch?v=9OVtk6G2TnQ>

Elektrolüüs:  
<https://www.youtube.com/watch?v=dRtSjJCKklo>

Kütuseelement:  
<https://www.youtube.com/watch?v=OmVnllgDA7o>

Kütuseelemendi kolmplekt: <https://www.horizoneducational.com/fuel-cell-car-science-kit/p1232>



## Lisa 1 elektrolüüside

1. Kasuta juhtmete karbi külge panemiseks knopkasid



2. Tee 3% NaOH lahus ning vala see karpi



3. Paiguta katseklaasid läbi aukude karbi kaanel (vaata, et nad oleksid veega täidetud). Paigalda karbi kaas, et katseklaasid paigalt ei nihkuks



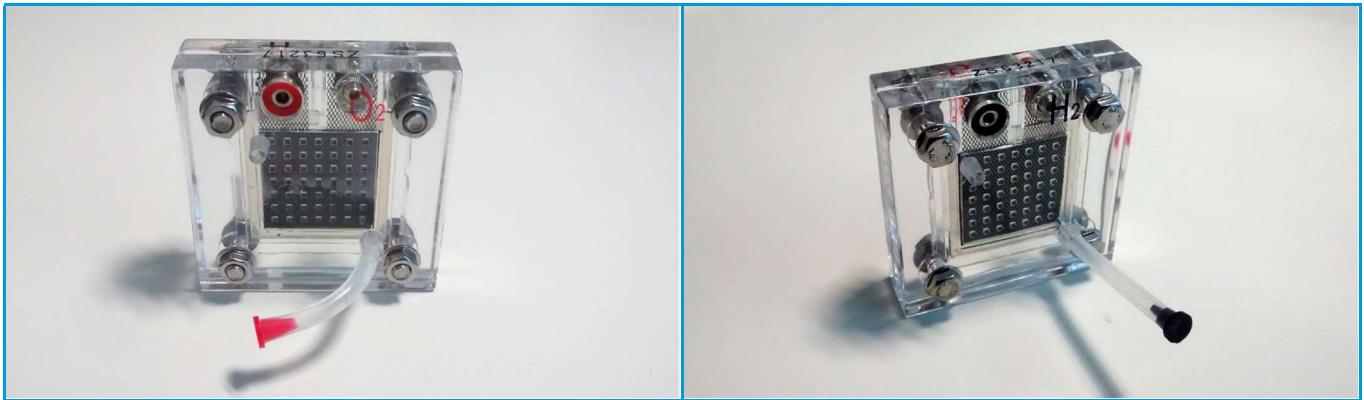
4. Ühenda energiaallikas ning käivita elektrolüüs. Pane protsessi jaoks kuluva aja mõõtmiseks stopper tööle.





## → Lisa 2 kütuselement

1. Ühenda kaks 4 cm pikkust voolikut kütuseelemendi kummalgi poolel olevatesse vooliku otsikutesse.



2. Eemalda (kütuseelemendi) hapniku poolega ühendatud voolikult punane kork. Lisage süstlaga kütuseelementi destilleeritud vett kuni kütuseelement on pooleldi veega täidetud.
3. Asetage kuplikujused siseanumad katseklaasidesse ning lisage vett kuni siseanumad on pea-aegu veega kaetud. Kontrollige, et siseanumates ei oleks õhku.



4. Ühendage voolikud kütuseelemendi ülemiste vooliku otsikutega nii hapniku kui lämmastiku poole peal.



5. Ühendage patarei pank nagu allpool näidatud. Lülitage patarei pank sisse ning elektrolüüs võib alata.



6. Jälgige kuidas vesinik ja hapnik kogunevad siseanumatesse. Kui vesinik hakkab anumast välja mullitama, siis on anum täis.



7. Ühenda patarei lahti ning ühenda seade (auto, mootor, LED jne) süsteemiga. Vesinik ( $H_2$ ) ja hapnik ( $O_2$ ) taasühinevad ning saadusteks on vesi ( $H_2O$ ) ja energia.

