

Tämä tiedosto on luotu osana Erasmus+ -projektia ”Developing Digital Physics Laboratory Work for Distance Learning” (DigiPhysLab).

Lisää tietoa: www.jyu.fi/digiphyslab

Jousi-massa-systeemi pystysuunnassa

Ohjaajan versio

6.2.2023



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Tämä työ on julkaistu lisenssillä [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Jousi-massa-systeemi pystysuunnassa – Ohjaajan versio

Yleiskuva

- Aihe: värähtely, kuvaajan tulkinta, kokeellinen työskentely
- Kohderyhmä: 1. vuoden fysiikan opiskelijat ja muut 1. vuoden opiskelijat, lukiolaiset
- Ajankäyttö: 1 h 30 min kokeelliselle työskentelylle, kun ennakkovalmistautuminen tehdään kotona

Tässä työssä opiskelijat tutkivat pystysuuntaisen värähtelevän jousi-massa-systeemin energioiden erilaisia muotoja. *Trackeria* käyttämällä opiskelijat määrittävät systeemin erilaisten energioiden tyypit ajan funktiona ja analysoivat saatuja kuvaajia.

Välinelista

- Älypuhelin, jossa on kamera.
- USB-liittimiä.
- Tietokone, jossa on ohjelma videon analysointiin (esim. *Tracker*).
- Jousia, joiden jousivakio tunnetaan
- Jouseen kiinnitettäviä painoja
- Teline jouselle
- Viivoitin

Tracker - videoanalysointiohjelma

Tässä työssä valittiin käytettäväksi *Tracker*. Se on ilmainen ohjelma (<https://physlets.org/tracker/>), mutta muitakin videoanalysointiohjelmia voi vapaasti käyttää.

Trackerin käyttöohjeet: <https://tracker.physlets.org/help/frameset.html>

Mene vasemmassa reunassa näkyville välilehdille *Getting started* ja *Installation*.

Laboratoriotyöskentelyn ja ohjelman testaamisen aikana ohjelma kaatui ja jäättyi joitakin kertoja.

Tämän vuoksi suositellaan, että opiskelijat tekevät useita välitallennuksia teknisten ongelmien varalta.

Ennakkovalmistautuminen

Opiskelijoille kannattaa antaa yksinkertainen ennakotehtävä, esim. vapaasti putoavan pallon kineettisen energian plottaaminen *Trackerilla*. Tällä tavoin opiskelijat oppivat ohjelman käytön kotona, jolloin kokeellinen työskentely ja datan analysointi sujuu nopeammin ja paremmalla itseluottamuksella.

Orientoivia kysymyksiä kokeellisen työskentelyn aikana

Suosittelavia kokeellisen työskentelyn aikana opiskelijoilta kysyttäviä kysymyksiä:

- Elastisen voiman yhtälössä on negatiivinen etumerkki. Mitä se edustaa? Miksi elastisen potentiaalienergian yhtälössä ei ole negatiivista etumerkkiä?
- Huomauta opiskelijoille, että ongelman piirtäminen ja hahmottelu auttaa.
- Miten piirsit ennustamasi t, E -kuvaajat?
- Mihin laitat mittakepin (viivoittimen) kalibraatiota varten ja miksi?
- Vaikuttaako videomateriaalin tasaisuus mittausdataan?
- Miksi systeemiä laitetaan värähtelemään pienillä amplitudeilla?
- Miten valitsit kappaleen kohdan, jota seurataan *Trackerissa*?
- Miksi kineettinen energia käy pienimmässä ja suurimmassa arvossaan kaksi kertaa useammin, kuin gravitaatiopotentiaalienergia ja elastinen potentiaalienergia?
- Olivatko ennusteesi tulosten mukaisia?
- Miten selität mekaanisen kokonaisenergian käyttäytymisen? Miksi se ei ole vakio? Mitkä ovat mahdollisia virhelähteitä?

Välineiden testaaminen

Opiskelijoiden tulee lukea huolellisesti työn ohjeet kokeellisesta työskentelystä ja yrittää suorittaa koe muutaman kerran ennen analysointiin tarkoitettun videon kuvaamista. Ohjaajien tulee tarkistaa, että video on hyvä datan analysointiin. Tarvittaessa mittaukset ja videointi tulee tehdä uudelleen.

Datan kerääminen

Opiskelijoiden kohtaamia ongelmia videon kuvaamisessa:

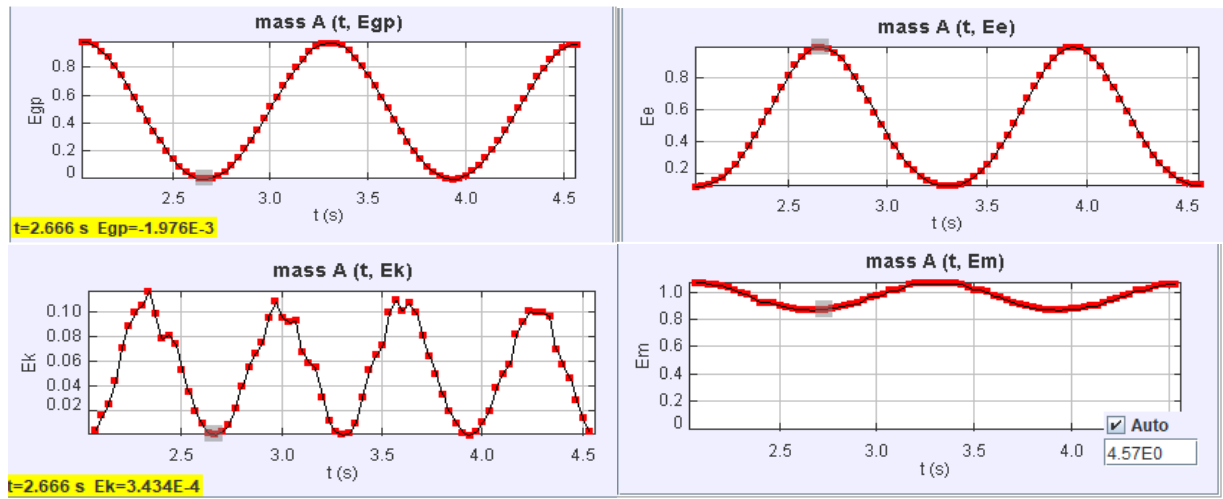
- Videon kuvaaminen puhelin kädessä
- Massan laittaminen värähtelemään jokaiseen kolmeen suuntaan
- Värähtelyn suuri amplitudi

Keskustele opiskelijoiden kanssa siitä, miten yllä mainitut asiat vaikuttavat tuloksena saataviin systeemin energioihin.

Jotkut videotiedostot olivat liian isoja sähköpostilla lähetettäväksi. Pidä muutama USB-kaapeli opiskelijoiden saatavilla, jotta he saavat siirrettyä tiedostot kaapelin kautta tietokoneelle.

Datan analysointi ja esittäminen

Pilottivaiheen opiskelijoille annettiin *Trackerin* käyttöopas. Opiskelijan tekemät vaiheet kuvaajien saamiseksi *Trackerissa*: vaa'an kalibrointi, koordinaatiston asettaminen, kappaleen reitin seuraaminen, parametrien ja yhtälöiden lisääminen. *Tracker* laskee kappaleen nopeuden käyttäen jokaisesta kuvasta pistemassan sijaintia. Tuloksena saaduista energia-aika-kuvaajista (kuva 1) keskustellaan opiskelijoiden kanssa.



Kuva 1: Esimerkkejä opiskelijoiden Trackerilla tekemistä energia-aika-kuvaajista.

Raportointi

Opiskelijat vastaavat työn ohjeistuksen kysymyksiin ja palauttavat ne Word- tai PDF-tiedostona. Muistuta opiskelijoita laittamaan palautettavan tiedoston liitteeksi kaikki kuvaajat, taulukot ja selitykset.

Kannattaa kysyä opiskelijoilta kysymyksiä kokeellisen työskentelyn päätteeksi. Kysy heiltä, miten he suorittivat kokeen ja mitä kaikkea heidän piti ottaa huomioon.

Oma työosastomme

Opiskelijat olivat melko tyytyväisiä päästessään käyttämään älypuhelimiaan ja tietokoneohjelmaa laboratoriotyöskentelyn aikana. Datan analysointi oli erilaista kuin yleensä, ja opiskelijoiden reaktio työhön oli hyvä. Digitaalisen teknologian käytöllä oli opiskelijoihin positiivinen vaikutus kokeelliseen työskentelyyn osallistumisessa.

Opiskelijat eivät halunneet antaa vääriä vastauksia, kun heitä pyydettiin piirtämään ennusteet t, E -kuvaajista, ja he katsoivatkin vastaukset netistä. Rohkaise opiskelijoita tekemään itse omat ennusteensa. Silloin kuvaajien plottaamisen aikana käytävä keskustelu tulee olemaan mielekkäämpää.

Opiskelijat eivät yleensä lue työn ohjeita kunnolla. Tämä johtaa videoihin, joista ei saa kunnollista mittausdataa.

Mahdollisia muunnelmia

Jokainen ryhmä muotoilee omat hypoteesinsa ja testaa niitä. Esimerkiksi miten värähtelyn jaksonaika riippuu jousen pituudesta, miten amplitudi riippuu kappaleen massasta ja miten kineettinen energia riippuu amplitudista. Jokainen ryhmä voi esittää havaintonsa suullisesti tai kirjoittaa raportin.

Etäopiskelun tapauksessa ohjaajat voivat kuvata videon ja lähettää sen opiskelijoille. Ohjaajat voivat kuvata sekä huonoja että hyviä esimerkkejä kokeellisesta työskentelystä (iso amplitudi, ”villejä” värähtelyjä kolmeen suuntaan, tärisevä kuva...) ja antaa opiskelijoiden valita niistä analysoitavan materiaalin. Opiskelijoiden annetaan myös perustella, miksi he eivät käyttäneet muita videoita datan analysoinnissa.