

# Opettajan ohjeet

## Moduuli 06:

### Valon tuottaminen

*Kyky tuottaa valoa ei ole vain fysiikan kannalta mielenkiintoista. Siitä lähtien, kun laivojen merkkitulia tehtiin luolissa, sillä on ollut suuri merkitys elämänlaadullemme. Erityisesti tänä päivänä, kun sähkön kulutuksen vähentämiseen ei pyritä enää vain taloudellisessa mielessä, on tärkeää ymmärtää valon tuottamisesta ja järkevästä tavasta käyttää sitä.*

*Tässä moduulissa käsitellään mustan kappaleen säteilyä ja tutustutaan fotonin diskreettinä energianpakettina. Päähuomio on kuitenkin käytännön valaistuksessa ja erilaisten valonlähteiden toimintaperiaatteiden ymmärtämisessä.*

**Yhteenveto:** Projektissa oppilaat analysoivat koulun valaistusratkaisuja ja vertailevat eri valonlähteiden käyttöä koulutiloissaan. Projektin toisessa osiossa tarkastellaan valaistusratkaisujen tehokkuuksia, hehkua (kuuman metallikappaleen lähettämää valoa), mustan kappaleen säteilyä ja fotonin käsitettä.

Moduuli koostuu kahdesta kappaleesta:

- Kouluvalaistuksen analysointi
- Valon ja lämmön tarkastelu

**Suunniteltu:** lukiolaisille (ikä noin 16–18 v.)

**Kesto:** Ensimmäinen kappaleen kesto on noin 60 minuuttia (puolitoista 40 min oppituntia)  
Toisen kappaleen kesto on noin 40 minuuttia

**Mitä oppilaiden pitäisi tietää jo aiemmin:**

- aineen atomimalli

**Mitä oppilaat oppivat:**

#### Tietoja

- Eri valonlähteiden fysikaaliset toimintaperiaatteet
- Hehkun ja mustan kappaleen säteilyn mallit valon tuottamiselle
- Fotonin käsite

#### Taitoja

- Tutkimusprojektin organisointi
- Yhteistyötaitoja
- Esittää tutkimustuloksista uskottavia argumentteja

**Tämä moduuli sisältää:**

- 2 työohjetta
- 1 tietosivu

## Luku 1 | Koulusi valaistus

### Suosittelun oppitunnin rakenne

Projektissa oppilaat analysoivat koulusi valaistusta ja ehdottavat siihen parannuksia. Oppilaat perehtyvät koulussa yleisesti käytettyihin valonlähteisiin ja vertailevat niiden hyötyjä ja haittoja. Lisäksi he harjoittelevat tutkimustulosten esittämistä ja argumentointia tuloksiin pohjautuen.

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
<b>Ensimmäinen oppitunti</b>		
<b>0 – 20</b>	Projektin kokonaiskuvaus ja tutkimustehtävien jako ryhmille	WS06.1
<b>kotitehtävät</b>	Oppilaat perehtyvät taustatietoihin	WS06.1
<b>Toinen oppitunti</b>		
<b>0 – 10</b>	Taustatietojen tarkastus (kotitehtävä)	WS06.1
<b>10 – 25</b>	Lista ”hyvän” valon kriteereistä	WS06.1
<b>25 – 40</b>	Ehdotuksia koulun valaistuksen parantamiseksi	WS06.1

### Kuvaus suositellusta oppitunnista

#### Projektin kokonaiskuvaus ja tutkimustehtävien jako ryhmille

Oppitunnin päätteeksi kerro oppilaille, että toteutat heidän kanssaan *koulusi valaistus* -projektin, jossa heidän on tarkoitus työskennellä ryhmänä. Jaa oppilaille työohje WS06.1 ja anna heidän lukea se läpi. Keskustele seuraavaksi mitä valmisteluja on syytä tehdä ennen seuraavaa oppituntia. Suositeltavaa on, että oppilaat tekevät työohjeesta kohdan 1) kotitehtävänä. Auta oppilaita ryhmien muodostuksessa ja tutkimustehtävien jakamisessa. Lisäksi kirjoita muistiin ketkä vastaavat mistäkin tehtävästä.

Projektin tavoitteena on motivoida oppilaita tutkimaan eri valaistusvaihtoehtoja ja kannustaa heitä vertailemaan niitä luokkahuoneen ulkopuolella. Oppilaat huomaavat tarvitsevänsä fysikaalisia suureita, kuten *valovirran* -käsitettä vertaillakseen valonlähteitä tarkoituksenmukaisesti. Lisäksi oppilaiden täytyy ymmärtää perusteet eri valonlähteiden toimintaperiaatteista, jotta he osaavat päätellä mikä valonlähde sopii mihinkin käyttötarkoitukseen (esimerkiksi pienpainenatriumlampulla on hyvä hyötysuhde mutta se ei sovellu liitutaulun valaisuun).

#### Taustatietojen tarkastus

Seuraavan oppitunnin aluksi käy läpi oppilaidesi kanssa kohdan 1) kysymykset työohjeesta WS06.1. Yhteenvedona kotitehtävästä, oppilaat laativat lyhyen vastauksen jokaiseen kysymykseen. Lisäksi vastauksiin tulee kirjata niiden taustalla olevien tietolähteiden lähdetiedot.

#### Lista ”hyvän” valon kriteereistä

Anna oppilaille mahdollisuus listata hyvän ”hyvän” valon kriteerit mahdollisimman itsenäisesti ja ohjaa heidän työskentelyään vain tarvittaessa. Kohdan 1) tutkimuskysymyksistä ja kohdan 2) tekstistä on löydettävissä joitakin vinkkejä listan muodostamiseksi. Voit joutua puuttumaan oppilaiden listaan, etenkin jos se meinaa jäädä liian yleiselle tasolle.

### Ehdotuksia koulun valaistuksen parantamiseksi

Kohdan 3) taulukon tarkoituksena on jäsentää oppilaiden keskustelua siitä, kuinka koulun valaistusta voidaan parantaa. Projektin aikana oppilaat voivat yleisesti tarkastella erilaisten tilojen, kuten luokkahuoneiden valaistusta, tai syventyä yksittäisiin valaistusratkaisuihin, kuten liitutaulun tai pihan valaistukseen.

Ennen kuin oppilaat alkavat pohtia koulun valaistuksen parantamista, heidän tulisi tunnistaa selkeimmät parannuskohteet ja perehtyä niiden nykyisiin valaistusratkaisuihin sekä niiden säätömahdollisuuksiin. Tämän työvaiheen aikana kannusta oppilaita hyödyntämään mahdollisimman paljon numeerista aineistoa.

Myös työohjeen kohdassa 4), ”Kirje rehtorille”, kannusta oppilaita käyttämään mahdollisimman paljon numeraaliseen aineistoon perustuvia argumentteja. Vaikka oppilaasi päätyisivät ehdottamaan koulun valaistukseen vain esteettisistä syistä, rohkaise heitä arvioimaan muutosten kustannukset ja ehdottamaan niiden toteutusta koulunne rehtorille.

## Luku 2 | Lämmin valo

### Suositteltu oppitunnin rakenne

Oppitunnilla oppilaat keskustelevat valon tuottamisen yhteydessä muodostuvasta lämmöstä. Aloita valonlähteiden energiatehokkuuksien tarkastelu keskustelemalla hehkusta, mustan kappaleen säteilystä ja fotonin käsitteestä.

Aika minuutteina	Toiminto	Materiaali
0 – 5	Katsaus aikaisempaan projektityöhön (ks. luku 1)	
5 – 30	Ryhmätyöskentelyä ”Lämmin valo” työohjeen parissa; demonstroi hehkua kuumentamalla metallilankaa niin kuumaksi, että se hehkuu punaisena.	työohje WS06.2 diffraktiohilat ja LED-moduulit <i>Ei sisälly materiaalipakettiin:</i> joko sähköisesti kuumennettava metalli- tai teräslanka tai kaasupoltin ja metallin pala sekä pihdit kuuman metallin pitelyä varten.
30 – 40	Keskustelua tietosivuista	FS06.1

### Kuvaus suositellusta oppitunnista

#### Valmistelut

Oppitunnin keskeinen tavoite on, että oppilaat havaitsevat kuumaksi lämmitetyn metallin hehkun. Valmistele koe siten, että kaikki oppilaasi pystyvät havaitsemaan miten metallin väri vaihtuu sen lämpötilan muuttuessa. Mustaa taustaa vasten voi olla helpompi havaita sähköisesti lämmitettävän metallilangan hehku, eli sen väreissä tapahtuvat muutokset. Vaihtoehtoisesti kokeen voi suorittaa metallipalan ja polttopullon avulla.

#### Katsaus aikaisempaan projektityöhön

Jos teit luokkasi kanssa ensimmäisen luvun projektityön, keskustele viisi minuuttia oppilaiden kanssa miten työn tekeminen sujui. Tykkäsivätkö oppilaat projektityöskentelystä? Olivatko he tyytyväisiä tapaan, jolla projektityö oli organisoitu? Mikä meni hyvin, ja mitä he voisivat tehdä toisin seuraavalla kerralla?

#### Työohje ”Lämmin valo”

”Lämmin valo” (WS06.2) -työohjeen avulla oppilaat voivat luontevasti siirtyä ensimmäisen luvun projektityöskentelystä opiskelemaan mustan kappaleen säteilyä ja fotonin käsitettä. Työohjeessa on tehtäviä, joita oppilaat voivat tehdä yksin tai pienissä ryhmissä. Näiden tehtävien lisäksi työohjeessa on osioita, joista on tarkoitus keskustella koko luokan kanssa. Työohjeessa esitetään vain sen tehtävien vastaamisen kannalta keskeiset tiedot – voit joutua täydentämään näitä tietoja ja niiden syvyyttä riippuen siitä millaista opetussuunnitelmaa noudatat.

Työohjeen kohdassa 1) oppilaasi vertailevat kuinka energiatehokkaita eri valonlähteet ovat.

	<b>Lämpötila celsius-asteina</b>	<b>Tehokkuus</b>
<b>Kynttilä</b> (Tuikku)	600-1400	0,3 lm/W (katso "Taustatiedot")
<b>Valoa lähettävä diodi</b> viimeisin teknologia vuodelta 2010: valkoinen ledi White light emitting diodes with super-high luminous efficacy; Yukio Narukawa <i>et al.</i> , <b>2010</b> <i>J. Phys. D: Appl. Phys.</i> 43 354002	Suurteholedit kuumenevat huomattavasti, kun taas tavalliset ledit eivät kuumene juuri lainkaan.	Voi vaihdella: 135 lm/W 1 A sähkövirralla 250 lm/W 20 mA sähkövirralla
<b>Hehkulamput</b> (100 W volframilamppu)	hehkulanka: 2500	17.5 lm/W
<b>Halogeenilamput</b> (volframilanka kvartsilasikuvussa)	hehkulanka noin 3000	24 lm/W
<b>Energiansäästölamput, jotka toimivat loisteputken toimintaperiaatteella</b>	60 — 80	60 lm/W
<b>Loisteputket</b> (kuristimella)	60 — 80 (putken päässä)	100 lm/W
<b>Tulikärpänen</b>	Lämpöä ei käytännössä muodostu	
<b>Plasmatelevisiön näyttö</b> (tiedot Panasonic NeOPDP -sarjasta, vuodelta 2010)	33 — 45	2,3 lm/W
<b>Aurinko</b> (lähde: NASA Sun Fact Sheet, 2010)	Fotosfääri: 5505	80 lm/W  Oletetaan, että aurinko on täydellinen mustan kappaleen säteilijä

*Taulukko 1: Valonlähteiden tehokkuuksia*

On mielenkiintoista huomata, että loisteputket, energiansäästölamput ja plasmatelevisioiden näytöt perustuvat samalle mekanismille: sähköpurkauksen vaikutuksesta putkessa olevat elohopeakaasun atomit ja putken seinämillä olevat fosforiatomit virittyvät, viritystilan purkautuessa ne lähettävät näkyvää valoa (katso, tietosivu FS06.1). On kuitenkin hyvä muistaa, että valaistusratkaisun tehokkuus vaihtelee suuresti eri sovelluskohteiden välillä.

## Hehku

Työohjeen kohdassa 2) käsitellään mustan kappaleen säteilyä. Käsittely aloitetaan tarkastelemalla "lämpimässä" ja "kylmässä" valossa korostuvia värejä. Punaisten värien liittäminen lämpimään valoon, ja sinisten värien kylmään valoon, on ristiriidassa mustan kappaleen säteilijästä saatavien havaintojen kanssa. Ristiriidan havaitsemiseksi työohjeen kohdassa 2) oppilaat tarkastelevat kuinka hehkuvan (metalli)kappaleen lämpeneminen johtaa siihen, että kappale säteilee lyhempiä valon aallonpituuksia, eli sinisempää valoa.

Toista hehkuvan metallilangan (tai metallikappaleen) demonstraatio useita kertoja. Anna oppilaille aikaa keskustella heidän havainnoistaan ennen kuin esität vastauksen.

Työohjeen kohdassa 3) esitetyllä tiedolla ei ole tarkoitus korvata käytössäsi olevaa oppikirjaa. Sen on tarkoitus antaa perustiedot seuraavien tehtävien (työohjeen kohdat 4) ja 5)) tekoa varten. Keskustele seuraavaksi oppilaidesi kanssa mustan kappaleen säteilystä ja fotonista diskreettinä energianpaketina.

Työohjeen kohdassa 4) oppilaat analysoivat, kuinka hehkuvan metallikappaleen spektri muuttuu, kun kappale jäähtyy. Tämän kokeen tavoitteena on auttaa oppilaita ymmärtämään se, että fotonilla on sitä suurempi energia mitä lyhempi sen aallonpituus on.

Vertailu muihin valonlähteisiin, kuten esimerkiksi ledeihin, osoittaa sen, että hehku (metallin kuumentaminen) on ainoastaan eräs tapa tuottaa valoa.

Lopuksi (kohdassa 5)) oppilaat vertailevat kuumana hehkuvan metallin ja ledin tuottamaa valoa. Tämän perusteella oppilaiden pitäisi päätellä, että hehku ei ole kaikkein tehokkain tapa tuottaa valoa. Lisäksi vertailu voi motivoida oppilaita pohtimaan, miten valoa syntyy ledeissä ja muissa valonlähteissä.

### Keskustelua tietosivuista

Toivottavasti tämä moduuli ja sen tehtävät ovat herättäneet oppilaittesi uteliaisuuden ja nostanut esiin useita hyviä kysymyksiä. Varaa noin 10 minuuttia aikaa oppilaiden kysymyksien käsittelyyn ja yleiseen keskusteluun tietosivun (FS06.1) sisällöstä.

(Seuraava moduuli ”Laser” sisältää videon, joka havainnollistaa kuinka hehkulamppu, loisteputki ja laser tuottavat valoa. Jos käytät moduulia seuraavalla tunnilla, voi olla luontevaa käsitellä oppilaiden kysymyksiä sen yhteydessä.)

### Taustatiedot

#### Tuikun valo numeroina

Tyypillinen tuikku sisältää noin 13 grammaa paraffiinivahaa, jonka lämpöarvo on 12,5 kWh/kg. Koska tuikku paloaika on tyypillisesti noin 4 tuntia, siitä vapautuvan energian määrä (aikayksikköä kohden) voidaan arvioida seuraavasti:  $(13g * 12,5 \text{ kWh/kg}) / 4h \approx 40W$ .

Tuikun valovoima on hieman pienempi kuin 1 kandela (SI-järjestelmän mukainen yksikkö valon voimakkuudelle). Oletetaan, että tuikku lähettää valoa kaikkiin suuntiin ( $4\pi$  steradianin avaruuskulmaan). Tällöin ihmissilmä havaitsee valon säteilytehon, joka vastaa 12 luumenia.

Tuikun energiatehokkuutta voidaan arvioida seuraavasti:  $12lm/40W = 0,3 \text{ lm/W}$ .

#### Tulikärpäset

Tulikärpäset ja muut hyönteiset tuottavat valoa kemiallisesti. Niiden elimistö tuottaa lusiferiini-pigmenttiä ja lusiferaasientsyymiä. Tietyissä elimissä pigmentti hapettuu entsyymin avulla, minkä seurauksena muodostuu epävakaita molekyylejä. Kun nämä molekyylit hajoavat vakaammiksi molekyyleiksi, ne lähettävät säteilyä noin 500 nanometrin aallonpituudella, joka näkyy vihreänä valona. Hyönteiset voivat säädellä valon kirkkautta sen avulla kuinka paljon he päästävät hapetta valoa tuottaviin elimiin.

### Oppilaat saattavat kysyä

Jää nähtäväksi kokeellisia töitä tehdessä.