

# Sähköä aalloista

**Tekijä:** Louiza Dimitriou



## Tiivistelmä

Projektin tavoitteena on käyttää meren aaltoja suppeana uusiutumattomana energianlähteenä. Sitä ennen annetaan tietoja, joiden tarkoituksena on lisätä oppilaiden ympäristötietoisuutta ja tietoa vaihtoehtoisista energiantuotantomuodoista. Projektissa kerrotaan sähkömagneettisen induktion ilmiöstä, johon projektin koejärjestely perustuu. Alla on annettu ohjeet järjestelyjen toteutukseen koulun laboratoriossa saatavilla olevilla materiaaleilla. Ilmiö tuottaa veteen aaltoilua ja sitä kautta sähköä, joka sytyttää LED-valon tai lataa kondensaattoria.

## Johdanto

Energia on kaikissa muodoissaan olennainen osa ihmiselämää. Nopean kasvun myötä energian kysyntä on noussut räjähdysmäisesti ja fossiilisten polttoaineiden käyttö on kasvanut kohtuuttomiin mittasuhteisiin. Tiettyjä materiaaleja on saatavilla vain rajoitetusti, ja niiden polttaminen vaikuttaa haitallisesti maapalloon ja sitä kautta myös ihmiseen itseensä. Tämän seurauksena on tullut tarve etsiä energiaa luonnon ehtymättömistä lähteistä, kuten auringosta, tuulesta ja merestä. Meriaaltoenergiaa saadaan uusiutuvasta lähteestä.

Sen keräämisellä ja käytöllä voi olla monia etuja. Näin myös meri osallistuu sähköntuotantoon vedestä. Monissa maissa pyritään valjastamaan aaltojen voima ja niiden mukana kulkevat valtavat määrät mekaanista energiaa (siirtämättä ainetta) muuntamalla ne ensin liike- ja sitten sähköenergiaksi.

Oppilaat keräävät ja esittelevät ryhmissä tietoja seuraavista aiheista:

- uusiutuvat ja uusiutumattomat energianlähteet
- meriaaltoenergia (alkuperä ja käyttö).

Koulun laboratoriossa rakennetaan yksinkertaisilla välineillä ja fysiikan peruskäsitteitä soveltaen kokeellinen laite, joka muuntaa veden aaltojen energian sähköenergiaksi.

## **Teoreettinen kehys**

Sähkömagneettiseksi induktioksi kutsutaan ilmiötä, jossa magneettikentästä syntyy sähkövirtaa tai tarkemmin sanottuna sähkömotorista voimaa. Sen löysi vuonna 1831 toisistaan tietämättä kaksi tiedemiestä, englantilainen Faraday ja amerikkalainen Henry. Se oli merkittävä edistysaskel sekä fysiikan tieteelle että koko ihmiskunnalle. Sähkön tuotanto kotitalous- ja teollisuuskäyttöä varten perustuu induktioilmiöön.

Tarkastelemme induktioilmiötä kokeellisesti ja päätelemme, mihin se perustuu. (Faradayn induktiolaki).

Magneettia siirretään suhteessa kelaan, joka on kytketty nollassa olevaan galvanometriin. Tarkkailemme seuraavia asioita:

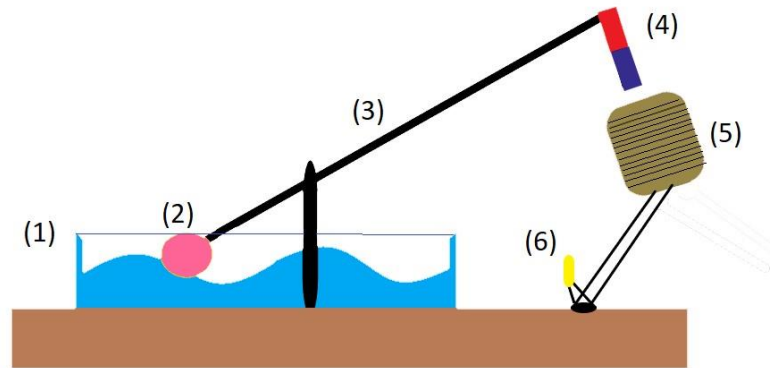
- Kun magneetti tuodaan lähemmäs kelaan, galvanometri havaitsee sähkövirran.
- Kun magneetti siirretään pois kelasta, sähkövirran suunta kääntyy ja sähkövirta katoaa, kun magneetti pysäytetään mihin tahansa asentoon.
- Mitä nopeammin magneettia siirretään kelaan nähden, sitä korkeammat lukemat galvanometrissä saadaan.
- Indusoitu jännite kasvaa kelan kierrosluvun kasvaessa tai käytettäessä vahvempaa magneettia.

Meren aallot voivat tuottaa magneetille sen tarvitseman liike-energian, jotta magneetti- ja kelajärjestelmässä voidaan tuottaa induktiolla energiaa. Peräkkäiset aallot osuvat kelluvaan kappaleeseen, johon magneetti on kiinnitetty. Näin ne saavat sen liikkumaan suhteessa kelaan. Tuloksena on jatkuva sähköntuotanto.

Nopeus, jolla magneetti tulee kelaan ja poistuu siitä, on tuotetun sähkövirran kannalta tärkeä tekijä, joten lyhyemmät aaltovälit ovat tässä tehokkaampia. Tämä lyhentää magneetin matkaa ja siten lisää sähkön tuotantoa.

## Rakenne ja koejärjestely

Meren aaltojen energian sähköenergiaksi muuntavan koelaitteen [rakenne](#) perustuu kaavioon 1.



**Kaavio 1. (1) vesiasia, (2) kelluke, (3) metallitanko, (4) sauvamagneetti, (5) kela, (6) LED-valo (valodiodi)**

Käytetyt materiaalit tarkemmin:

- metallinen pyörivä mekanismi, jolla voidaan tehdä aaltoja veteen
- vedellä täytetty muoviasia
- 70 cm pitkä metallitanko
- 60 cm pitkä metallitanko
- muovikelluke
- vastapaino
- kela (24 000 kierrettä)
- sauvamagneetti
- tukialustoihin sovitettut metallitangot
- metalliliittimet
- metalliset pihdit
- G-tyypin puristimet
- metallirenkaat
- kaapelit yhdellä kiinnikkeellä, usealla kiinnikkeellä ja hauenleukakiinnikkeillä
- piisilta (tasasuuntaaja)
- kondensaattori (10 000  $\mu\text{F}$ )
- digitaalinen yleismittari
- LED-valot (1,5 V, 1,8 V ja 2,4 V)

## Rakentamisohjeet

1. 60 cm:n pituinen metallitanko kiinnitetään vaakasuoraan kahden pystysuoran, alustoihin kiinnitetyn metallitangon väliin metalliliittimillä ja -renkailla siten, että se voi pyöriä vapaasti.
2. 70 cm:n pituinen metallitanko kiinnitetään kohtisuoraan 60 cm:n pituisen sauvan keskelle metalliliittimellä. 70 cm:n pituisen sauvan liitoskohta on noin 27–30 cm toisesta päästä. Muovikelluke ja vastapaino kiinnitetään tähän päähän, kun taas magneetti kiinnitetään toiseen päähän.
3. Tämä kokoonpano asetetaan muovisäiliön toiselle puolelle, jotta muovikelluke voi kellua veden päällä.
4. Toisessa, alustallisessa metallitangossa piisilta kytketään alempaan kohtaan ja kela asetetaan korkeammalle puristinpihdeillä. Kela asetetaan siten, että magneetti pääsee sen sisään ja poistumaan siitä, kun koe alkaa.
5. Astian vastakkaiselle puolelle asennetaan mekanismi, joka luo pyörittäessä aaltoja veteen.
6. Tehtävissä mainittuihin kytkentöihin käytetään johtoja.

Rakenne saattaa edellyttää useita säätöjä ja testejä ennen oppituntia.

Tätä varten kannattaa katsoa kokeesta kuvattu video:

<https://www.youtube.com/watch?v=WHqWOB3gn9M>.

## Tehtävä 1

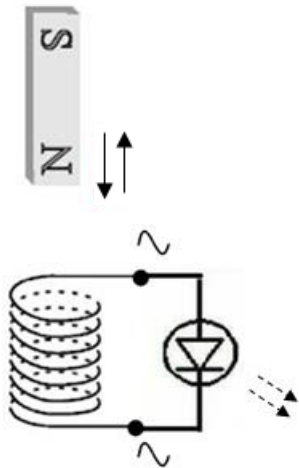
Rakenne kootaan kuvien 1 ja 2 mukaisesti. Vesi saadaan aaltoilemaan käsin pyöritettävällä metallisella mekanismilla. Aallot saavat muovikellukkeen liikkeelle ja samalla myös magneetin, johon se on kytketty metallitangon kautta. Kun magneetti tulee kelaan ja poistuu siitä, syntyy induktiojännite. Kelan kanssa suljettuun piiriin kytketty LED-valo syttyy ja sammuu vastaavasti, koska piirissä kulkee vaihtovirta. (Kaavio 2)



**Kuva 1**



**Kuva 2**



**Kaavio 2. Magneetti- ja kelapiiri, LED-valo**

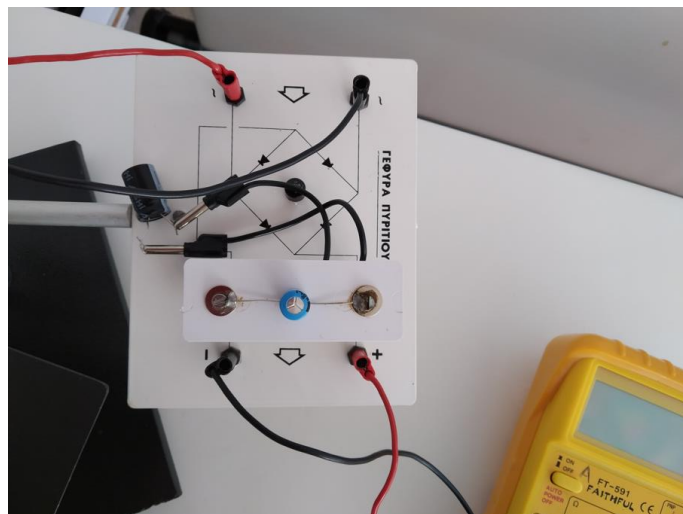
### Tehtävä 2

Edellinen tehtävä toistetaan. Kelaan kytketään kaavion 3 mukaan piisilta täyttä AC-tasasuuntausta varten. Siltaan kytketään yksi kondensaattori tai kaksi rinnakkaista kondensaattoria ja sitten laite otetaan käyttöön. Kondensaattorien päissä oleva jännite mitataan digitaalisella volttimittarilla (kuvat 3 ja 4). Näin mitataan myös niihin varastoitunut sähköenergia (veden aaltoilusta saatu energia).

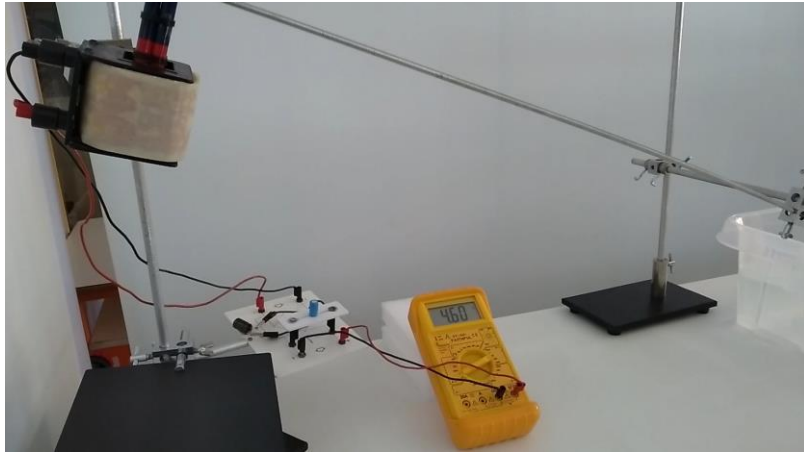
Latautuneen kondensaattorin potentiaalienergia  $U$  lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

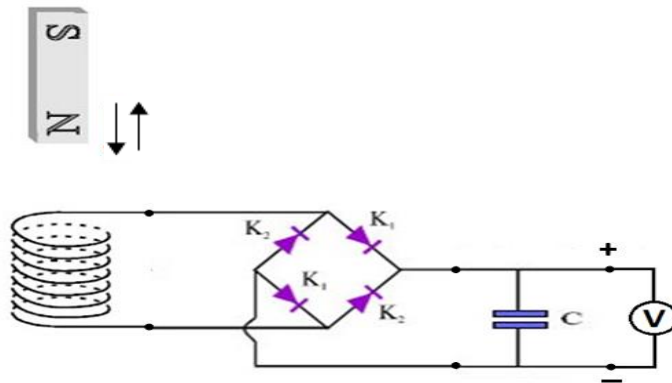
jossa  $U$  on kondensaattorin potentiaalienergia,  $C$  kondensaattorin kapasitanssi ja  $V$  sen päiden potentiaaliero.



**Kuva 3**



**Kuva 4**

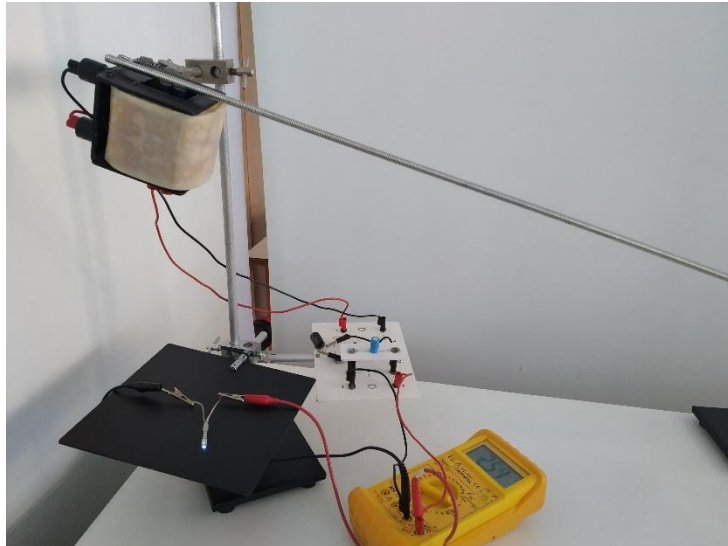


**Kaavio 3. Magneetti- ja kelapiiri, piisilta, kondensaattori, volttimittari**

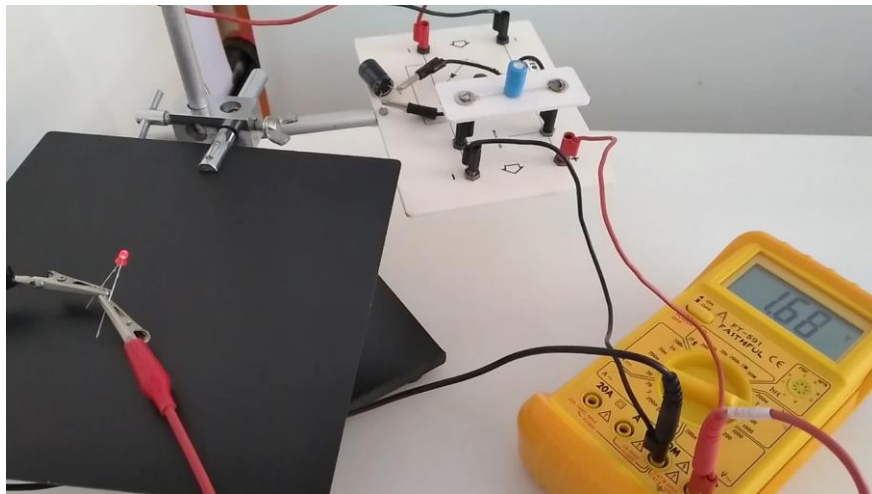
### **Tehtävä 3**

Sen jälkeen piirin kondensaattoripäihin kytketään kaavion 4 mukaan erilaisia LED-valoja, jotka vuotavat tasavirtaa tasasuuntauksen vuoksi. Samalla niiden päissä oleva jännite mitataan digitaalisella yleismittarilla. (Kuva 5 ja 6). Huomaa, että LED-valot alkavat syttyä, kun jännite ylittää tietyt arvot, jotka vaihtelevat LED-valojen välillä.

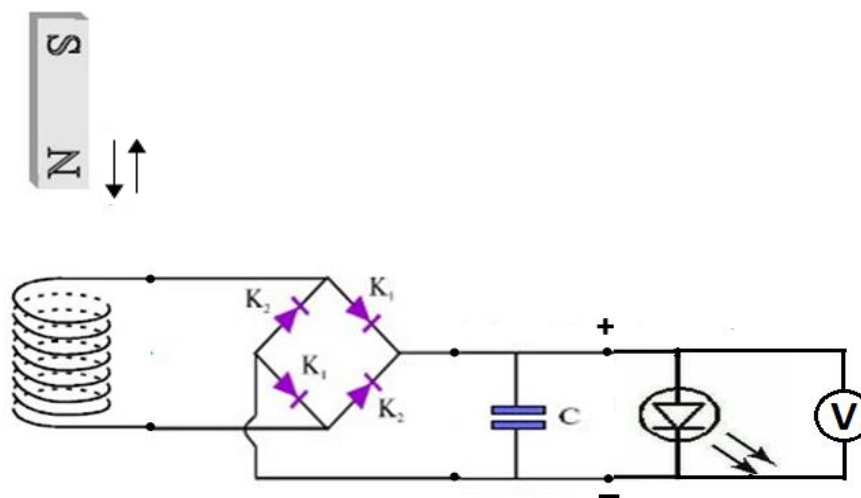
LED-valon palaessa volttimittari näyttää liki tasaisena pysyvän arvon. Kun LED-valo irrotetaan ja laite käynnistetään uudelleen, jännite nousee jatkuvasti. LED-valon palamisen aikana kuluttama ja irrottamisen jälkeen veden aalloista saatu energia varastoidaan kondensaattoriin.



Kuva 5



Kuva 6



Kaavio 4. Magneetti- ja kelapiiri, piisilta, kondensaattori, LED-valo, volttimittari

## Johtopäätökset – kommentit

Tämän rakenteen ja kokeen avulla oppilaat oppivat seuraavaa:

- He oppivat luonnonilmiöistä, joita voidaan käyttää suppeina energianlähteinä ja joiden avulla voidaan ratkaista maapallon energiaongelmia ekologisella tavalla.
- He osaavat tarkastella meren aaltoja uusiutuvana energialähteenä, joka voidaan muuntaa hyödylliseksi sähköksi.
- He ymmärtävät fysikaalisia käsitteitä ja suureita sekä niiden välillä hallitsevia lakeja.
- He oppivat kokoamaan ja käyttämään koulun laboratorion materiaaleja ja välineitä kokeen suorittamista varten, jotta he voivat tehdä johtopäätöksiä ja tutustua koeprosesiin.
- Tämä kokeilu voi toimia pohjana opitun laajentamiselle muille alueille, kuten tuotetun<sup>1</sup> sähkön hyödyntäminen vedyn tuotantoon merivedestä ja sen käyttö polttoaineena tai rakenteen yhdistäminen tietokoneeseen, jossa se seuraa laajempaa tietojenkäsittelyä sopivalla ohjelmalla.

<sup>1</sup> On tiedossa, ettei sähköenergiaa, kuten mitä tahansa energiamuotoa, varsinaisesti tuoteta, vaan se siirtyy kappaleesta toiseen tai muuttaa muotoaan.

## Resurssit

- Induktion ja Faradayn induktiolain koe virtuaalilaboratoriossa:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-electromagnetic-lab/latest/faradays-electromagnetic-lab\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-electromagnetic-lab/latest/faradays-electromagnetic-lab_all.html)
- Katso animaatio meren aaltojen syntymisestä ja niiden hyödyntämisestä sähköntuotannossa: [https://www.youtube.com/watch?v=8miWW2QyN\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=8miWW2QyN_4).

## Tekijä

Louiza Dimitriou on valmistunut Ateenan yliopiston fysiikan laitokselta, ja hänellä on erityisopetukseen suuntautunut maisterin tutkinto. Hän työskentelee toisen asteen koulutuksessa ja on tehnyt vuodesta 2022 lähtien yhteistyötä Egaleon fysikaalisten tieteiden laboratorion kanssa. Hän on kiinnostunut koulutuksessa erityisesti laboratoriomenetelmän sisällyttämisestä fysiikan kouluopetukseen.

## Tehtävälomake

1. Kun indusoitu sähkövirta kulkee LED-valon läpi tehtävässä 1, se vilkkuu. Miksi?

2. Kuinka kytkisit kaksi LED-valoa kelan päihin rinnakkain, jotta ne

A. syttyvät ja sammuvat samanaikaisesti?

B. syttyvät ja sammuvat vuorotellen?

Toteuta ehdottamasi piirikaavio.

3. Mitä energiamuutoksia laitteen toiminnan aikana tapahtuu?

Täytä tyhjät kohdat seuraavasta virkkeestä:

Kokeessa veden aaltojen .....energia muunnetaan järjestelmän (runko – metallitanko – magneetti) .....energiaksi, joka sitten muunnetaan .....energiaksi kelassa.

4. Lataa kondensaattoria luomalla veteen aaltoja tehtävän 2 mukaisesti, kunnes potentiaaliero levyjen välillä on  $V = 4 \text{ V}$ . Mikä on kondensaattorin varastoitu potentiaalienergia, jos sen kapasitanssi on  $C = 10\,000 \mu\text{F}$ ?

5. Täytä taulukko:

LED-valo	Syntyvä jännite (volttia)
1. LED-valo (punainen)	
2. LED-valo (keltainen)	
3. LED-valo (vihreä)	
4. LED-valo (valkoinen)	
5. LED-valo	
6. LED-valo	

6. LED-valon palaessa volttimittari näyttää lähes tasaisena pysyvän jännitteen kondensaattorin ja LED-valon jaetuissa liittimissä. Kun LED-valo poistetaan, jännitelukema alkaa nousta. Osaatko kertoa, miksi näin tapahtuu?

”Electricity from sea waves” -videolinkki *Science on Stage Festival* -YouTube-kanavalta:

<https://youtube.com/watch?v=WHqWOB3gn9M&si=m9Rybwan7haF3kBX>

Sähköä meren aalloista -projekti esiteltiin ja palkittiin Kreikan *Science on Stage* -tapahtumassa 3.–4. marraskuuta 2023. Se esiteltiin myös Turun *Science on Stage Europe* -tapahtumassa, joka järjestettiin 12.–15. elokuuta 2024.