

2. Mittaaminen ja SI-järjestelmä

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Fysiikan tieto perustuu mittaamiseen.
- Mittaustulokset ovat aina likiarvoja.
- Mittauksessa syntyvät virheet voidaan luokitella satunnaiseen, systemaattiseen ja karkeaan virheeseen.
- Merkitsevät numerot ilmaisevat mittaustulosten tarkkuuden.
- Mitattavaa ominaisuutta sanotaan suureeksi.
- SI-suurejärjestelmä on sovittu kansainvälisesti.

Aloituspäivä

Mittaaminen

Mittaamisen käsittely voidaan aloittaa kysymyksillä:

- Mitä mittauksia olet viimeaikoina tehnyt? Mainitse kolme.
- Mikä on vaativin mittaus, jonka olet joutunut tekemään? Miten selvisit siitä?
- Onko mittaamalla saatava tieto tarkkaa ja täsmällistä?
- Mitä voisi tarkoittaa toteamus, että kaikki fysiikassa totena pidettävä tieto perustuu mittauksiin?

Mittaamista voidaan lähestyä myös pohtimalla havaintojen tekemisestä. Apuna voidaan käyttää oppikirjan kuvaa sivun 10 yläreunassa. Kaikki fysiikan tieto perustuu havaintoihin ja havaintojen tekemiseen käytetään aisteja. Aistien kautta saatava tieto ei ole kovin luotettavaa, ja sen esittäminen ja tulkitseminen on joskus hyvinkin vaikeaa. Tarvitaan tarkempia menetelmiä. Tarkin tunnettu tapa esittää tietoa on numeromuotoinen tieto, jota saadaan mittaamalla. Mittaamisen ensimmäinen aste on lukumäärän laskeminen. Tavallaan kaikki mittaaminen palautuu lukumäärän laskemiseen.

Keskustelu mittaamisesta voidaan aloittaa myös luvun aloitusaukeaman (sivut 10 – 11) alareunan kuvien avulla. Jokaisella on kokemuksia kuvissa olevista mittaustapahtumista.

Mittaaminen tarkoittaa eri yhteyksissä vähän eri asiaa. Esimerkiksi, kun mitataan televisio-ohjelmien katsojalukuja, kysymys on tilastollisesta arviosta. Myös fysiikan suureiden arvojen mittaaminen ja asioiden mitattavuus on eri ilmiöiden yhteydessä varsin erilaista. Yleisesti fysiikassa asiaa pidetään mitattavana, jos samassa mittauksessa mittausmenetelmän hallitsevat eri mittajat saavat tietyllä tarkkuudella saman tuloksen.

SI-järjestelmä

SI-järjestelmän opiskelu voidaan aloittaa pohtimalla esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Miksi maapallon ympärysmitta on melko tarkasti 40 000 km? (Metri on alun perin pyritty määrittelemään niin, että matka pohjoisnavalta päiväntasaajalle on 10 000 000 m.)
- Miksi yksi litra vettä on massaltaan 1 kg?
- Miksi jään sulamispiste on 0 °C ja veden kiehumispiste on 100 °C?

Nämä tutut yksiköt on määritelty yhteisellä sopimuksella. Sama pätee mihin tahansa yksiköihin.

SI-järjestelmän käsittelyä voi motivoida pohtimalla yhteisen yksikköjärjestelmän tarpeellisuutta esimerkiksi seuraavanlaisten kysymysten avulla:

- Miksi tarvitaan yhteistä yksikköjärjestelmää?
- Mitä ongelmia syntyy siitä, että eri maissa käytetään eri yksiköitä?
- Miksi kaikkialla maailmassa ei käytetä samoja yksiköitä?
- Mikä on SI-järjestelmä?

SI-järjestelmään liittyvät asiat ovat työkaluja, joiden käyttö kannattaa opetella alussa kunnolla, jotta fysiikan opiskelu sujuu jatkossa hyvin. Suuri osa niistä asioista, jotka opiskelijan pitää omaksua, on taulukkokirjassa. Muutamat SI-järjestelmän keskeiset asiat ovat kuitenkin osa luonnontieteellistä yleissivistystä, ja kaikkien olisi hyvä tuntea ne. Näitä ovat yleisimpien yksiköiden lisäksi keskeiset kerrannaisyksiköt tunnuksineen.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Juomalasin korkeuden ja suun ympärysmittan arvioiminen

Annetaan opiskelijoille erilaisia juomalaseja ja pyydetään arvioimaan niiden korkeus ja suun ympärysmitta. Kumpi on suurempi? Mitataan todelliset mitat ja keskustellaan aistihavaintojen luotettavuudesta. Oppikirjan sivulla 10 olevassa kuvassa on valmis mittausta.

Luokan pituuden mittaaminen

Opiskelijat jakaantuvat tutkimusryhmiin, joissa on noin 3 opiskelijaa. Pyydetään, että jokainen tutkimusryhmä pohtii menetelmän, jolla luokan pituus voidaan mitata. Opiskelijat suorittavat mittauksen ja tulokset kootaan taululle. Tuloksista lasketaan luokan pituus keskiarvona. Lopuksi lasketaan mittaustulokselle luotettavuusväli keskivirheenä.

Yksinkertaisia mittauksia

Mittaamista voidaan harjoitella työkortissa 2.1 esitettyjen yksinkertaisten mittausten avulla. Työssä opetellaan tekemään perusmittauksia ja tutustutaan SI-järjestelmän perussuureisiin. Työ tehdään työpistetyöskentelynä. Työpisteiden aiheet ovat pituuden mittausta, massan mittausta, ajan mittausta, lämpötilan mittausta, valaistusvoimakkuuden mittausta, sähkövirran mittausta ja pippurien lukumäärän arvioiminen purkissa. Työssä mitataan valaistusvoimakkuutta, vaikka valovoima on SI-järjestelmän perussuure.

Mittaustarkkuus ja tulosten tarkkuus

Työkortissa 2.2 määritetään hernepussin ja paperikartion putoamisnopeus ja lasketaan mittaustulokselle luotettavuusväli. Tulosten ilmoittaminen tietyllä tarkkuudella perustuu siihen, että mittaukset ovat melkein aina likiarvoja. Tässä yhteydessä on hyvä pohtia numeromuodossa esitetyn tiedon täsmällisyydestä ja mittaamalla saadun tiedon epätasällisyydestä seuraavaa hämmennystä: numeroin esitetty tieto koetaan täsmälliseksi, vaikka se olisikin mittaamalla saatua vain tietyllä tarkkuudella tunnettua tietoa.

Työkortit

- Työkortti 2.1: Perusmittauksia ja perusyksiköt
- Työkortti 2.2: Hernepussin ja paperikartion pudottaminen

WWW-sivut (linkit tarkistettu 6.3.2012)

- Mittatekniikan keskus: <http://www.mikes.fi/>
- BIMP (Bureau International des Poids et Mesures). Ranskan Sèvres'ssä sijaitseva SI-järjestelmää ylläpitävän järjestön päämaja: <http://www.bipm.org/en/si/>
- NIST (National Institute of Standards and Technology). Amerikkalainen mittaustekniikan keskus, joka ylläpitää mm. luetteloa luonnonvakioiden hyväksytyistä arvoista: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/>

Lisätietoa: Mittaustarkkuuden määrittäminen

Mittaustuloksen virhe

Mittaustulos on melkein aina likiarvo. Sitä, kuinka paljon mittauksessa saatu arvo enintään poikkeaa suureen todellisesta arvosta, kutsutaan **mittausvirheeksi**. Nimitys on hieman harhaanjohtava, koska mittauksen epätarkkuus ei yleensä johdu siitä, että mittausta olisi tehty jollain tavalla väärin, vaan se on seurausta mittavälineen rajallisesta tarkkuudesta.

Satunnainen virhe johtuu yleensä mittaajasta itsestään. Mittalaitetta käytetään väärin tai huolimattomasti. Joissain tilanteissa myös itse kohde saattaa vaikuttaa mittaustulokseen. Satunnainen virhe aiheuttaa sen, että mittaustulokset jakautuvat todellisen arvon molemmin puolin. Jos koe toistetaan monta kertaa, satunnainen virhe pienenee.

Mittauksessa **systemaattinen virhe** voi aiheutua viallisesta mittarisista, joka näyttää jatkuvasti väärin. Systemaattinen virhe voi aiheutua väärästä mittausten menetelmästä tai mittaaja ei muista ottaa kaikkia tulokseen vaikuttavia tekijöitä huomioon. Tällöin kaikki mittaustulokset poikkeavat todellisesta arvosta samaan suuntaan suurin piirtein saman verran. Mittaaja ei yleensä huomaa systemaattisen virheen syytä. Syy voi löytyä helpommin, jos joku toinen tekee saman mittauksen eri mittavälineellä.

Jos toistomittauksessa yksi mitattu arvo poikkeaa selvästi muista arvoista, kyseessä on **karkea virhe**. Tällainen tulos yleensä hylätään, koska se on selvästi väärä. Karkea virhe syntyy esimerkiksi, kun mittaria luetaan väärin.

Mittauksen tarkkuus voidaan ilmaista käyttäen joko **absoluuttista** tai **suhteellista virhettä**. Suureen x absoluuttinen virhe Δx kertoo, kuinka paljon mittaustulos enintään poikkeaa suureen todellisesta arvosta. Jos mittauksen absoluuttinen virhe tunnetaan, mittaustulos voidaan ilmoittaa virherajojen kanssa muodossa $x \pm \Delta x$. Esimerkiksi, jos ilman lämpötila on $22,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja mittarin mittaustarkkuus on $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, voidaan lämpötila ilmoittaa muodossa $22,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai $(22,3 \pm 0,2)\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mittaustuloksessa ja -tarkkuudessa on oltava yhtä monta desimaalia.

Suhteellinen virhe ilmaisee mittaustuloksen x suhteen mittaustulokseen x . Suhteellinen virhe ilmaistaan usein prosentteina.

Yhden mittauksen virhe syntyy mittalaitteen asteikon lukematarkkuudesta ja mittaajan toiminnan tarkkuudesta. Mittalaitteen lukematarkkuus on yleensä puolet mitta-asteikon jakovälistä. Esimerkiksi mittanauhassa asteikon jakoväli on 1 mm , joten mittanauhan lukematarkkuus on $0,5\text{ mm}$.

Mittaussarjan mittausvirhettä voidaan arvioida monilla eri tavoilla. Menetelmät voivat olla matemaattisesti hyvinkin vaativia. Toistomittauksissa koko mittaussarjan mittaustuloksena voidaan käyttää yksittäisten mittaustulosten keskiarvoa \bar{x}_{ka} . Mittauksen tarkkuudelle saadaan karkea arvio maksimi–minimi-menetelmällä, jossa lasketaan vaihteluvälin puolikas

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}.$$

x_{\max} on suurin ja x_{\min} pienin toistomittauksessa saatu tulos.

Työkortti 2.1: Perusmittauksia ja perusyksiköt

Tavoite:

Työssä opetellaan tekemään perusmittauksia ja tutustutaan SI-järjestelmän perussuureisiin.

Välineistö:

Käytettävissä olevat välineet ovat rullamitta 2 kpl, työntömitta, mikrometriruuvi, henkilövaaka, laboratoriovaaka, statiivi, punnus, lankaa, sekuntikello, lämpömittari, valaistusmittari, virtamittari, pippuripurkki, 1-2 cm paksu kappale, pieni esine (esimerkiksi ilmakiväärin luoti), vesiaastia 3 kpl, kynttilä, tulitikut, paristo 2 kpl, johtimia 5 kpl, hehkulamppu tai diodi

Työohje:

1. Muodostetaan 2-3 opiskelijan tutkimusryhmät.
2. Mittaukset suoritetaan työpisteissä opettajan antamien ohjeiden mukaisesti. Siirtyminen seuraavaan työpisteeseen tapahtuu aina samanaikaisesti.
3. Tutustu ensimmäiseksi työpisteen mittarin toimintaan. Suorita mittaukset ripeästi.
4. Mittaustulokset ja kysymysten vastaukset kirjoitetaan vastausmonisteeseen.

Työpiste 1: Pituuden mittaus

Arvioi annetun esineen paksuus.

Mittaa annetun esineen paksuus rullamitalla, työntömitalla ja mikrometriruuvilla.

Työpiste 2: Massan mittaus

Arvioi annetun pienen esineen massa.

Punnitse oma massasi henkilövaa'alla.

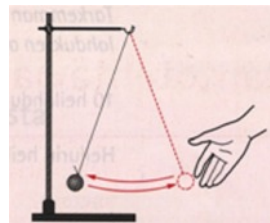
Punnitse pienen esineen massa laboratoriovaa'alla.

Työpiste 3: Ajan mittaus

Rakenna kuvan mukainen heiluri. Arvioi heilahdusaika.

Mittaa sekuntikellolla heilahdusaika.

Pohdi, miten heilahdusajan mittaustarkkuutta voitaisiin lisätä. Toista koe.



Valovoima

kuvaava valon voimakkuutta tarkastelusuunnassa. Yksikkö on kandela (cd).

Valaistusvoimakkuus

ilmoittaa, kuinka paljon valoa tulee pinnalle. Yksikkö on luks (lx).

Työpiste 4: Lämpötilan mittaus

Pöydälle on laitettu kolme vesiaastiaa. Arvioi sormella koittamalla astioissa olevien vesien lämpötilat. Mittaa vesien lämpötilat.

Työpiste 5: Valaistusvoimakkuuden mittaus

Mittaa pöydällä palavan kynttilän valaistusvoimakkuus 0,5 m ja 1,0 m etäisyydeltä.

Arvioi valaistusvoimakkuutta eri paikoissa luokahuoneessa ja koulussa. Mittaa.



Työpiste 6: Sähkövirran mittaus

Rakenna pariston, virtamittarin ja lampun muodostama sarjaankytketty virtapiiri.

Piirrä virtapiirin kytkentäkaavio. Mittaa virtapiirin sähkövirta.

Työpiste 7: Pippurien lukumäärä purkissa

Arvioi purkissa olevien pippureiden lukumäärä.

Työkortti 2.1: Perusmittauksia ja perusyksiköt, vastausmoniste

Työpiste 1: Pituuden mittaus

Arvio: _____

Mittaustulos: rullamitta _____

työntömitta _____

mikrometriruuvi _____

Mikä on rullamitan, työntömetrin ja mikrometrin lukematarkkuus?

Mitä suuretta työssä mitattiin? Mikä sen yksikkö on?

Työpiste 2: Massan mittaus

Arvio: _____

Mittaustulos: oma massa _____

pienen esineen massa _____

Mikä on henkilövaa'an lukematarkkuus?

Mikä on laboratoriovaa'an lukematarkkuus?

Mitä suuretta työssä mitattiin? Mikä sen yksikkö on?

Mikä ero suureilla massa ja paino on?

Työpiste 3: Ajan mittaus

Arvio: _____

Mittaustulos: _____

Miten pallon heilahdusajan mittatarkkuutta voitaisiin parantaa?

Uusi mittaustulos: _____

Mikä eri mittausmenetelmillä saatujen tulosten tarkkuus on?

Millaisia virheitä voi esiintyä heilahdusajan mittauksessa?

Mitä suuretta työssä mitattiin? Mikä sen yksikkö on?

Työpiste 4: Lämpötilan mittaus

Arvio: astia 1 _____

astia 2 _____

astia 3 _____

Mittaustulos: astia 1 _____

astia 2 _____

astia 3 _____

Mikä on lämpömittarin lukematarkkuus?

Mitä vaikeuksia vesien lämpötilojen arvioinnissa oli?

Mitä suuretta työssä mitattiin? Mikä sen yksikkö on?

Työpiste 5: Valaistusvoimakkuuden mittaaminen

Mittaustulos: valaistusvoimakkuus kynttilästä 0,5 m etäisyydellä _____

valaistusvoimakkuus kynttilästä 1,0 m etäisyydellä _____

Valaistusvoimakkuus:

Mittauspaikka	arvio (lx)	mittaus (lx)

Mikä on valaistusmittarin lukematarkkuus?

Mitä suuretta työssä mitattiin? Mikä sen yksikkö on?

Työpiste 6: Sähkövirran mittaaminen

Virtapiirin kytkentäkaavio:

Mittaustulos: _____

Mikä virtamittarin lukematarkkuus on?

Mitä suuretta työssä mitattiin? Mikä sen yksikkö on?

Työpiste 7: Pippurien lukumäärä purkissa

Arvio: _____

Kuvaile menetelmä, jolla arvioit purkissa olevien pippureiden määrän.

Millainen suure ainemäärä, jonka yksikkö on mooli (mol), on luonteeltaan?

Työkortti 2.2: Hernepussin ja paperikartion pudottaminen

Tavoite:

Määritetään hernepussin ja paperikartion putoamisnopeus.

Välineistö:

Käytettävissä olevat välineet ovat hernepussin (tai footbag-pallo), paperikartio (kahvisuodatin) ja sekuntikello, rullamitta.

Työohje:

1. Muodostetaan 2-3 opiskelijan tutkimusryhmät.
2. Jokainen ryhmä etsii luokasta tai koulun porraskäytävästä paikan, jossa pudotuskoe voidaan tehdä.
3. Mitataan pudotuskorkeus ja merkitään tulos taulukkoon.
4. Pudotetaan kymmenen kertaa ensin hernepussi ja sitten paperikartio. Merkitään putoamisajat taulukkoon.
5. Lasketaan mittaustulosten keskiarvo molemmille mittauksille.
6. Lasketaan minimi-maksimimenetelmällä molempien mittausten tarkkuus.
7. Ilmoitetaan putoamisajat virherajoihin $x \pm \Delta x$.

Tulosten käsittely:

Pudotuskorkeus _____

Putoamisaika (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hernepussi										
Paperikartio										

Hernepussin putoamisaikojen keskiarvo _____

Paperikartion putoamisaikojen keskiarvo _____

Hernepussin putoamisajan mittauksen tarkkuus _____

Paperikartion putoamisajan mittauksen tarkkuus _____

Hernepussin putoamisaika _____

Paperikartion putoamisaika _____

Pohdintaa:

Miksi eri mittaajien tulokset ovat erilaisia?

Kummassa mittauksessa hajonta on suhteellisesti suurempi? Mitkä seikat vaikuttivat siihen?

Onko mittauksen tarkkuus sama kuin sekuntikellon lukematarvike tai jakoväli (0,01 s)?

3. Tarkkuus ja laskun vaiheet

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- suureyhtälön ratkaiseminen
- merkitsevät numerot laskutoimituksissa
- suurilla ja pienillä luvuilla laskeminen

Aloituvihjeitä

Millä tarkkuudella on tiedettävä

- housun lahkeen pituus, kun ostaa uusia housuja
- koulumatkan pituus, kun arvioi siihen käytettävää kävelyaikaa
- keskiarvo, kun pyrkii lukioon

Vihjeitä kokeellisuuteen

Kokeellinen työskentely vaatii mittaustulosten ilmoittamista yleisimpien yksiköiden, kerrannaisyksikköjen tai kymmenpotenssimuodon avulla. Kymmenpotenssimuoto on osittain tuttua jo peruskoulusta, mutta monet opiskelijat eivät vielä tässä vaiheessa tiedä, miten kymmenpotenssimuoto syötetään laskimeen ja luetaan laskimesta.

Työkortit

- Työkortti 3.1: Kymmenpotenssit laskimella
Työkortti sisältää ohjeen kymmenpotenssimuodossa annetun luvun syöttämisestä laskimeen ja harjoituksia kymmenpotenssimuodon käyttämisestä.
- Työkortti 3.2: Muunnoslaskuja
Harjoitustehtäviä yksikkömuunnoksista, kerrannaisyksiköistä ja kymmenpotenssimuodosta.

WWW-sivut (linkit tarkistettu 13.8.2012)

- Pienestä suureen: <http://wordwizz.com/pwrsof10.htm>
- Suuria ja pieniä lukuja: <http://www.alcyone.com/max/physics/orders/metre.html>

Työkortti 3.1: Kymmenpotenssit laskimella

Kymmenpotenssimuodossa oleva luku syötetään laskimeen siten, että ensin syötetään kymmenen potenssia edeltävän kertoimen numerot ja mahdollinen desimaalipilkku. Useimmissa laskimissa kymmenpotenssi syötetään niin, että ensin painetaan **[EXP]**- tai **[EE]**-näppäintä, sitten tarvittaessa etumerkinäppäintä **[(-)]**, ja sitten syötetään kymmenen potenssin numerot.

Esimerkiksi luku $1,602 \cdot 10^{-19}$ syötetään näppäilemällä

[1] **[,]** **[6]** **[0]** **[2]** **[EXP]** **[(-)]** **[1]** **[9]**

tai

[1] **[,]** **[6]** **[0]** **[2]** **[EE]** **[(-)]** **[1]** **[9]**

Laske seuraavat laskutoimitukset laskimellasi:

1. $1,457 \cdot 10^{15} \cdot 354 \cdot 10^{-7}$ $(5,16 \cdot 10^{10})$

2. $(2,68 \cdot 10^8 + 5,35 \cdot 10^7) \cdot 12,4 \cdot 10^{-5}$ $(3,99 \cdot 10^4)$

3. $\frac{6,78 \cdot 10^{22}}{3,902 \cdot 10^{15}}$ $(1,74 \cdot 10^7)$

4. $6,6742 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,974 \cdot 10^{24} \cdot 7,348 \cdot 10^{22}}{(4,067 \cdot 10^8)^2}$ $(1,771 \cdot 10^{20})$

5. $2,3 \text{ ml} \cdot 1,7 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$ $(3,91 \text{ g})$

6. $\frac{1,21 \text{ Mm}}{2,42 \text{ mm}}$ $(0,5 \cdot 10^9)$

Työkortti 3.2: Muunnoslaskuja

1. Muunna annetut suureiden arvot haluttuun yksikköön.

- a) $0,022 \text{ km} = \text{_____ m}$
- b) $6,2 \text{ mm} = \text{_____ m}$
- c) $6,3 \text{ m} = \text{_____ cm}$
- d) $0,903 \text{ m} = \text{_____ mm}$
- e) $15 \text{ cm} = \text{_____ nm}$
- f) $6,12 \text{ mm} = \text{_____ m}$
- g) $3,1 \text{ cm} = \text{_____ m}$
- h) $1,6 \text{ m} = \text{_____ mm}$

2. Mittaa viivaimella oppikirjasi paksuus.

- a) Kirjan paksuus on _____ mm.
- b) Kuinka monta mikrometriä kirjan paksuus on?

- c) Kuinka monta nanometriä kirjan paksuus on?

3. Kirjoita annetut lähtöarvot ja vastaa kysymykseen käyttäen yksikköjen lyhenteitä ja kymmenpotenssimuodossa.

- a) Bakteerin pituus on 1,2 mikrometriä. Kuinka monta millimetriä sen pituus on?

- b) Mikroskoopilla voidaan nähdä kohde, jonka halkaisija on 0,2 mm. Kuinka suuri halkaisija on nanometreinä?

- c) Hiiliatomin halkaisija on noin 1 nanometri. Mahtuuko se 15 Ångströmmiin aukosta? Vihje: Ångström on 10^{-10} m .

4. Kirjoita seuraavat tulokset kymmenpotenssimuodossa ja kerrannaisyksiköiden avulla.

- a) 600000000 m
- b) 0,0032 kg
- c) 20220 cm
- d) 0,00063 m
- e) 7003000 kg
- f) 0,00000000002 g

5. Kirjoita seuraavat luvut ilman kymmenpotenssimuotoa kerrannaisyksiköiden avulla.

- a) $4,5 \cdot 10^3$ m
- b) $6,05 \cdot 10^{-3}$ kg
- c) $3,115 \cdot 10^6$ m
- d) $1,99 \cdot 10^{-8}$ m

6. Muunna seuraavat.

- a) $2,3 \text{ l} = \text{_____ dm}^3 = \text{_____ cm}^3$
- b) $0,6 \text{ m}^3 = \text{_____ l}$
- c) $0,201 \text{ l} = \text{_____ mm}^3$
- d) $2456 \text{ cm}^3 = \text{_____ dm}^3 = \text{_____ l}$

4. Mallit kuvaavat todellisuutta

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Harjoitellaan mittaamista
- Käsitellään mallien merkitystä fysiikassa
- Mallin pätevyysalue
- Opitaan laatimaan graafinen malli
- Kerrataan tiheyden käsite

Aloitusevihjeitä

Fysiikan tapa kuvata ympäröivää todellisuutta perustuu malleihin. Tässä luvussa tutustutaan siihen, mitä mallilla fysiikassa tarkoitetaan, ja millaisia malleja fysiikassa käytetään. Päähuomio on graafisen mallin laatimisessa. Mallien käsittelyn aluksi voidaan keskustella siitä, mitä mallikäsité tarkoittaa eri yhteyksissä. Keskustelun käynnistämistä voivat auttaa esimerkiksi seuraavat kysymykset

- Mitä arkikielessä tarkoitetaan sanalla malli?
- Mitä yhteistä on käsitteillä valokuvamalli, pienoismalli ja kokeen mallivastaus? Miten nämä käsitteet poikkeavat toisistaan?
- Missä yhteyksissä käsitettä malli käytetään arkielämässä ja missä yhteyksissä fysiikassa?
- Miksi malleja käytetään fysiikassa?
- Millaisia malleja Maan muodosta on ollut?

Vihjeitä kokeellisuuteen

Graafisen mallin laatiminen

Graafisen mallin laatimista on luontevaa harjoitella esimerkiksi tutkimalla jonkin aineen massan ja tilavuuden välistä yhteyttä, jolloin tullaan määritelleeksi aineen tiheys. Työkorteissa on työohjeet sekä nesteen että kiinteän aineen tiheyden määrittämiseksi. Molemmista on myöhempänä kohdassa ”valmiita mittauksia” myös valmiit mittaustulokset, joita voi käyttää mikäli mittauksia ei ole mahdollista tehdä tunnilla. Myös sähköisessä materiaalissa olevan videon avulla voidaan mallin laatimista käsitellä ”kokeellisesti”, vaikka itse mittauksia ei tunnilla suoritettaakaan.

Yksinkertaisia mittauksia ja mallintamista

Tutkitaan, miten superpallon

a) ensimmäisen pompun korkeus

b) pomppimisaika

riippuu pudotuskorkeudesta.

Tutkimukseen tarvitaan superpallo, mittanauha ja sekuntikello.

- Mieti, minkä muuttujien on pysyttävä tutkimuksen aikana vakiona ja varmista, että ne eivät muutu.
- Kerää mittaustulokset taulukkoon ja esitä ne graafisesti sopivassa koordinaatistossa.
- Voiko molempia riippuvuuksia esittää hyvin mallilla, jossa tutkittavana oleva suure on suoraan verrannollinen pudotuskorkeuteen?

HUOM! Interpoloitaessa kuvaajalta luetaan arvoja pistejoukon sisältä ja ekstrapoloitaessa pistejoukon ulkopuolelta

Tässä työssä on kaksi mittausta, joista a)-kohdan tapauksessa suureet ovat suoraan verrannollisia ja b)-kohdan tapauksessa eivät. Jälkimmäisestä mittauksesta voidaan havaita, että pomppimisajan neliö on verrannollinen pudotuskorkeuteen. Suoraan verrannollisuus saadaan siis muuttujanvaihdon avulla. Muuttujanvaihtoa ei välttämättä kannata käsitellä vielä ensimmäisellä kurssilla, ja siihen voi palata jollain syventävistä kursseista. Nesteen tiheyden mittauksesta on tuloksia kohdassa ”valmiita mittauksia”.

Työkortti 4.1: Nesteen tiheyden määrittäminen

Tavoite:

Määritetään tuntemattoman nesteen tiheys.

Välineistö:

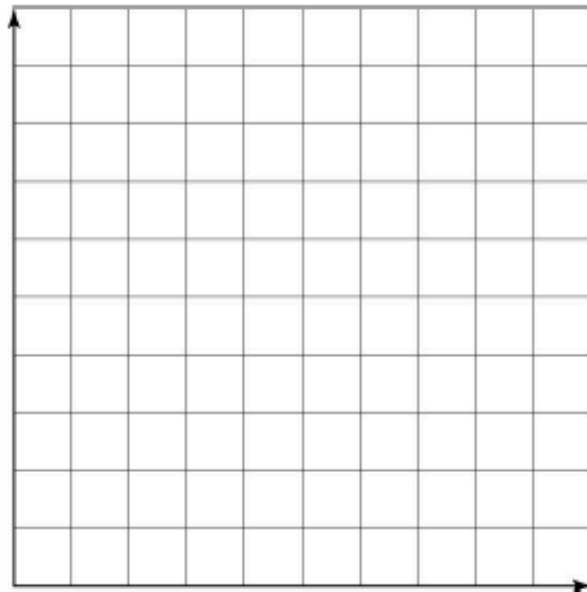
Käytettävissä olevat välineet ovat mittalasi ja vaaka. Tutkittavaa nestettä voit ottaa keitinlasiin.

Työohje:

1. Aseta tyhjä mittalasi vaa'alle ja nollaa vaaka.
2. Lisää mittalasiin vähän nestettä, ja kirjaa alla olevaan taulukkoon nesteen tilavuus ja massa.
3. Mittaa kymmenen eri nestemäärän tilavuus ja massa.
4. Sijoita mittaustulokset taulukon vieressä olevaan koordinaatistoon.
5. Sovita tuloksiin sopiva suora, ja määritä nesteen tiheys sovitetun suoran avulla.

Tulosten käsittely:

tilavuus (cm³)	massa (g)



Pohdintaa:

1. Mikä oli mittaamasi nesteen tiheys?
2. Selvitä taulukkokirjan avulla, mitä nestettä tutkit.

Työkortti 4.2: Kiinteän aineen tiheyden määrittäminen

Tavoite:

Määritetään tuntemattoman kiinteän aineen tiheys.

Välineistö:

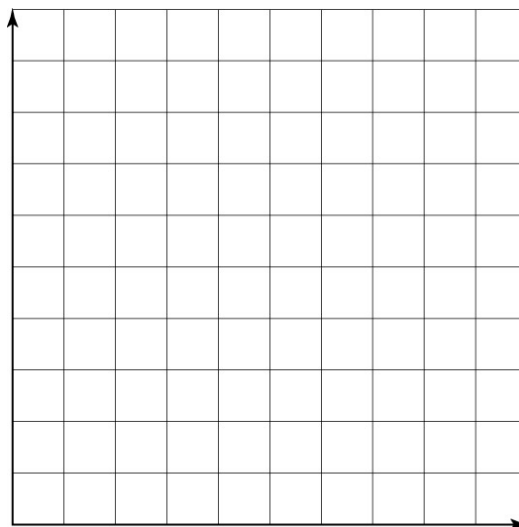
Käytettävissä olevat välineet ovat mittalasi ja vaaka.

Työohje:

1. Punnitse tuntemattomasta aineesta tehty kappale ja kirjaa massa alla olevan taulukon neljänteen ruutuun.
2. Aseta vaa'alle mittalasi, jossa on vettä noin puoliväliin, ja nollaa vaaka.
3. Kirjaa taulukon toiseen ruutuun nesteen tilavuus.
4. Laita mittalasiin yksi tuntemattomasta aineesta tehty kappale, ja kirjaa alla olevaan taulukkoon nesteen ja kappaleen yhteistilavuus ensimmäiseen ruutuun ja kappaleen massa neljänteen ruutuun.
5. Laita mittalasiin toinen kappale, ja merkitse taulukkoon vastaavat tiedot.
6. Tee vähintään kahdeksan eri mittausta. Sijoita mittaustulokset taulukon vieressä olevaan koordinaatistoon.
7. Sovita tuloksiin sopiva suora, ja määritä aineen tiheys sovitetun suoran avulla.

Tulosten käsittely:

Yhteis-tilavuus (cm ³)	Nesteen tilavuus (cm ³)	Kappaleiden tilavuus (cm ³)	Kappaleiden massa (g)



Pohdintaa:

1. Mikä oli mittaamasi aineen tiheys?

2. Selvitä taulukkokirjan avulla, mitä ainetta tutkit.

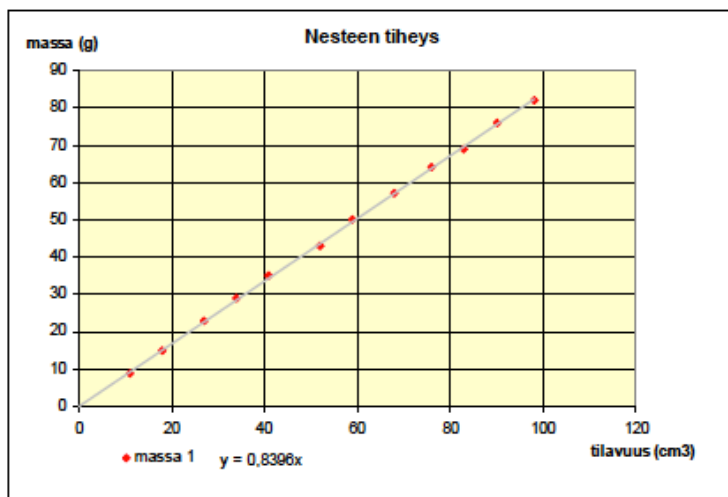
Valmiita mittauksia

Tuntemattoman nesteen tiheys

Tyhjä mittalasi asetettiin vaa'alle ja vaaka nolattiin. Mittalasiin kaadettiin vähän spriikeittimen polttoainetta. Polttoaineen lisäämisen jälkeen luettiin vaa'an lukema ja mittalasisa olevan polttoaineen tilavuus. Mittauksessa saatiin seuraavat tulokset.

tilavuus (cm ³)	massa (g)
11	9
18	15
27	23
34	29
41	35
52	43
59	50
68	57
76	64
83	69
90	76
98	82

Tuloksia havainnollistettiin graafisesti, jolloin saatiin seuraava kuvaaja.



1. Mikä oli mittaamasi nesteen tiheys?

2. Selvitä taulukkokirjan avulla, mitä nestettä tutkit.

5. Liikkeessä paikka muuttuu

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- liikkeen esitystavat
- keskinopeus
- kuvaajan jyrkkyys ja nopeus

Aloitusehdot

- Mitä suureita pitää mitata, että auton liikettä voidaan kuvata?
- Millä suureilla kuvailisit koulumatkaasi?
- Mitä yksiköitä käytetään nopeuden ilmoittamisessa?
- Mitä suureita tarvitaan liikkeen kuvaamiseen?

Luvun opiskelu voidaan aloittaa mm. katselemalla kuvia sivulta 34 ja samalla pohditaan, millaista liikettä kuvat esittävät, mitkä ovat liikkeen ominaispiirteet ja miten liikkeitä voitaisiin kuvata.

Työtapanehdot

Kirjan sivun 34 kuvaa voidaan käyttää liikkeen kuvaamisen lähtökohtana. Opiskelijoiden kanssa kannattaa keskustella kuvan esitysmuodosta eli kuvassa Raketti-laitteen istuin on esitetty aina puolen sekunnin välein. Tällöin voidaan tutkia eri aikaväleillä edetyn matkan muutosta. Voidaan miettiä, millaista liikettä kuva esittää. Miten sen voi päätellä kuvasta? Miten se näkyy kuvista sivulla 34?

Opiskelijoiden kanssa on hyvä harjoitella koordinaatiston piirtämistä, suureiden ja yksikköjen kirjoittamista akselille, akselien jakoa jne. Tässä voi käyttää mm. annettuja valmiita mittaustuloksia oppilaan kävelystä. (ks. kohta Valmiita mittauksia).

Keskinopeus

Keskinopeuden opettamisessa on oleellista muistuttaa opiskelijoille, että keskinopeus ei ole nopeuksien keskiarvo. Keskustelussa voi käyttää seuraavaa esimerkkiä.

Esimerkki

Ajetaan 100 km matka. Alkumatkan puolituntia nopeudella 80 km/h ja loppumatka nopeudella 50 km/h. Mikä on keskinopeus?

Ratkaisu

Kun ajetaan nopeudella 80 km/h puolituntia, kuljetaan matka $80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 0,5 \text{ h} = 40 \text{ km}$.

Loppumatka on siis $100 \text{ km} - 40 \text{ km} = 60 \text{ km}$. Loppumatkaan kuluu aikaa $\frac{60 \text{ km}}{50 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 1,2 \text{ h}$.

Kokonaisaika on siten $0,5 \text{ h} + 1,2 \text{ h} = 1,7 \text{ h}$ ja keskinopeus keskinopeuden määritelmän mukaan

$$v_k = \frac{\text{kuljettu matka}}{\text{käytetty aika}} = \frac{100 \text{ km}}{1,7 \text{ h}} \approx 58,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Jos lasketaan nopeuksien keskiarvo, saadaan

$$\frac{80 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{2} = 65 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Siis keskinopeus ei ole nopeuksien keskiarvo.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Tutkitaan erilaisia liikkeitä ultraäänitutkalla. Seuraavia opetuskertoja varten voidaan jo keskustella tasaisen ja muuttuvan liikkeen eroista.

Työ: Määritä kävelijän keskinopeus

Eräs toteutustapa

- opiskelijat asettuvat käytävälle 2 metrin välein
- jokainen mittaa kävelevän opiskelijan ajan omalla kohdallaan
- piirretään koordinaatisto luokan taululle ja kukin opiskelija merkkää omat mittaustuloksensa koordinaatistoon
- keskinopeus lasketaan eri aikaväleillä
- verrataan tuloksia.

Työkortit

- Työkortti 5.1: Liikkeen esittäminen
Työkortissa opetellaan piirtämään annetut mittaustulokset koordinaatistoon.
- Työkortti 5.2: Kävelijän liike
Työkortissa opetellaan suunnittelemaan mittaus, jolla saadaan määritetyksi kävelijän nopeus.

Lisätietoa: liikeopin historiaa

Pythagoras

Matematiikan koulukurssista on kaikille tuttu Pythagoraan väittämä, jonka avulla voidaan laskea suorakulmaisen kolmion sivuja. Pythagoraan luoma koulukunta vaikutti kuudennella vuosisadalla ennen ajanlaskun alkua Sisiliassa, joka silloin kuului Kreikkaan. Oppineet pyrkivät tarkkuuteen luonnon kuvailussa ja pyrkivät selittämään kaiken kokonaislukujen avulla. He kehittivät muun muassa matemaattista ääniteoriaa. Pythagoralaisuudella oli huomattava merkitys, kun uusi kvantitatiivinen luonnontiede alkoi kehittyä uuden ajan alussa 1500-luvun lopussa.

Aristoteles

Pythagoralaisten kvantitatiivinen luonnonselitys unohdettiin ja neljännellä vuosisadalla ennen ajanlaskun alkua kreikkalainen filosofi Aristoteles kehitti kvalitatiivisen luonnonselityksensä. Esimerkiksi liikkeitä hän selitti kvalitatiivisesti jakamalla liikkeitä kahteen pääluokkaan: luonnolliset liikkeet ja pakotetut liikkeet.

Maanpäälliset aineet koostuivat neljästä alkuaineesta tuli, ilma, vesi ja maa, jotka olivat luonnollisissa paikoissaan tässä järjestyksessä. Kreikkalaisten mukaan kaikki kappaleet koostuivat neljän alkuaineen maan, veden, ilman ja tulen seoksesta. Nämä alkuaineet eivät olleet samoja kuin vastaavat samannimiset aineet. Esimerkiksi vesi koostui kaikista neljästä alkuaineesta, mutta siinä oli enimmäkseen vesi alkuainetta. Jokaisella alkuaineella oli luonnollinen paikkansa maapallon lähettyvillä. Tuli oli korkeimmalla, sen jälkeen oli ilma, sitten vesi ja lopulta maa. Jokaisen kappaleen liike seuraa sen alkuaine koostumuksesta. Siten saviruukku, joka koostui enimmäkseen maa-aineesta, kulkeutuisi ilman ja veden läpi lepotilaan merenpohjan maahan.

Luonnollisen liikkeen avulla selitettiin myös taivaallisten kappalten liikkeet. Tähdet koostuivat viidennestä alkuaineesta, jonka luonnollisena liikkeenä oli ympyräliike. Siksi tähdet liikkuvat ikuisesti ympyrä ratoja pitkin. Maanpäällisten kappalten luonnollisena liikkeenä oli palata vapaasti niiden luonnolliseen paikkaansa. Kaikki muu liike, esimerkiksi heittoliike, oli luonnontonta ja pakotettua. Aristoteleen mukaan pakotettu liike vaati aina liikuttavan voiman. Lisäksi liikkuvan kappaleen nopeus oli suoraan verrannollinen kappaleeseen vaikuttavaan voimaan.

Aristoteleen ja hänen jälkeisten tiedemiesten ongelmana oli selittää muun muassa ilmassa lentävien kappalten liike. Miksi nuoli jatkaa lentoaan, vaikei se enää olekaan kosketuksissa

jouseen ja ampujaan? Aristoteles kehitti tähän teorian, jonka mukaan ilma joutui liikettä kannattelevaan tilaan. Niin kauan kuin ilma oli liikettä ylläpitävässä tilassa, nuoli pysyi ilmassa. Vähitellen tämä kannattelu kuitenkin heikkenee ja nuoli putoaa alas luonnolliseen paikkaansa maahan. Toiset tutkijat esittivät, että nuoli työntää ilman edestään ja tämän ilman pyörteet työntävät nuolta eteenpäin.

Kun on tutkittu opiskelijoiden ajattelumalleja liikkeestä ja voimasta, tutkimuksissa on paljastunut monia opiskelijoiden ajattelutapoja, jotka ovat yhdensuuntaisia Aristoteleen ajattelun kanssa. Kun kysytään selvitystä golfpallon lentoon, saattaa opiskelija vastata seuraavasti: ”Aluksi pallo saa voimaa lyönnistä. Tällöin se lähtee liikkeelle. Liikkumisessa lyöntivoima kuluu ja vähitellen pallo putoaa alas.”

Keskiaikaiset liikkeen selitykset

Kuudennella vuosisadalla elänyt Filoponus kehitti impetus eli 'sisään sulloin voiman' oppia. Neljäntoista vuosisadalla elänyt John Buridan kehitti sitä edelleen. Tämän teorian mukaan kappaleen liikkeelle paneva toiminta suloi kappaleeseen voimaa, impetusta, joka piti kappaleen liikkeessä.

Kappale jatkoi liikettään siten kuin se oli laitettu liikkumaan: suoraviivaisesti, ylös, alas, vaakasuoraan, ympyräliikkeeseen jne. Kun kivi heitetään, se saa kädestä impetusta ja jatkaa sen ”voimalla” liikettä. Vähitellen impetus kuluu ilmanvastuksen ja maan vetovoiman vuoksi, jolloin kivi lähtee alaspäin.

Galilei

1600-luvulle alkoi kehittyä uusi kokeellinen ja matemaattinen suuntaus luonnontutkimuksessa. Tämän jakson tunnetuin edustaja on Galileo Galilei.

Käyttämällä loogista päättelyä, ajatuskokeita ja todellisia kokeita Galilei pyrki osoittamaan aristoteelisen ajattelun vääräksi. Asettamalla kyseenalaiseksi totena pidetyt Aristoteleen opetukset ja pyrkimällä kvantitatiiviseen, matemaattis-kokeelliseen metodiin, Galilei aloitti tieteellisen vallankumouksen, josta vähitellen kehittyi moderni luonnontiede. Galilei kehitti liikeoppia, mutta hän ei vielä keksinyt liikkeen ja voiman yhteyttä, joka jäi Newtonin paljastettavaksi.

Galilein tutkimusten perustana oli aikaisemmasta poikkeava luonnontieteellinen ajattelu, jonka Galilei kiteytti seuraavasti:

"Filosofia on kirjoitettu tähän suureen kirjaan, maailmankaikkeuteen, joka on pysyvästi avoimena meidän katseellemme. Sitä kirjaa ei kuitenkaan ymmärrä ennen kuin oppii käsittämään kieltä ja lukemaan kirjaimia, joilla se on kirjoitettu. Se on kirjoitettu matematiikan kielellä ja sen aakkoset ovat kolmioita, ympyröitä ja muita geometrisia kuvioita, joita ilman on ihmisen mahdotonta ymmärtää sanaakaan; ilman näitä vaellamme vain pimeässä labyrintissa. "

Galilein ajatus eroaa ratkaisevasti aikaisemmasta Aristoteleen tieteenfilosofiasta, jonka mukaan tiede perustui suoriin aistihavaintoihin ja luonnollisen kielen analyysiin. Sen sijaan Galilein näkemys on sopusoinnussa modernin ei-naiivin tieteellisen realismin kanssa, jonka mukaan todellisuus paljastuu vain epäsuorasti. Modernin tieteellisen realismin mukaan objektiivista tietoa ihmisestä riippumattomasta todellisuudesta saadaan kehittämällä malleja, jotka esittävät todellisia objekteja.

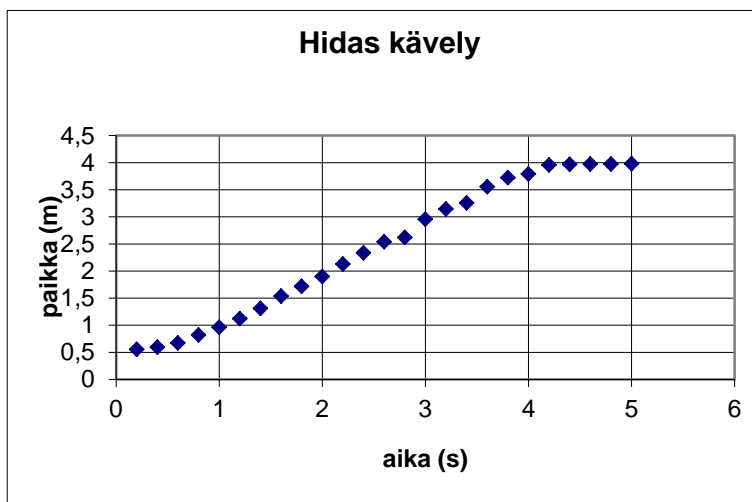
Itse asiassa tieteen tekeminen on juuri mallien rakentamista. Erityisesti fysiikan tehtävänä on konstruoida ja testata matemaattisia malleja tutkittavista fysikaalisista systeemeistä. Fysiikka kuvaa matemaattisen mallin kautta todellisuutta. Fysiikkaa ja malleja ei löydy valmiina luonnosta, vaan fysiikka on mallien tekemistä ja parantamista.

Fysiikan opettamiseen liittyy sekä todellisuus, fysiikan mallit että opiskelijan näistä luomat käsitteelliset mallit. Opiskelijalla on jokin malli todellisuudesta. Tämä malli poikkeaa usein fysiikan "virallisesta" mallista. Opettajan tehtävä on ohjata opiskelija käyttämään fyysikkojen mallia. Fysiikan mallien ja opiskelijan käsitteellisten mallien poikkeavuuden lisäksi fysiikan oppimiseen vaikuttaa se, minkälainen käsitys opiskelijalla on fysiikasta. Mikäli opiskelija pitää fysiikkaa lopullisten totuuksien ilmoittajana, hänen asenteensa fysiikkaa ja fysiikan opiskelua kohtaan on aivan erilaista kuin jos hän ymmärtää fysiikan tehtäväksi mallien rakentamisen.

Valmiita mittauksia

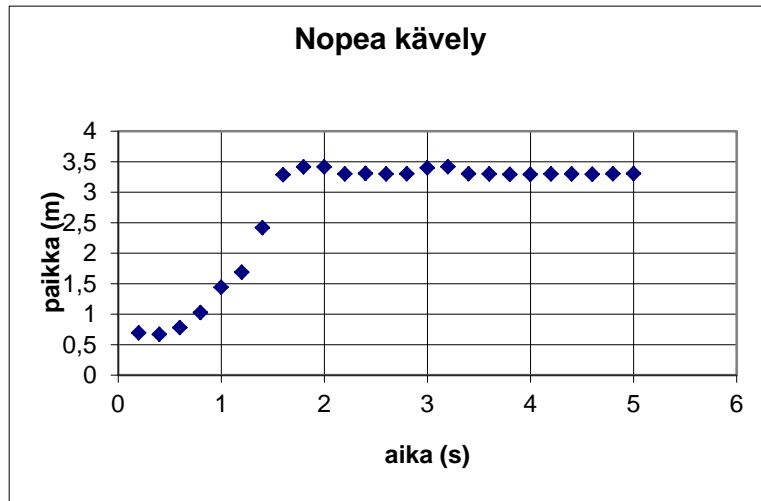
Excel pohja 1: Kävelijän hidas kävely

aika (s)	paikka (m)
0,2	0,55
0,4	0,59
0,6	0,67
0,8	0,82
1	0,96
1,2	1,12
1,4	1,31
1,6	1,54
1,8	1,72
2	1,90
2,2	2,13
2,4	2,34
2,6	2,54
2,8	2,62
3	2,96
3,2	3,14
3,4	3,26
3,6	3,55
3,8	3,72
4	3,79
4,2	3,96
4,4	3,97
4,6	3,97
4,8	3,97
5	3,98



Excel pohja 2: Nopea kävely

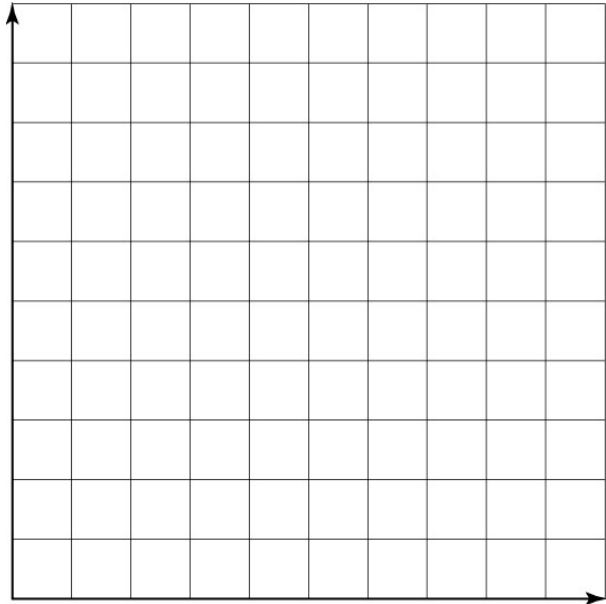
aika (s)	paikka (m)
0,2	0,69
0,4	0,67
0,6	0,78
0,8	1,02
1	1,44
1,2	1,69
1,4	2,42
1,6	3,28
1,8	3,41
2	3,41
2,2	3,30
2,4	3,31
2,6	3,30
2,8	3,30
3	3,40
3,2	3,42
3,4	3,30
3,6	3,30
3,8	3,29
4	3,29
4,2	3,30
4,4	3,30
4,6	3,29
4,8	3,30
5	3,30



Työkortti 5.1: Liikkeen esittäminen

Juoksijan liikettä tutkittiin ja saatiin seuraavat juoksijan nopeudet.

aika (s)	nopeus (m/s)
0,0	0,0
5,0	4,7
10,0	7,2
15,0	8,3
20,0	6,9
25,0	3,6



Esitä mittaustulokset koordinaatistossa.

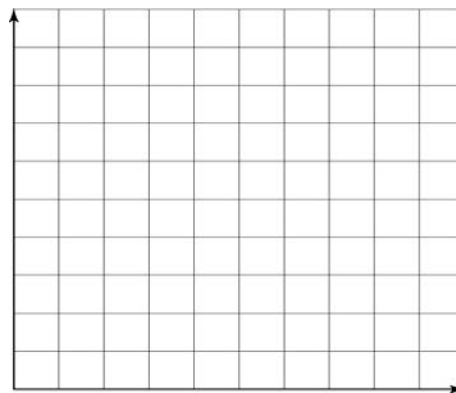
- Valitse sopiva jaottelu koordinaattiakseleille.
- Merkkää suureet ja yksiköt.
- Sijoita lukuarvot koordinaatistoon.
- Piirrä havaintoarvojoukon kautta sovitettu suora tai käyrä.

Työkortti 5.2: Kävelijän liike

Suunnittele mittaus, jolla tutkit kävelijän liikettä.

- Kirjoita mittaussuunnitelma.
- Merkitse mittaustulokset taulukkoon ja piirrä mittaustuloksista kuvaaja koordinaatistoon.

aika (s)	paikka (m)



- Miten saat selville kävelijän keskinopeuden?
- Miten suuri keskinopeus on?

6. Tasaisessa liikkeessä kappaleen nopeus ei muutu

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- liikkeen esitystavat
- tasainen liike

Aloitusevihjeitä

- Missä esiintyy tasaista liikettä luonnossa?
- Mikä liike on täysin tasaista?
- Vaikka täysin tasaista liikettä ei ole olemassa, niin miksi silti käytetään tasaisen liikkeen mallia?
- Millainen tasaisen liikkeen aika–matka-kuvaaja on?

Työtapavihjeitä

Tasainen liike mallina

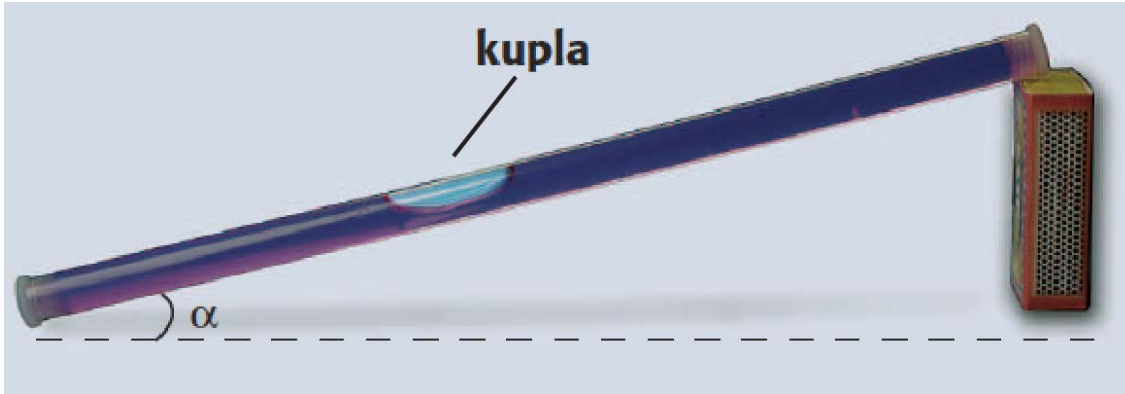
On tärkeää korostaa opetuksessa tasaisen liikkeen malliluonnetta. Tasainen liike on fysiikan kurssien ensimmäisiä malleja, joten sen yhteydessä voi johdatella opiskelijoita yleisemminkin fysiikan ja luonnontieteiden malliajatteluun. Nykyinen tapa kuvata luonnonilmiöitä matemaattisella mallilla on ajatuksena vanha. Se esiintyi jo antiikin aikana. Esimerkiksi Platon pyrki kuvamaan luonnonilmiöitä geometrian säännöllisillä kappaleilla.

Graafinen integrointi

Tässä luvussa tutustutaan ensimmäistä kertaa graafiseen integrointiin. Tässä luvussa graafisen integroinnin avulla määritetään kappaleen kulkema matka kappaleen nopeuden kuvaajasta. Opiskelijoille on hyvä korostaa, että vastaavaa menettelyä tullaan soveltamaan monessa muussa kurssissa. Graafista integrointia voi harjoitella työkortin avulla.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Ilmakuplan liikkeen mallintaminen



Tutkitaan ilmakuplan liikettä vesiputkessa.

- Merkitään mittaustulokset taulukkoon ja piirretään niistä kuvaaja aika-paikka-koordinaatistoon.
- Määritetään pisteiden kautta sovitetun suoran kulmakerroin.
- Vertaillaan eri kaltevuuksilla olevien suorien jyrkkyyksiä.

Vaihtoehtoinen työ

Tutkitaan tasaista liikettä ultraäänianturin avulla: opiskelija kävelee, vaunu liikkuu kitkattomalla alustalla. Verrataan, miten paikan ja nopeuden kuvaajat suhtautuvat toisiinsa.

Työkortit

- Työkortti 6.1: Graafinen integrointi
- Työkortti 6.2: Liikkeestä malli ja mallista liike

Työkortti 6.1: Graafinen integrointi

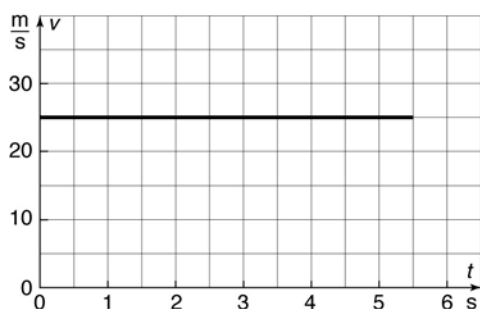
Graafisella integroinnilla voidaan määrittää tiettyjen suureiden arvoja tai arvojen muutoksia kuvaajasta pinta-alan avulla.

Tällainen suure on esimerkiksi kappaleen paikka (kappaleen kulkema matka). Perusteluna voidaan ajatella, että suure saadaan kahden muun suureen tulona: $s = vt$. Voidaan siis tulkita, että esimerkiksi matka s saadaan pinta-alana suorakulmiosta, jonka sivut ovat v ja t .

Tarkastellaan seuraavassa paikan määrittystä nopeuden kuvaajasta.

Esimerkki 1. Vakionopeus.

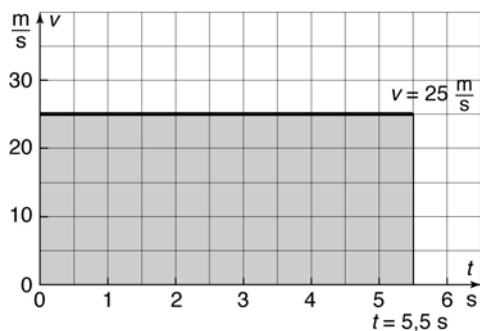
Olkoon kappaleen nopeuden kuvaaja seuraava.



Määritetään kappaleen kulkema matka aikavälillä $0,0 \text{ s} - 5,5 \text{ s}$.

Koska $s = vt$, matka saadaan kuvaajasta laskemalla nopeuden kuvaajan ja aika-akselin väliin jäävä fysikaalinen pinta-ala aikavälillä $0,0 \text{ s} - 5,5 \text{ s}$.

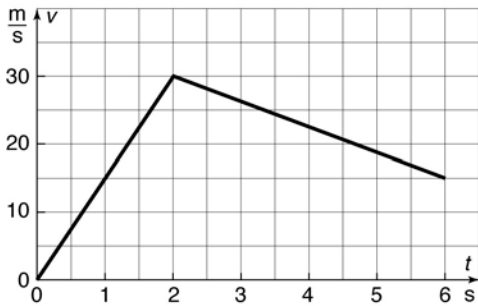
Pinta-alaksi saadaan $25 \frac{m}{s} \cdot 5,5 \text{ s} = 137,5 \text{ m}$.



Esimerkki 2.

Muuttuva nopeus, mutta kiihtyvyys vakio eli muutosnopeus on vakio.

Olkoon kappaleen nopeuden kuvaaja seuraava.

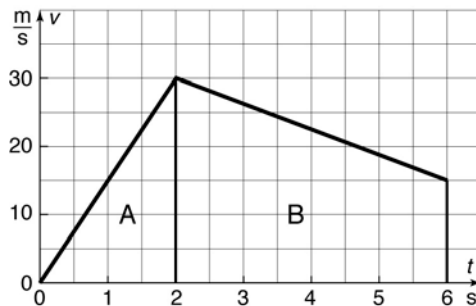


Määritetään kappaleen kulkema matka aikavälillä 0,0 s – 6,0 s. Yleistetään edellisen kohdan menettely koskemaan myös tilannetta, jossa nopeus ei ole vakio. Siten matka saadaan kuvaajasta laskemalla nopeuden kuvaajan ja aika-akselin väliin jäävä pinta-ala aikavälillä 0,0 s – 6,0 s.

Jaetaan pinta-ala kahteen osaan:
 kolmioon A ja puolisuunnikkaaseen B.

Yhteiseksi pinta-alaksi saadaan

$$\frac{2,0 \text{ s} \cdot 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} + \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} \cdot 4,0 \text{ s} = 120 \text{ m.}$$



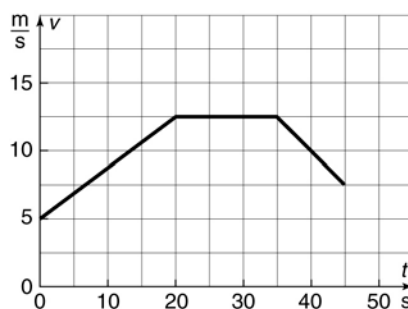
Tehtäviä

Määritä kuljettu matka oheisista tilanteista.

1. Matka aikavälillä 0,0 s – 8,0 s.



2. Matka aikavälillä 0,0 s – 40,0 s



Työkortti 6.2: Liikkeestä malli ja mallista liike

A. Liikkeestä malli

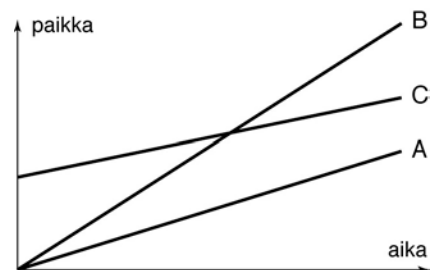
Valitaan opiskelija, joka kävelee ns. mallikävelyn. Tehtävän helpottamiseksi sovitaan, että liike on suoraviivaista ja kävelijän suunta pysyy muuttumattomana. Muiden opiskelijoiden tehtävänä on kuvata kävelijän liike sopivalla tavalla.

Toinen kävely voi olla monimutkaisempi, mutta sovitaan, että liike on suoraviivaista.

- Kuvaile liikettä sopivalla tavalla:

B. Mallista liike

Valitaan luokasta kolme opiskelijaa: A, B ja C. Heidän tehtävänä on kävellä kuvan esityksen mukaisesti siten, että opiskelija A kävelee kuvaajan A mukaisesti, opiskelija B kuvaajan B mukaisesti ja opiskelija C kuvaajan C mukaisesti.



- Kuvaile liikkeitä A, B ja C.
- Miten liikkeet A ja B poikkeavat toisistaan?
- Miten kävelijöiden nopeus liittyy annettuihin kuvaajiin?
- Miten hyvin kävelijät pystyivät toteuttamaan mallin mukaisen kävelyn?

7. Kiihtyvyys kuvaa liikkeen muutosta

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- muuttuvaa liike
- keskikihtyvyys, putoamiskiihtyvyys
- tasaisesti kiihtyvän liikkeen malli

Aloitusevihjeitä

Aloituskysymyksiä, joilla opiskelijoita voidaan johdatella pohtimaan muuttuvaa liikettä:

- Miten muuttuvaa liikettä voidaan kuvata?
- Mikä muuttuu, kun liike on muuttuvaa?
- Miten tasainen liike ja muuttuva liike eroavat toisistaan?
- Mitä sana kiihtyvyys tuo mieleesi?
- Mitä pitää mitata kappaleen kiihtyvyyden määrittämiseksi?
- Mikä muuttuu, jos kappaleen liike on kiihtyvää?
- Voiko kiihtyvyys olla pienempi kuin nolla?

Tasaisesti muuttuva liike liikkeen mallina

On tärkeää korostaa, että tasaisesti kiihtyvä liike on malli. Harvoin liikkeet ovat tasaisesti kiihtyviä, mutta esimerkiksi tutkimalla liikettä sopivan pitkinä aikaväleinä liike näillä väleillä on likimäärin tasaisesti kiihtyvää.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Liikkeen tutkiminen

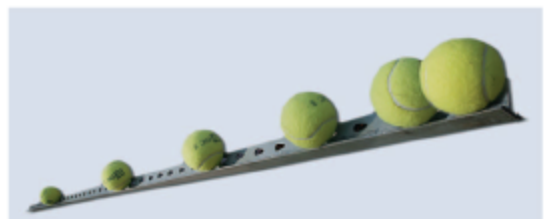
Tutkitaan muuttuvaa liikettä ultraäänianturin avulla.

- opiskelija kävelee ja vaihtelee kävelynopeuttaan
- opiskelija kiihdyttää kävelyään juoksuun
- annetaan vaunun liikkua vaakasuoralla radalla ja kaltevalla tasolla
- keskustellaan aika–paikka-, aika–nopeus- ja aika–kiihtyvyys-kuvaajista.
- pohditaan erityisesti tasaisen ja muuttuvan liikkeen eroa.

Tutki pallon liikettä kourussa

Merkitse kourun reunaan pallon paikka sopivin aikaväleihin.

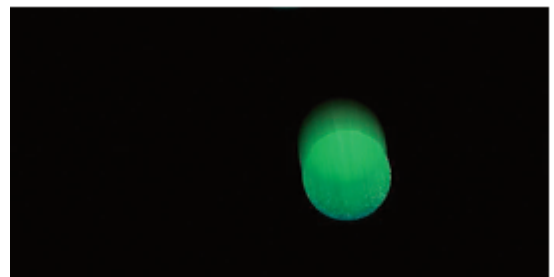
- mittaa paikat ja sijoita tulokset aika–paikka-koordinaatistoon.
- vertaa kuvaajaa tasaisesti liikkuvan kappaleen paikan kuvaajaan.



Tutki putoavan pallon liikettä

Mittaa putoavan pallon paikka eri ajan hetkillä.

- käytä mittauksessa ultraäänianturia.
- sijoita mitatut paikat aika–paikka-koordinaatistoon.
- tarkastele kuvaajan muotoa.



Työkortit

- Työkortti 7.1: Liikkeestä malli ja mallista liike

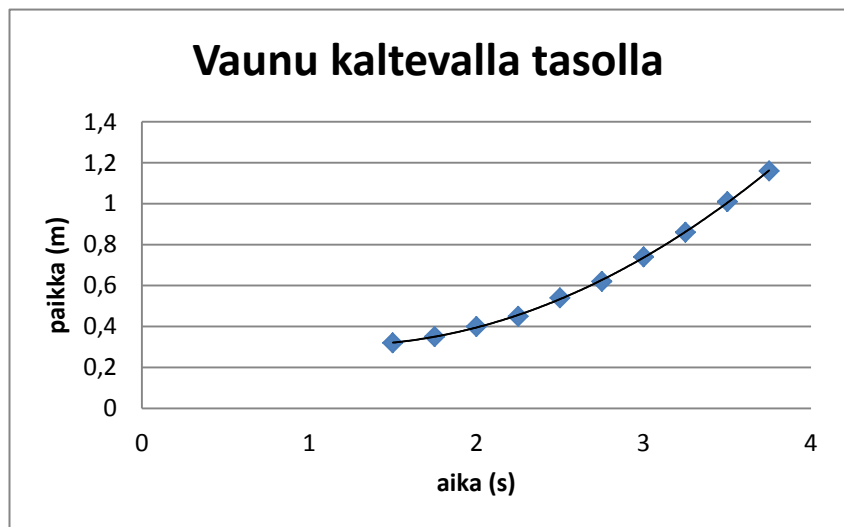
Valmiita mittauksia

Vaunu kaltevalla tasolla

Vaunun liikettä tutkittiin kaltevalla tasolla. Taulukkoon on kirjattu vaunun paikka tietyillä ajanhetkillä.

- Piirrä Excel-ohjelmalla vaunun paikka ajan funktiona.
- Millaista on vaunun liike?
- Selitä kuvaajan muoto.

aika (s)	paikka (m)
1,5	0,32
1,75	0,35
2	0,4
2,25	0,45
2,5	0,54
2,75	0,62
3	0,74
3,25	0,86
3,5	1,01
3,75	1,16



www-sivut (linkit tarkistettu 6.3.2012)

- Tutkitaan paikan, nopeuden ja kiihtyvyyden kuvaajia:

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/moving-man>

Työkortti 7.1: Liikkeestä malli ja mallista liike

A. Liikkeestä malli

Valitaan opiskelija, joka kävelee ns. mallikävelyn, jossa nopeus muuttuu. Tehtävän helpottamiseksi sovitaan, että liike on suoraviivaista ja kävelijän suunta pysyy muuttumattomana. Muiden opiskelijoiden tehtävänä on kuvata kävelijän liike sopivalla tavalla. Kävely voidaan toistaa sen jälkeen, kun on pohdittu, miten liike voidaan esittää.

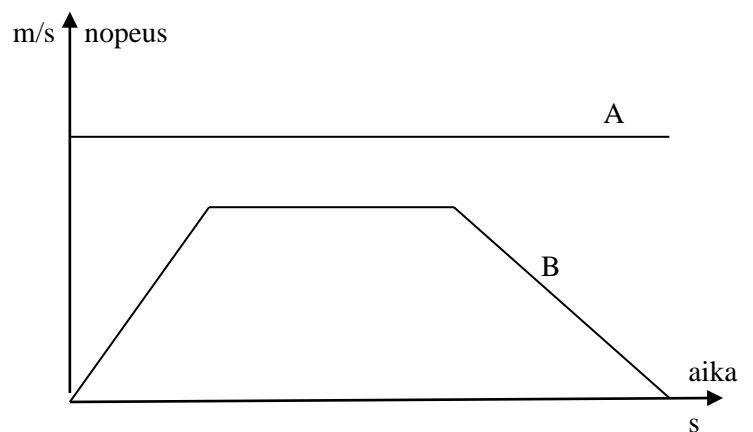
Toinen kävely voi olla monimutkaisempi, mutta sovitaan, että liike on suoraviivaista.

- Kuvaile liikettä sopivalla tavalla.

B. Mallista liike

Valitaan luokasta kaksi opiskelijaa: A ja B. Heidän tehtävänä on kävellä kuvan esityksen mukaisesti siten, että opiskelija A kävelee kuvaajan A mukaisesti, opiskelija B kuvaajan B mukaisesti.

- Kuvaile liikkeitä A ja B.
- Miten liikkeitä A ja B poikkeavat toisistaan?
- Miten kävelijöiden nopeus liittyy annettuihin kuvaajiin?
- Miten hyvin kävelijät pystyivät toteuttamaan mallin mukaisen kävelyn?



8. Voima aiheutuu vuorovaikutuksesta

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- vuorovaikutuskäsite
- voimakuvio
- liikkeen muutoksen syyt

Aloitusehdotukset

- Mitä tulee mieleen sanasta vuorovaikutus?
- Mitä tarvitaan vähintään, että kyseessä on vuorovaikutus?
- Kuinka kauas jalkapalloilija voi ohjata jalasta potkun jälkeen lähtevää palloa?

Kysymyksillä johdatellaan ajatukseen, että vuorovaikutuksessa on aina kaksi osapuolta ja kesto.

- Mitä vuorovaikutuksesta seuraa?
- Mitä sana voima tuo mieleesi?

Kysymyksillä johdatellaan voimakäsitteeseen.

Pohdintaan voidaan käyttää sivun 56 kuvaa. Kiekko ei lähde liikkeelle ilman mailan ja kiekon vuorovaikutusta. Samalla on hyvä miettiä myös sitä, että myös mailan liike muuttuu vuorovaikutuksessa kiekon kanssa. Oppilaiden kanssa voi myös pohtia, milloin mailan ja kiekon vuorovaikutus päättyy.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Työ: Tutkitaan vuorovaikutuksia

Tutkimusta varten kannattaa varata kaksi herkkäliikkeistä tuolia. Tuolilla istuvat oppilaat työntävät toisiaan. Myös kaksi rullalautaa kelpaa mainiosti.

- Ensimmäiseksi pari kannattaa valita kaksi suunnilleen samanmassaista oppilasta. Työnnettävän oppilaan on pidettävä kädet jäykkänä edessään. Työntö saa olla kova, sillä näin tuolin vastusvoimat eivät vaikuta liian merkittävästi tuloksiin. Tutkimuksesta havaitaan, että molemmat lähtevät liikkeelle.
- Toisessa vaiheessa kannattaa vaihtaa istujat mahdollisimman erimassaisiksi. Nytkin havaitaan, että molemmat lähtevät liikkeelle. Kiihtyvyyksien erilaisuutta ja riippuvuutta massoista kannattaa pohtia yhdessä.

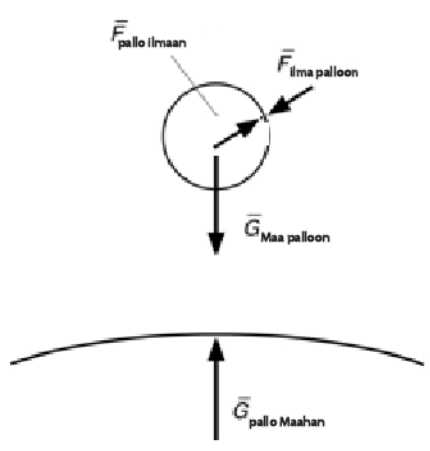
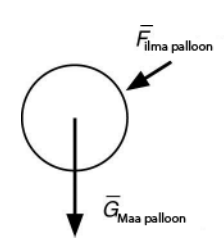
Työtavivihjeitä

Voimakäsite

Vektori on suurimmalle osalle oppilaita fysiikan ensimmäisen kurssin alkaessa uusi käsite.

Vektoreiden piirtämistä ja nimeämistä kannattaa harjoitella.

[Esim. Ilmaan heitetty pallo:](#)

	
<p>Pallon ja ympäristön vuorovaikutuksiin liittyvät voimat ja vastavoimat</p>	<p>Pallon voimakuvio</p>

Palloon vaikuttaa kaksi voimaa, paino ja ilmanvastus. Painon vastavoima vaikuttaa Maahan ja ilmanvastuksen vastavoima ilmaan. On syytä korostaa, että voima ja vastavoima ovat yhtä suuret, mutta vastakkaissuuntaiset, ja että ne vaikuttavat vuorovaikutuksen eri osapuoliin. Jos joku oppilaista piirtää ”pallon voiman”, joka suuntautuu pallon lentosuuntaan, hänen on selitettävä, mistä vuorovaikutuksesta tämä voima aiheutuu.

Työkortit

- Työkortti 8.1: Jousivaaka

Jousivaa’an rakentamisen yhteydessä oppilaat voivat miettiä myös vuorovaikutuksen voimakkuuden ja sitä kuvaavan voiman vaikutusta jousen venymiseen. Punnuksesta kannattaa myös piirtää voimakuvio ja miettiä, mitkä ovat punnukseen vaikuttavien voimien vastavoimat.

Pohdintatehtäviä

Kirja on levossa pöydällä. Mitkä seuraavista väitteistä ovat tosia?

- Pöydän tukivoima ja kirjan paino ovat toistensa vastavoimat.
- Maa vetää kirjaa suuremmalla voimalla kuin kirja Maata, sillä Maa on paljon kirjaa suurempi.

Ratkaisu

- Paino ja tukivoima syntyvät eri vuorovaikutuksista, joten ne eivät ole toistensa vastavoimia.
- Maa vetää kirjaa yhtä suurella voimalla kuin kirja Maata, sillä ne ovat Newtonin III lain mukaisesti voima ja vastavoima.

Voiman opettaminen vuorovaikutuskaaviota käyttäen

Voimakäsitteen oppiminen ja opettaminen on osoittautunut vaikeaksi. Vuorovaikutuskaavion avulla oppilaan on helpompi tunnistaa kaikki oleelliset kappaleeseen vaikuttavat voimat ja erityisesti välttyä ylimääräisten voimien ongelmilta. Oppilaille on esimerkiksi vahva ennakkokäsitys, että ilmaan heitetyllä pallolla on ”heiton voimaa”. Vuorovaikutuskaavio auttaa myös voiman ja vastavoiman tunnistamisessa.

Opetuksen ja oppimisen vaiheet:

- Ensimmäisessä vaiheessa opitaan että vuorovaikutukset voidaan jakaa etä- ja kosketusvuorovaikutuksiin.
- Valitaan tutkittavaksi kohteeksi ilmassa lentävä pallo. Oppimista tehostaa, jos havaintovälineenä käytetään oikeaa palloa.
- Opettaja heittää pallon ilmaan ja sanoo **hep** hetkellä, jolloin pallon vuorovaikutuksia tarkkaillaan.
- Piirretään vuorovaikutuskaavio. Vaikka vuorovaikutusta kuvaavien tekstien kirjoittaminen saattaa tuntua hankalalta, ne on syytä kirjoittaa ainakin alussa kokonaisuudessaan näkyviin. Tämä menettely ohjaa voiman ja vastavoiman havaitsemiseen.

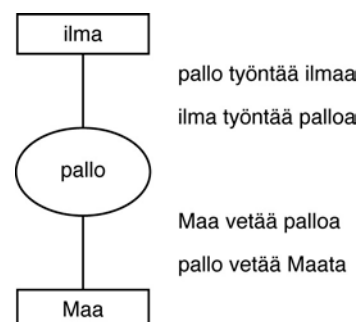
Ilmassa lentävän pallon vuorovaikutuskaavio on seuraava:

Viivat kuvaavat vuorovaikutusta, jonka vaikutus kohdistuu molempiin kappaleisiin.

Vuorovaikutukset ovat joko vetoja tai työntöjä.

Tämä luokittelu auttaa voimakuvion (vapaakappalekuvan) piirtämisessä. Palloon kohdistuvat vaikutukset ovat ”pallon puolella”.

Kaaviosta näkyy korostetusti, että pallo on vuorovaikutuksessa kahden kohteen kanssa, Maan ja ilman.



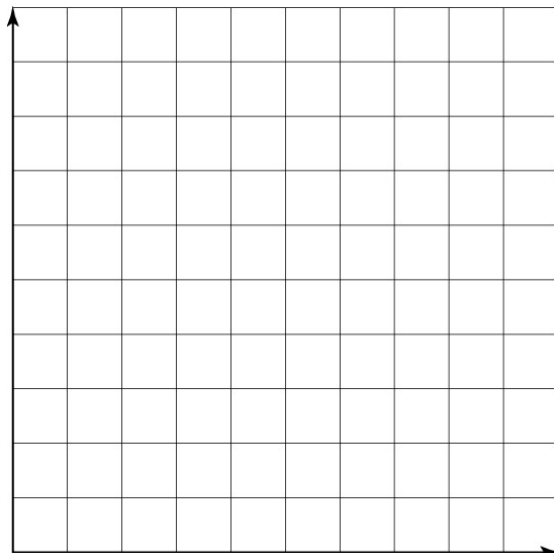
Työkortti 8.1: Jousivaaka

Tarvikkeet:

- jousi
- statiivi ja koukku
- punnuksia

1. Mittaa jousen pituus kuormittamattomana.
2. Ripusta jousi statiiviin ja jouseen 50 g:n punnus jouseen ja mittaa jousen venymä, jonka saat, kun vähennät mittaamastasi pituudesta kuormittamattoman jousen pituuden. Kirjoita tulokset taulukkoon.
3. Ripusta lisää punnuksia ja toimi kohdan 2 ohjeen mukaisesti.

massa (g)	venymä (cm)
0	0
50	
100	
150	
200	
250	



4. Piirrä tuloksista kuvaaja massa–venymä-koordinaatistoon.

- Miten venymä riippuu punnuksen massasta?
- Piirrä jousivaakaan ripustetun punnuksen voimakuvio.
- Mittaa oman penaalisi massa

9. Kokonaisvoima aiheuttaa liikkeen muutoksen

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Tasaaisessa liikkeessä ei tarvita voimaa.
- Kiihtyvyys riippuu voimasta ja kappaleen massasta.
- Newtonin lait
- Liikkeen muutoksen syyt
- Kokonaisvoima on voimien summa.
- Kokonaisvoima ja kappaleen liike
- Kappaleen massa kuvaa hitautta ja painavuutta.

Aloitusevihjeitä

- Voiko kappale lähteä ”itsestään” liikkeelle?
- Mitä tarvitaan kappaleen saamiseksi liikkeelle, tai sen pysäyttämiseksi?
- Kumpaa potkaisisit mieluummin jalkapalloa vai samankokoista kiveä?
- Miksi raskaamman osapuolen nopeus muuttuu törmäyksessä vähemmän kuin kevyemmän?

Työtavivihjeitä

Newtonin I ja II laki ja kokonaisvoima

Newtonin lait muodostavat perustan liikkeen jatkavuuden ja muutoksen ymmärtämiselle. Newtonin ensimmäinen laki on pohja muutoksen ymmärtämiselle. Siksi on syytä korostaa jatkavuuden lain merkitystä. Jos vuorovaikutuksia ei ole, kappaleen liike on tasaista tai kappale on levossa.

Vuorovaikutus mahdollistaa liikkeen muuttumisen. Tietenkin on myös mahdollista, että vuorovaikutukset tasapainottavat toistensa vaikutukset. Tämä ei kuitenkaan ole sama kuin Newtonin I lain sisältö.

Kappaleeseen vaikuttaa yleensä useita voimia. Liikkeen muutos aiheutuu näiden voimien yhteisvaikutuksesta, kokonaisvoimasta.

Vektoreiden yhteenlasku

Vektorikäsite on oppilaille uusi, joten sen oppimiseen on syytä käyttää aikaa. Physica 1 kirjassa tutkitaan ainoastaan suoraviivaisia liikkeitä, joten myös tutkittavat vektorit ovat yhdensuuntaisia ja yhteenlaskut näin ollen helppoja. Vektoreiden tunnistamista ja yhteenlaskua voi harjoitella työkortin avulla.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Tutki

Laita vesilasi paperiarkin päälle ja tutki, miten saat vedettyä paperin lasin alta pois ilman, että lasi liikkuu.

Vesilasin tilalta voi käyttää esimerkiksi punnusta. Vedon on oltava riittävän riuksa, että koe onnistuu hyvin.

Vaihtoehtoinen työ

Pinoa viisi euron kolikkoa päällekkäin ja pyydä oppilaita miettimään, miten saada alimmainen kolikko pois nostamatta muita. Pyydä heitä myös perustelemaan esittämänsä menetelmä.

Kolikon saa pois napauttamalla alinta rahaa terävästi esimerkiksi viivaimella.

Työkortit

- Työkortti 9.1: Vektorit

Harjoitellaan vektoreiden yhteenlaskua (ja erotusta) piirtämällä.

- Työkortti 9.2: Newtonin II laki

Tutkitaan kappaleen massan ja siihen vaikuttavan voiman yhteyttä kappaleen kiihtyvyyteen.

Pohdintatehtäviä

- a) Muuttuuko kappaleen liike aina, jos siihen vaikuttaa voima?
- b) Onko lattian tukivoima aina yhtä suuri kuin henkilön paino?

Ratkaisu

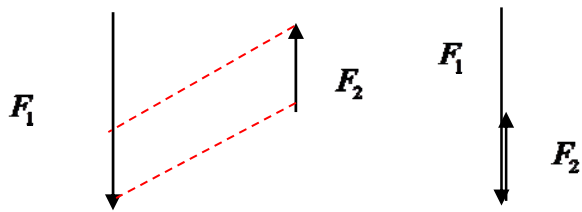
a) Kappaleen liike ei muutu välttämättä, jos siihen vaikuttaa voima, sillä kappaleeseen voi vaikuttaa myös muita voimia, jotka tasapainottavat tilanteen. Sen sijaan jos kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima on nolosta poikkeava, liike muuttuu.

b) Ei, sillä esimerkiksi aina, jos henkilön nopeus muuttuu, myös tukivoiman suuruus poikkeaa painon suuruudesta. Ponnistettaessa hyppyyn ja pudottaessa lattialle tukivoima on painoa suurempi. Samoin esimerkiksi kiihdyttävässä ja jarruttavassa hississä tukivoiman suuruus poikkeaa painon suuruudesta.

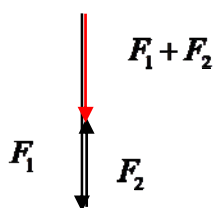
Työkortti 9.1: Vektorit

Esimerkki

Laske yhteen

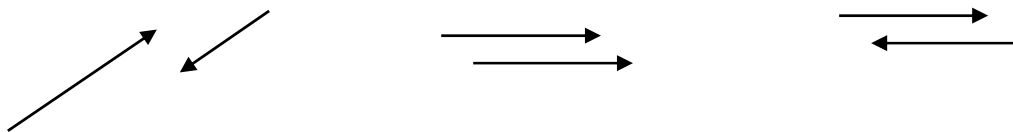


Toinen vektori piirretään suuntansa ja suuruutensa säilyttäen alkamaan ensimmäisen loppupisteestä.



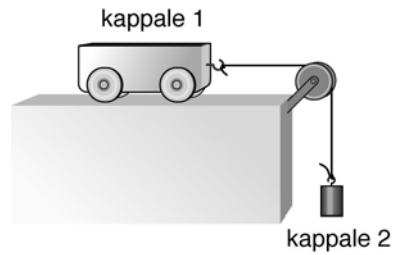
Lopuksi yhdistetään ensimmäisen vektorin alkupiste toisen vektorin loppupisteeseen. Summavektorin suunta on jälkimmäisen vektorin loppupisteeseen.

Laske yhteen seuraavat vektorit.



Työkortti 9.2: Newtonin II laki

Laadi kappaleen 1 voimakuvio.



Mikä voima kiihdyttää vaunun ja punnuksen muodostamaa systeemiä?

Mikä voima kiihdyttää vaunua?

Lisää punnuksia vaunuun.

Miten massan lisääminen vaikuttaa vaunun ja punnuksen kiihtyvyyteen.

Lisää kappaleen 2 (punuksen) massaa.

Miten massa lisääminen vaikuttaa vaunun ja punnuksen kiihtyvyyteen?

10. Atomeja kuvataan atomimallilla

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Rakentumisperiaate esittää luonnon rakenneosien luokittelun.
- Atomissa on ydin ja ytimen ympärillä elektroniverho. Ytimen tunnus kirjoitetaan A_ZX .
- Kaikki vuorovaikutukset voidaan selittää neljän perusvuorovaikutuksen avulla.

Aloituvihjeitä

Luonnon rakenteiden ja perusvuorovaikutusten käsittely on kokonaisuus, jonka yksi luonteva lähtökohta on atomi. Jos rakenteiden käsittely aloitetaan atomista, voivat opiskelijat pohtia esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Mistä hiukkasista atomi koostuu?
- Kuinka suuri atomi on?
- Miksi atomi on hyvin tärkeä käsite luonnontieteissä?
- Tehkää luettelo tuntemistanne vuorovaikutuksista.
- Luokitelkaa vuorovaikutukset etä- ja kosketusvuorovaikutuksiin.
- Mitkä vuorovaikutukset voidaan selittää toisten vuorovaikutusten avulla?

Luonnon rakentumisperiaatetta voi lähestyä myös aloittamalla ihmisen mittaluokan rakenteista ja siirtymällä siitä sekä alaspäin että ylöspäin. Hyvä esitys luonnon rakenteista on alla mainitulla *powers of 10* www-sivulla. Aloituskysymyksiä rakenteista voivat olla esimerkiksi

- Millaisia eri suuruusluokan rakenteita luonnossa on?
- Mitkä voimat pitävät eri suuruusluokkien rakenteita koossa?

Atomi voi olla käsitteenä tuttu peruskoulusta, joten atomin rakenne voidaan kerrata melko nopeasti. Atomin käsitteeseen saadaan syvyyttä käsittelemällä atomimallin kehitystä. Atomimalleja voidaan käsitellä ryhmissä niin, että ryhmä saa ottaa selvää yhdestä atomimallista. Atomimallin kehittymisestä 1800-luvun alun jälkeen voi myös tehdä aikajanan luokan seinälle. Atomimallin kehittymiseen ovat merkittävästi vaikuttaneet ainakin seuraavat henkilöt ja löydöt:

- Demokritos: n. 400 eKr.
- Dalton: 1806
- Thomson: elektroni 1897
- Rutherford: ydin 1911, protoni 1919
- Bohr: kvantittuminen 1915
- Schrödinger: kvanttimekaaninen malli 1926
- Chadwick: neutroni 1932

www-sivut (linkit tarkistettu 6.3.2012)

- Powers of ten: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/>
- Hyperphysics: Laaja ja helposti selattava esitys fysiikan laeista ja suureista. Kattavia paketteja mm. hiukkasista ja perusvuorovaikutuksista: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- CERN education. Euroopan hiukkastutkimuskeskuksen kouluyhteistyön aloitussivu: <http://education.web.cern.ch/education/>
Sivulla olevat linkit johdattavat oppimateriaaliin (Teaching Resources)
- Fermilab education office. Yhdysvaltain Fermilabin hiukkastutkimuskeskuksen kouluyhteistyön aloitussivu: <http://www-ed.fnal.gov/>
- The Particle Adventure -sivuston suomennettu versio 'Hiukkasseikkailu': <http://www.joensuu.fi/fysiikka/ope/materiaali/hiukkasfysiikka/>

11 Energia säilyy luonnonilmiöissä

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Energian säilymisen käsite
- Energialajit
- Energian sitoutuminen ja vapautuminen

Aloitusevihjeitä

- Mitä tulee mieleen sanasta energia?
- Keksi energia sanan johdannaisia, esim. energiajuoma, energinen jne.
- Mitä energia tarkoittaa kussakin tapauksessa?
- Mitä energialajeja muistat peruskoulusta?
- Mitkä seikat vaikuttavat kappaleen liike-energian suuruuteen?

Peruskoulussa on käsitelty kaikkia tärkeimpiä energialajeja, liike-energiaa, potentiaalienergiaa ja lämpöenergiaa. Kysymysten tarkoitus on palauttaa peruskoulun tiedot oppilaan mieleen.

Kysymyksillä johdatellaan oppilasta myös huomaamaan, että arkikielessä energialla on monta eri merkitystä.

Työtavivihjeitä

Energiakaavio

Energian säilymislain ajatuksen ymmärtämistä voidaan helpottaa käyttämällä energiakaaviota. Kaavion avulla oppilas konkreettisesti havaitsee, mitä energian säilyminen tarkoittaa. Energiakaavio on myös erinomainen pohdintatehtävien apuväline.

Energiakaavion piirtämisohjeet kannattaa käydä läpi vaihe vaiheelta oppikirjan sivun 80 ohjeiden avulla.

Kaavion piirtämisen yhteydessä kannattaa korostaa seuraavia seikkoja:

1. Alkutilanteen ja lopputilanteen valitseminen vaikuttaa oleellisesti kaavion sisältöön.
2. Lohkojen välinen nuoli kuvaa energiansiirtoprosessia. Oppilaat voivat miettiä, mikä prosessi energiaa siirtää. Esimerkiksi sähkö siirtää voimalaitoksessa polttoaineita vapautuvaa kemiallista energiaa lämpöenergiaksi ja valoksi.
3. Lohkojen sama korkeus kuvaa energian säilymistä. Energiaa ei häviä eikä synny.
4. Opettaja voi myös halutessaan korostaa, että tehty energiakaavio on aina mallinluonteinen. Kussakin tilanteessa harkitaan, mitkä energianmuutokset ovat merkittäviä. Ainoastaan tilanteen kannalta merkittävät muutokset otetaan huomioon energiakaaviossa. Esimerkiksi ilmanvastuksen vaikutus on pohdittava kussakin tapauksessa erikseen. Ilmanvastus muuttaa kappaleen liike-energiaa lämpöenergiaksi. Jos kappaleen ilmanvastus on pieni ja kappale liikkuu hitaasti, ei ilmanvastuksen aiheuttamaa energiansiirtoa tarvitse huomioida pienuudestaan johtuen energiakaaviossa.

Energialajit

Energian, erityisesti säteilyn, sitoutuminen ja vapautuminen luonnon ja ihmisen aikaansaamissa prosesseissa on opetussuunnitelman mukaan fysiikan ensimmäisen kurssin keskeinen sisältö. Säteilyn sitoutuminen ja vapautuminen on kuitenkin erittäin abstrakti tapahtuma. Energian sitoutumista ja vapautumista on helpompi lähestyä ensin mekaanisen energian avulla. Siksi tässä luvussa tutustutaan ensin potentiaalienergiaan ja liike-energiaan. Potentiaalienergia on sitoutunutta energiaa ja liike-energia vapaata energiaa.

Tässä kurssissa ei ole tarkoitus oppia vielä energian säilymiseen liittyviä laskutehtäviä, vaan ainoastaan ne seikat, joista potentiaalienergian ja liike-energian suuruudet riippuvat. Energian säilymistä käsitellään ainoastaan laadullisesti. Myös lämpöenergiaa ja lämpöä tarkastellaan ainoastaan laadullisesti niin, että eri tilanteissa tapahtuvat energian sitoutumiset ja vapautumiset tulevat ymmärretyiksi.

Energian sitoutuminen ja vapautuminen

Energian sitoutuminen ja vapautuminen on opetussuunnitelman mukaan fysiikan ensimmäisen kurssin keskeistä asiaa. Ensin tutustuttiin potentiaalienergiaan ja liike-energiaan ja nyt niitä käytetään perehdyttäessä energian sitoutumiseen ja vapautumiseen. Kun kappaletta nostetaan, sen potentiaalienergia kasvaa ja energiaa **sitoutuu**. Kun kappale päästetään putoamaan, sen potentiaalienergia pienenee ja energiaa **vapautuu**. Näistä muutoksista oppilaat saavat käsityksen siitä, mitä sitoutuminen ja vapautuminen tarkoittavat.

Kun on ensin tutustuttu energian sitoutumiseen mekaanisen energian yhteydessä, on helpompi tutkia samoja asioita kemiallisen energian yhteydessä. Kemiallinen energia on elollisen luonnon kannalta oleellisen tärkeä käsite. Fotosynteesiä ja soluhengitystä kannattaakin käsitellä, sillä näin oppilaat saavat käsityksen energian sitoutumisen ja vapautumisen keskeisestä merkityksestä myös elollisen luonnon prosesseissa ja biologiassa.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Energiakaavio

Energiakaavion piirtämistä voi tutkia yksinkertaisen virtapiirin energiansiirron yhteydessä. Systemistä piirretään energiakaavio. Opiskelijoille jaetaan paristo, kaksi virtajohdinta ja hehkulamppu. Opiskelijat kytkevät suljetun virtapiirin ja piirtävät energiakaavion omien havaintojensa pohjalta.

Energian sitoutumista ja vapautumista voi tarkastella heilurin avulla.

Mekaanisen energian muutos saadaan selville, kun mitataan, kuinka korkealle punnus nousee kymmenen heilahduksen jälkeen. Mekaaninen energia heilahduksen ääriasemassa on potentiaalienergiaa, joka on suoraan verrannollinen etäisyyteen vertailutasosta, joka tässä tapauksessa on järkevä valita heilurin alimpaan kohtaan. Mittauksen perusteella voidaan laskea, kuinka monta prosenttia mekaanisesta energiasta on siirtynyt lämpöenergiaksi.

Työkortit

- Työkortti 11.1: Energiakaavion piirtäminen
- Työkortti 11.2: Heiluri

Valmiita mittauksia 1: Liike-energia

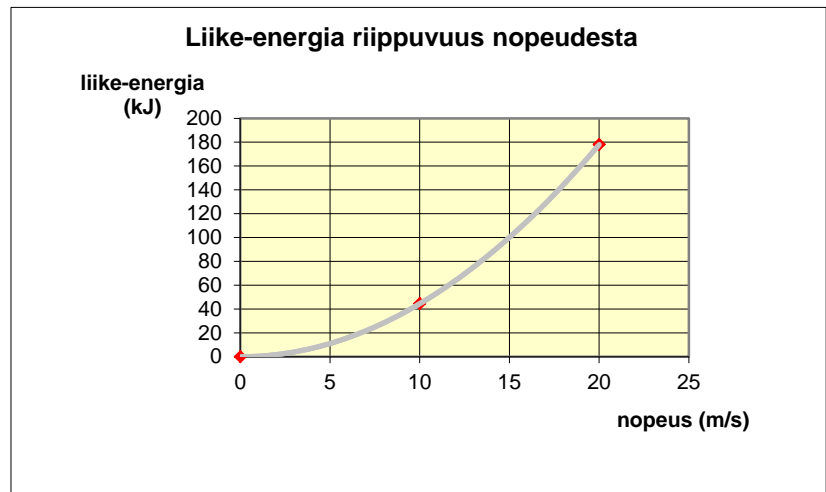
Auton massa on 890 kg. Kuinka suuri sen liike-energia on, jos sen nopeus on

- a) 0 m/s
- b) 10,0 m/s
- c) 20,0 m/s?

Piirrä liike-energia nopeuden funktiona.

Liike-energiat on laskettu sivun 104 esimerkissä 2.

nopeus (m/s)	liike-energia (kJ)
0	0
10	44,5
20	178,0



Kaavioon liittyviä kysymyksiä:

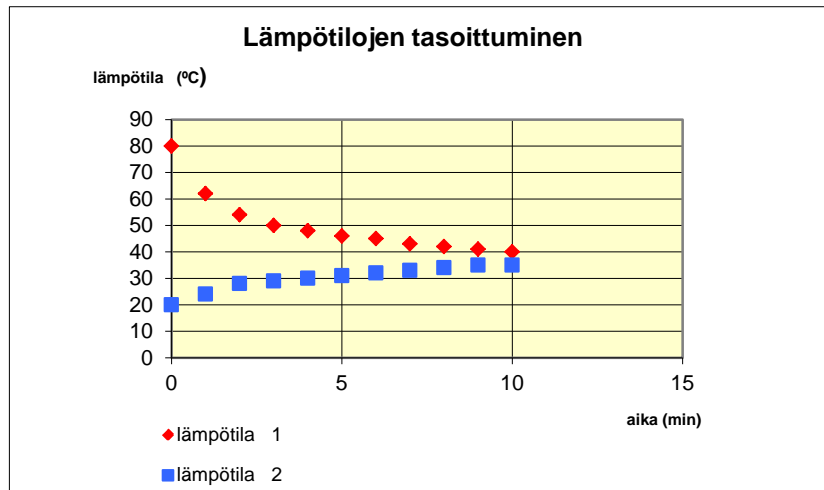
1. Mikä on auton nopeus, kun sen liike-energia on 150 kJ?
2. Mikä on auton liike-energia, kun sen nopeus on 15 m/s?

Valmiita mittauksia 2: Lämpötilojen tasoittuminen

Tutkitaan lämpötilojen tasoittumista. Muovipusseissa on erilämpöistä vettä. Pusseihin laitetaan lämpömittarit ja pussit laitetaan kosketuksiin toistensa kanssa.

Tulokset kannattaa käsitellä Excel-ohjelmalla.

aika (min)	lämpötila 1	lämpötila 2
0	80	20
1	62	24
2	54	28
3	50	29
4	48	30
5	46	31
6	45	32
7	43	33
8	42	34
9	41	35
10	40	35



Tuloksista havaitaan, että vesien lämpötilat tasoittuvat.

Lämpimän veden lämpötila laskee aluksi nopeasti.

Tästä voidaan päätellä, että lämpöä siirtyy myös muualle kuin kylmään veteen.

Pohdintatehtäviä

Onko väite tosi vai epätosi?

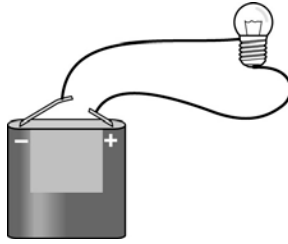
Ulos unohtunut vesiastia jäätyy syksy-yönä,
koska

- a) ulkoilmasta siirtyy kylmää veteen.
- b) vedestä siirtyy lämpöä ulkoilmaan.

Ratkaisu

Väite b on oikein, sillä lämpö siirtyy.

Työkortti 11.1: Energiakaavion piirtäminen



Tee kuvion mukainen kytkentä.

Valitse **alkutilanteeksi** hetki, jolloin piiriä ei ole vielä suljettu, eli lamppu ei pala.

- Missä muodossa energia on alkutilanteessa?
- Mikä tässä tilanteessa siirtää energiaa?

Valitse **lopputilanteeksi** hetki, jolloin lamppu on palanut jonkin aikaa.

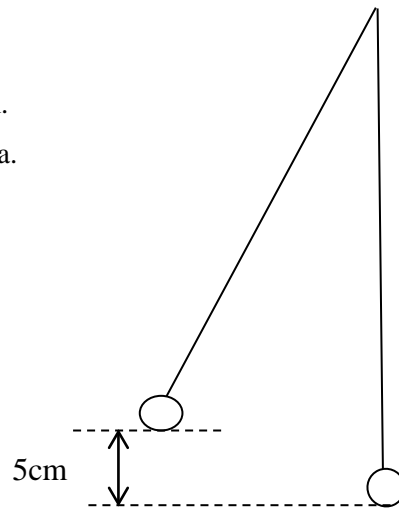
Tee havaintoja lampusta ja vastaa alla oleviin kysymyksiin.

- Missä muodossa energia on lopputilanteessa?
- Mitä voit sanoa energian määrästä alkutilanteessa ja lopputilanteessa?
- Piirrä näiden tietojen perusteella tilannetta kuvaava energiakaavio.

Työkortti 11.2: Heiluri

Rakenna punnuksesta ja langasta heiluri, jonka varsi on 50 cm.
Poikkeuta heiluri tasapainoasemasta kuvan osoittamalla tavalla.

- Missä muodossa energia on, kun heiluri on yläasemassa?
- Milloin heiluripallon liike-energia on suurimmillaan?
- Mitä heilurin mekaaniselle energialle tapahtuu?
- Mittaa mekaanisen energian muutos kymmenen heilahduksen aikana.
- Piirrä tilannetta kuvaava energiakaavio.



12. Energialähteet eivät säily

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Käsitellään tärkeimmät energialähteet
- Opitaan uusiutuvien ja uusiutumattomien energialähteiden ero
- Tutustutaan sähköenergian tuottamiseen
- Tarkastellaan polttoaineiden lämpöarvoja

Aloitusevihjeitä

- Mistä nuotiossa palavan puun lämmittävä vaikutus on peräisin?
- Miksi ihmisen on syötävä?
- Miten Auringon energia liittyy maapallolla tapahtuviin lämpöilmiöihin?
- Mitä tarkoittaa, että energialähde on uusiutumaton?
- Miten sähköenergiaa tuotetaan?

Työtavivihjeitä

Tämän luvun käsittelemiseen sopii hyvin opiskelijoiden omatoiminen työskentely. Opiskelijat voivat etsiä lisätietoa tietoverkosta. Tutkimusten pohjalta voidaan tuottaa esimerkiksi lyhyt suullinen esitys tai kirjallinen raportti.

Aiheina voivat olla esimerkiksi:

- Onko turve uusiutuva energialähde?
- Miten Aurinko vaikuttaa virtaavan veden ja tuulen syntyyn?
- Mistä tarvitsemasi energia on lähtöisin?
- Miten sähköenergiaa tuotetaan?

Toinen hyväksi koettu lähestymistapa tähän lukuun on väittely. Kaikki oppilaat perehtyvät ensin opettajan antamaan aiheeseen kirjan ja tietoverkon avulla.

Muodostetaan kaksi neljän hengen joukkuetta. Arvotaan, kumpi joukkueista puolustaa ja kumpi vastustaa opettajan antamaa väitettä.

Kumpikin ryhmä pitää ensin kolmen minuutin avauspuheenvuoron, jonka aikana muut eivät saa keskeyttää esitystä. Esityksessä tuodaan oma kanta selkeästi esiin.

Tämän jälkeen kummallakin ryhmällä on noin kolmen minuutin mittainen

kommenttipuheenvuoro, jossa ruoditaan vastustajien kantaa. Väitteiden on aina perustuttava faktoihin. Vastapuoli saa kysyä kesken esityksen, mutta ei puhua toisen päälle. Opettaja toimii tuomarina ja jakaa puheenvuoroja. Myös yleisö voi esittää kysymyksiä ja huomautuksia.

Lopuksi yleisö saa äänestää, ovatko väitteen puolustaja vai vastustajat voittajia.

Aiheita voivat olla esimerkiksi:

- Turpeen käyttö energialähteenä pitää lopettaa.
- Suomeen on rakennettava lisää ydinvoimaloita.
- Tuulivoimalat ovat ratkaisu energian tuottamiseen.
- Koska Suomessa on ydinvoimaloita, pitää tänne saada myös avata uraanikaivoksia.

Väittelyn sijasta aiheita voidaan käsitellä ideariihimenetelmällä. Opiskelijat jaetaan ryhmiin ja ryhmät miettivät ratkaisua annettuun ongelmaan. Lopuksi ryhmät esittelevät ratkaisunsa, joiden pohjalta luodaan koko opiskelijajoukon yhteinen ratkaisumalli.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Opiskelijat etsivät sanomalehdistä viikon aikana, millaisia energia-artikkeleita lehdistä löytyy. Artikkeleita käsitellään oppitunnilla.

Opiskelijat voivat myös etsiä tietoa oman paikkakuntansa energiaratkaisuista tietoverkosta.

13. Säteily – aaltoja ja hiukkasia

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Säteily luokitellaan sähkömagneettiseen säteilyyn ja hiukkassäteilyyn.
- Hiukkassäteilyä (α -, β - ja n -säteilyä) vapautuu radioaktiivisten aineiden ytimistä.
- Sähkömagneettisen säteilyn lajeja ovat gamma-, röntgen-, ultraviolettisäteily, näkyvä valo, infrapunäsäteily, mikro- ja radioaallot.

Aloitusevihjeitä

Kysymyksillä johdatellaan opiskelijat tunnistamaan eri säteilylajeja ja oivaltamaan, että osa säteilystä on hiukkassäteilyä ja osa sähkömagneettista säteilyä.

- Mitä säteily on?
- Millaista säteilyä esiintyy luonnossa?
- Miten säteilyä havaitaan?
- Säteileekö televisio, kännykkä, pöytälamppu, tuoli, lyjykynä...?
- Miten säteily syntyy?
- Miten erilaiset säteilylajit voidaan luokitella?

Vihjeitä kokeellisuuteen

Jokaisessa kodissa on palovaroitin. Vanhempien palovaroittimien toiminta perustuu säteilylähteeseen.

- Purkamalla palovaroitin saadaan säteilylähde. Palovaroittimen amerikkium-241-isotooppi säteilee α -hiukkasia. Opetusvälineoimittajilta voidaan ostaa α -, β - ja γ -säteilylähteitä.
- Säteilymittaria, geigermittaria, ei opiskelijoilla ole käytössä, joten tämä on tunnilla luokassa tehtävä työ. Säteilymittarin voi myös antaa opiskelijoille kotiin, jolloin he voivat tutkia kotinsa palovaroittimen säteilyvuotoja (joita ei pitäisi olla).
- Säteilyä kannattaa tutkia sisällä luokassa, ulkona koulun pihalla, yms. eri paikoissa. Myös rakennusten seiniä kannattaa kokeilla. Taustasäteilystä keskustelu on tärkeää.
- Säteilylähteen eteen asetetaan eri materiaaleja, esimerkiksi paperia, alumiinifoliota ja kangasta. Näiden materiaalien paksuutta vaihdellaan ja mitataan, miten säteily vaimenee.
- Lisäksi kannattaa tutkia, miten säteily vaimenee geigermittarin etäisyyden kasvaessa säteilylähteestä. Tätä kannattaa kokeilla eri säteilylajien säteilylähteillä.

www-sivut (linkit tarkistettu 6.3.2012)

- Säteilyturvakeskus – STUK: <http://www.stuk.fi>
- Alfahajoaminen: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/alpha-decay>
- Beetahajoaminen: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/beta-decay>

Ydinasiaa verkkokoulu (TAT, <http://www.tat.fi>)

- Taloudellinen tiedotustoimisto – TAT, Ydinasiaa verkkokoulu: <http://www.tat.fi>
- Opiskelijat tutustuvat verkkokoulun sisältöön ja etsivät säteilytietoutta. Verkkokouluun on saatavissa oppilaan tehtävävihko.
- Verkkokoulun avulla voidaan opiskella mm. säteilyn ja ydinsähkön historia, ketjureaktio, puoliintumisaika, eri säteilylajit, erilaiset isotoopit, ydinvoimalaitoksen toiminta, ydinjätteen loppusijoitus ja säteilyn muu hyötykäyttö.

14. Ionisoiva säteily ionisoi ainetta

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Säteily voidaan luokitella ionisoivaan ja ionisoimattomaan säteilyyn.
- Ionisoiva säteily ionisoi aineen atomeja ja molekyyliä.
- Ionisoivaa säteilyä on kaikkialla.
- Ionisoivalla säteilyllä on paljon sovelluksia.
- Säteilyä voidaan mitata geigerputkella tai dosimetrillä.
- Puoliintumisaika kuvaa radioaktiivisen ytimen pysymättömyyttä.
- Ionisoivalta säteilyltä suojautumisen voidaan kiteyttää sanoihin: aika – suoja – etäisyys.

Aloitusehdot

Erityisen tärkeä on ymmärtää, mitä ioni ja ionisoituminen tarkoittavat.

- Millainen **a)** atomin, **b)** ytimen rakenne on?
- Mikä on ioni?
- Mitä tarkoittaa ionisoituminen?
- Miten ionisoiva säteily vaikuttaa elolliseen luontoon?
- Miten ionisoimaton säteily vaikuttaa elolliseen luontoon?
- Mistä suomalainen saa säteilyä?
- Mitä säteilyä ja miten sitä voidaan hyödyntää?

Ionisoivalta säteilyltä voidaan suojautua:

- Millaiselta säteilyltä on suojauduttava? Miten suojaudutaan?
- Millainen on säteilyvaara-merkki?
- Miten ionisoiva säteily vaikuttaa kudoksessa?
- Miten säteilyä mitataan?
- Sanotaan, että säteilyltä suojautumisessa pitää ottaa huomioon kolme asiaa: etäisyys, aika, este. Mitä tämä tarkoittaa?

Säteilyn havaitseminen

Keskustellaan säteilyn havaitsemisesta. Lämmön ihminen havaitsee ihollaan ja valon silmillään, mitään muuta säteilyä ei voida aistein havaita.

Säteilylajien luokittelu

Pyydetään opiskelijoita luettelemaan eri säteilylajeja. Opettaja toimii kirjurina ja ryhmittelee ne taululle. Pyydetään opiskelijoita selittämään ryhmittelyn perusteet. Verrataan taululle saatua luokittelua kirjan sivun 100 luokitteluun.

Säteilyyn liittyviä oppilastöitä

- Laatikaa kotiin jaettava tiedote säteilystä ja säteilysuojelusta.
- Laatikaa säteilysanakirja, joka sisältää lyhyen kuvauksen sanan merkityksestä ja vastaavan sanan muutamalla vieraalla kielellä
- Laatikaa poster-esitys eri säteilylajeista ja niiltä suojautumisesta.
- Laatikaa alueen lehteen kirjoitus säteilystä ja säteilysuojelusta.
- Laatikaa edellisen kuukauden/viikon aikana lehdissä olleista säteilyuutisista yhteenveto.

Vihjeitä kokeellisuuteen

Radonpitoisuuden mittaus

- Tilataan Säteilyturvakeskuksesta (STUK) radonmittauspurkki. Mitataan luokkahuoneen tai jonkin opiskelijan kodin radonpitoisuus. Mittaus kestää kaksi kuukautta. Paras ajankohta radonmittaukselle on silloin, kun maa on jäässä ja asuntoa lämmitetään.
- Selvitetään STUK:n www-sivuilta koulun lähiympäristön radonpitoisuus ja verrataan sitä radonpitoisuuteen muualla Suomessa. Millaisia suojatoimia radonpitoisuus edellyttää uudisrakentamisessa?
Työkorteissa on mittauspohjat, joiden avulla voidaan tutkia säteilyn vaimenemista ilmassa ja väliaineessa. Vastaavalla tavalla voidaan mitata valon määrän riippuvuutta etäisyydestä.

Työkortit

Työkorteissa on mittauspohjat, joiden avulla voidaan tutkia säteilyn vaimenemista ilmassa ja väliaineessa. Vastaavalla tavalla voidaan mitata valon määrän riippuvuutta etäisyydestä.

- Työkortti 1: Säteilyn vaimeneminen ilmassa
- Työkortti 2: Säteilyn vaimeneminen väliaineessa

Sähkömagneettisen säteilyn, valon, määrän riippuvuus etäisyydestä

Mikäli koululla on käytössä valonvoimakkuusmittari (luksimittari), niin myös valon vaimeneminen etäisyyden funktiona on hyvä mittaus. Opiskelijoita voidaan pyytää suunnittelemaan koejärjestely, suorittamaan mittaukset ja esittämään mittaukset sopivassa koordinaatistossa.

Pohdintatehtäviä

- a) Miten säteily vapautuu ja sitoutuu luonnon ja ihmisen aikaansaamissa prosesseissa?
- b) Tarkastele jossakin laitteessa (esimerkiksi aurinkokennolla toimiva taskulaskin tai palovaroitin) säteilyn vapautumista ja sitoutumista.

Ratkaisu

Pohdintatehtävän ratkaisuksi joitain ajatuksia

a) Säteilyn vapautuminen ja sitoutuminen:

1. Säteilyn vapautuminen:

- Sähkömagneettista säteilyä syntyy joko atomin elektroniverhon tai ytimen viritystilojen purkautuessa tai sitä synnytetään kenotekoisesti värähtelypiirien avulla. Eri säteilylajien syntymekanismeja voidaan tarkastella yleisellä tasolla.
- Radioaktiivisten aineiden atomien ytimet hajoavat lähettämällä alfa- ja beetahiukkassäteilyä. Ydin voi hajota myös spontaanin fission seurauksena kahdeksi keskiraskaaksi ytimeksi vapauttaen neutronisäteilyä.

2. Säteilyn sitoutuminen:

Säteilyn vuorovaikutus aineen kanssa riippuu säteilyn lajista, säteilyn hiukkasten energiasta ja aineesta, johon säteily absorboituu.

Ionisoimattoman sähkömagneettisen säteilyn energia siirtyy yleensä aineen atomien ja molekyylien etenemisen, värähtelyn ja pyörimisen liike-energiaksi, jolloin aine lämpenee.

Suurienerginen sähkömagneettinen säteily (röntgen ja gammasäteily) vuorovaikuttavat aineen kanssa monella tavalla, mm. irrottamalla elektroneja atomin sisimmiltä kuorilta, jolloin atomi jää viritystilaan ja viritystilan purkautuessa syntyy röntgensäteilyä.

(Tyypillisimmät vuorovaikutustavat ovat valosähköinen ilmiö, Comptonin sironta ja parinmuodostus, ytimen absorptio.)

Varaukselliset hiukkaset voivat ionisoida ja virittää atomeja sekä rikkoa molekyyliä.

Aineen läpi kulkeva hiukkanen jättää jälkeensä tällaisten vuorovaikutusten vanan.

Ionisoiva sähkömagneettinen säteily ja hiukkassäteily aiheuttavat aineessa fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia. Jos aine on elävää kudosta, tapahtuu siinä myös biologisia muutoksia.

b) Säteilyn vapautuminen ja sitoutuminen laitteissa

Aurinkokennolla toimivassa taskulaskimessa:

- Auringonvalo sitoutuu aurinkokennossa synnyttäen sähkövirran suljetussa virtapiirissä.
- Laskimesta vapautuu mm. valoa ja lämpösäteilyä.

Palohälyttimessä:

- Palohälyttimessä on amerikiium-241 –isotoopista lähtevät alfahiukkaset ionisoivat virtapiirin osana olevaa ilmaa.
- Amerikiium-241 lähettää myös hieman gammasäteilyä.
- Virtapiirissä kulkeva heikko sähkövirta tuottaa lämpöä.

www-sivut (linkit tarkistettu 6.3.2012)

- Säteilyturvakeskus – STUK: <http://www.stuk.fi>
- Taloudellinen tiedotuskeskus – TAT, Ydinastia verkkokoulu: <http://www.tat.fi>
- Alfahajoaminen: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/alpha-decay>
- Beetahajoaminen: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/beta-decay>

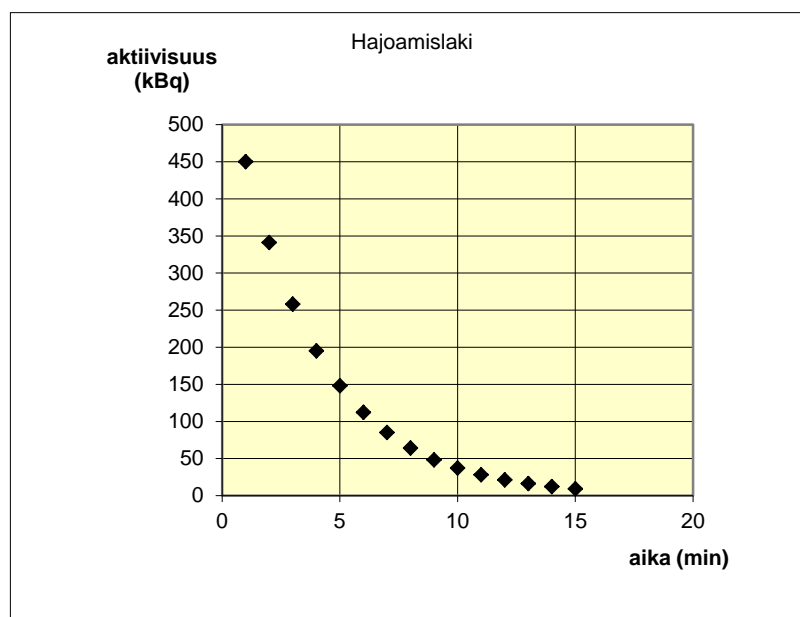
Valmiita mittauksia

Hajoamislaki

Erään jodinäytteen radioaktiivisuutta tutkittiin. Taulukkoon on kirjattu havaitut aktiivisuudet kymmenen minuutin välein.

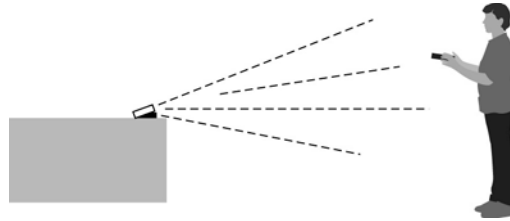
- Piirrä Excel-ohjelmalla aktiivisuus ajan funktiona.
- Mikä jodinäytteen puoliintumisaika oli?
- Kuinka monta hajoamista tapahtui kolmen puoliintumisaajan kuluessa?

aika (min)	aktiivisuus (kBq)
0	450
10	341
20	258
30	195
40	148
50	112
60	85
70	64
80	48
90	37
100	28
110	21
120	16
130	12
140	9



Työkortti 1: Säteilyn vaimeneminen ilmassa

Tutkitaan säteilyn voimakkuuden vaimenemista ilmassa mittausetäisyyden kasvaessa säteilylähteestä.



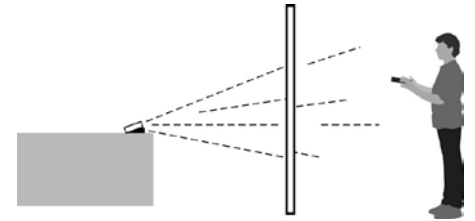
1. Ideoi ja rakenna kuvan koejärjestely säteilylähteestä, statiiveista ja geigermittarista.
2. Mittaa taustasäteilyä muutama minuutti. Laske pulssien määrä minuutissa.
3. Aseta säteilylähde (purettu palovaroinin tai preparaatti) kiinni statiiviin.
4. Aseta geigermittari muutaman senttimetrin päähän säteilylähteestä ja mittaa sama aika kuin edellä. Vähennä taustasäteilyn osuus saadusta pulssimäärästä.
5. Siirrä geigermittari muutaman senttimetriä kauemmas ja toista mittaus.
6. Toista mittaus noin kymmenellä eri etäisyydellä ja kokoa tulokset taulukkoon. Muista vähentää taustasäteilyn osuus.

TAUSTASÄTEILY			
	etäisyys säteilylähteestä (cm)	mitatut pulssien määrät (pulssia/min)	taustasäteilyllä vähennetyt pulssien määrät (pulssia/min)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

7. Esitä mittaustulokset kuvaajana pulssien määrä etäisyyden funktiona ($I \sim r$).
8. Piirrä uusi kuvaaja pulssien määrä kääntäen verrannollisena etäisyyden toiseen potenssiin ($I \sim \frac{1}{r^2}$).
9. Tulkitse pulssien määrän riippuvuus etäisyydestä.

Työkortti2: Säteilyn vaimeneminen väliaineessa

Tutkitaan säteilyn voimakkuuden vaimenemista väliaineessa niin, että väliaineen paksuutta kasvatetaan geigermittarin ja säteilylähteen välissä.



- Säteilylähde/säteilylaji: _____

- Säteilyä vaimentava materiaali: _____

1. Ideoi ja rakenna koejärjestely säteilylähteestä, statiiveista ja geigermittarista.

2. Mittaa taustasäteilyä muutama minuutti. Laske pulssien määrä minuutissa.

3. Aseta säteilylähde (purettu palovaroinin tai preparaatti) kiinni statiiviin.

4. Aseta geigermittarin ja säteilylähteen väliin säteilyä vaimentavaa materiaalia.

Mittaa materiaalin paksuus. Mittaa pulssien määrä samanpituisen aika kuin edellä.

Vähennä taustasäteilyn osuus saadusta pulssimäärästä.

5. Lisää vaimentavaa materiaalia ja toista mittaus.

6. Toista mittaus noin kymmenen kertaa ja kokoa tulokset taulukkoon.

Muista vähentää taustasäteilyn osuus.

	TAUSTASÄTEILY		
	säteilyä vaimentavan materiaalin paksuus (cm)	mitatut pulssien määrät (pulssia/min)	taustasäteilyllä vähennetyt pulssien määrät (pulssia/min)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

7. Esitä mittaustulokset kuvaajana pulssien määrä etäisyyden funktiona ($I \sim r$).

8. Piirrä uusi kuvaaja pulssien määrä kääntäen verrannollisena etäisyyden toiseen potenssiin

$$(I \sim \frac{1}{r^2}).$$

9. Tulkitse pulssien määrän riippuvuus etäisyydestä.

15. Kosmos – maailmankaikkeuden järjestys

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- Käsitellään maailmankaikkeuden rakenteita
- Opitaan tähden kehitys

Aloitusevihjeitä

Useissa tutkimuksissa on todettu, että avaruuden tutkimus on yksi opiskelijoita eniten kiinnostavista fysiikan osa-alueista. Opiskelijoiden tiedot ja käsitykset avaruuden mittasuhteista ovat tyypillisesti hyvin vaatimattomia. Kosmoksen rakenteen käsittelyn alussa on erittäin hyödyllistä aluksi kartoittaa oppilaiden lähtötietoja ja – tasoa. Siihen voi käyttää esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Kuinka korkealle ilmakehä ulottuu? (Tai: Kuinka ylös Maan pinnalta on noustava, että ollaan avaruudessa?)
- Kuinka monta planeettaa aurinkokunnassa on?
- Kumpi on lähimmillään lähempänä Maata, Mars vai Venus?
- Millä taivaankappaleilla on käynyt ihmisiä?
- Kuinka kauan kestää matka Kuuhun ja takaisin?
- Kuinka kauan kestäisi matka Marsiin ja takaisin?
- Miten Aurinkokunta on syntynyt?
- Mitä eroa on tähdillä ja planeetoilla?
- Mitä tähdet ovat?
- Mitä ainetta tähdissä on eniten?

Työtappavihjeitä

Useimmilla suurilla paikkakunnilla on Ursan paikallisyhdistys. Yhdistyksissä on usein henkilöitä, jotka tulevat mielellään kertomaan avaruudesta, sen tutkimisesta ja Ursan toiminnasta. Ursalla on myös puhallettava planetaario, jota vuokrataan koulukäyttöön. Lisätietoja planetaariosta on alla mainitulla www-sivulla.

Avaruusaiheita on luontevaa käsitellä ryhmissä. Työkorteissa on esitetty kaksi aiheetta ryhmätöiksi: maailmankuvan kehittyminen ja aurinkokunnan malli.

Kuva ympäröivästä fyysisestä maailmankaikkeudesta on kaikkina aikoina merkittävästi vaikuttanut ihmisten tapaan ajatella. Maailmankuvan kehittymisen historian tarkasteleminen auttaa ymmärtämään, miten fysiikan kehitys on vaikuttanut historian eri vaiheissa ja nykyaikana.

Avaruuden valtavista mittasuhteista voi jollain tavalla käsittää aurinkokunnan kappaleiden väliset etäisyydet. Konkreettinen malli aurinkokunnasta saadaan, kun lasketaan, minkä kokoisia planeetat olisivat, jos Auringon halkaisija olisi yksi metri tai jos Aurinkokunta pienennettäisiin miljardisosaan todellisesta koosta. Kun planeettojen halkaisijat ja kiertoratojen säteet on laskettu, voidaan planeettojen kiertoradat piirtää kopioon kotiseudun kartasta. Planeettojen ratojen eksentrisyyden voi tässä vaiheessa sivuttaa. Tämä työ voidaan toteuttaa joko ryhmätyönä niin, että kukin ryhmä tekee yhden mallin, tai niin, että jokainen oppilas piirtää mallin omaan karttaan. Myös Ursan internetsivuilla on ohje aurinkokuntamallin tekemiseen (kts. www-sivut alla).

Työkortit

- Työkortti 1: Maailmankuvan kehittyminen
- Työkortti 2: Aurinkokunnan malli

www-sivut (linkit tarkistettu 15.5.2005)

- Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry: <http://www.ursa.fi/>
- Ursan ohjeet Aurinkokuntamallin tekemiseen:
<http://ursa.fi/ursa/koulupalvelu/aurinkokunta.html>
- Ursan planetaario: <http://ursa.fi/ursa/planetaario/>
- Euroopan avaruustutkimuskeskus ESA, Suomen sivut:
<http://www.esa.int/esaCP/Finland.html>
- Euroopan avaruustutkimuskeskus ESA, kouluyhteistyö:
<http://www.esa.int/esaED/index.html>
- Yhdysvaltain avaruustutkimuskeskus NASA, lukiotason kouluyhteistyö:
<http://www.nasa.gov/audience/foreducators/9-12/features/index.html>
- Hubble avaruusteleskoopin kuvasatua, Hubble heritage: <http://heritage.stsci.edu/index.html>
- Astronomynotes: hyvä englanninkielinen sivusto astronomiasta:
<http://www.astronomynotes.com/index.html>

Työkortti 1: Maailmankuvan kehittyminen

Tähtitaivas ja Maata ympäröivä universumi ovat kiinnostaneet ihmisiä kaikkina aikoina.

Käsitys maailmankaikkeuden rakenteesta on muuttunut ihmiskunnan historian aikana valtavasti.

Tieteen ja tutkimusmenetelmien kehittyminen on lisännyt tietoa, joka on mahdollistanut maailmankuvan kehittymisen.

Maailmankuva on muuttunut monien tutkijoiden työn seurauksena usein hyvinkin dramaattisesti.

- Valitse alla olevasta listasta yksi henkilö, ja ota Internetin tai kirjallisuuden avulla selvää, millä tavalla hän on vaikuttanut käsitykseen maailmankaikkeudesta, ja milloin hän eli.

– *Aristoteles (engl. Aristotle)*

– *Ptolemaios (engl. Ptolemy, Claudius Ptolemaeus)*

– *Nikolaus Kopernikus (engl. Nicolas Copernicus)*

– *Tycho Brahe*

– *Johannes Kepler*

– *Galileo Galilei*

– *Isaac Newton*

– *Albert Einstein*

– *Edwin Hubble*

– *Stephen Hawking*

– *joku muu*

Tutkijoiden saavutukset voidaan joko käydä läpi lyhyinä esitelminä aikajärjestyksessä tai niistä voidaan tehdä aikajana, johon merkitään aika, jolloin tutkija eli, ja hänen vaikutuksensa maailmankuvan kehittämiseen.

Työkortti 2: Aurinkokunnan malli

Välineet: harppi, viivoitin ja kopio lähiseudun kartasta.

- Etsi taulukkokirjasta tarvittavat tiedot alla olevaan taulukkoon.
- Laske planeettojen etäisyyksille ja säteille arvo mittakaavassa 1: 1 000 000 000.

	Keskietäisyys Auringosta	Planeetan säde	Keskietäisyys mallissa	Planeetan halkaisija mallissa
Merkurius				
Venus				
Maa				
Mars				
Jupiter				
Saturnus				
Uranus				
Neptunus				

- Valitkaa kartasta Auringon paikaksi joko koulu tai jokin muu sopiva paikka, ja piirtäkää laskemassanne mittakaavassa karttaan planeettojen kiertoradat.

16. Tuleeko fysiikka koskaan valmiiksi

Luvun keskeiset sisällöt ja tavoitteet

- kokonaiskuva nykyfysiikasta
- vuorovaikutuksen merkitys ja erilaiset vuorovaikutukset
- fysiikan (tieteen) luonne: ei koskaan valmis, aina kehittyvä

Aloituspohjeita

- Onko Aurinko ainoa tähti, jolla on planeettoja?
- Onko elämää maapallon ulkopuolella?
- Onko fysiikassa lopullisia totuuksia?
- Mistä tutkijat keksivät uusia tutkimuskohteita?

Työtapavihjeitä

Luku voidaan antaa oppilaille kotona luettavaksi, mutta tehokkaampi tapa on käydä sen sisältöä yhdessä luokkakeskustelussa. Opettaja voi myös kertoa, miten fysiikan jatkokurssit liittyvät esitettyihin avoimiin kysymyksiin.

Luvun tarkoituksena on osoittaa, että fysiikka ei ole pelkkää valmiiden totuuksien toista ja kaavojen pyörittelyä.

Vihjeitä kokeellisuuteen

- Tutkitaan Internetin avulla, minkälaisia uusia tuloksia on saatu kirjassa esitetyistä avoimista kysymyksistä.
- Etsitään uusia avoimia kysymyksiä.