

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Teemakokonaisuudessa **Genetiikkaa** (5 tuntia) avataan geenien saloja kokeellisten tai toiminnallisten tehtävien avulla. Teemakokonaisuudessa tutustutaan DNA:han, RNA:han, proteiineihin, proteiinisynteesiin, mutaatioihin sekä geenitekniikan menetelmiin. Tehtävien suunnittelussa on pyritty mahdollisimman yksinkertaisiin välineisiin.

Kokonaisuuden on koonnut: Kaisa Jauhiainen

Muista aina työskennellessäsi turvallisuus. Varmista ennen työskentelyn aloittamista, että kaikki välineet, aineet ja tarvikkeet sopivat kohderyhmällesi. Vaikka useat työohjeet ovatkin helppoja, ne on tarkoitettu aikuisten ohjaajien käyttöön. Lasten ja nuorten työskentelyä on aina valvottava, eikä Opinkirjo ota vastuuta työskentelyn aikana sattuneista tapaturmista.

Tuntien aihepiirit:

1. [Nukleiinihapot DNA ja RNA](#)
 - Nukleiinihappojen rakenteeseen ja nukleotideihin tutustuminen
 - DNA:n ja RNA:n mallintaminen
2. [DNA perimän siirtäjänä](#)
 - DNA:n ominaisuudet ja merkitys
 - DNA:n eristäminen posken limakalvolta/kiivistä
 - Mutaatiot ja niiden vaikutusten havainnollistaminen
3. [Proteiinit](#)
 - Proteiinien rakenne ja ominaisuudet
 - Muovin valmistaminen maidosta
 - Syljen entsyymien tutkiminen
4. [Proteiinisynteesi](#)
 - Miten emäsjärjestyksestä päädytään toimivaan proteiiniin?
 - Geenin koodaaman proteiinin mallintaminen
5. [Geenitekniikan menetelmät](#)
 - Mitä on geenitekniikka?
 - Sentrifugin toiminnan mallintaminen
 - Elektroforesilaitteen rakentaminen

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Tunti 1: Nukleiinihapot DNA ja RNA

- Palautetaan mieleen solun rakenne mallin avulla
 - o Katso [Opettajan ohje: Mikä on malli?](#)
- Solun nukleiinihappoja on kaksi: DNA (deoksiribonukleiinihappo) ja RNA (ribonukleiinihappo). Nukleiinihapot ovat kaikilla eliölajeilla samankaltaisia. Ne rakentuvat pienistä osista, nukleotideista, jotka liittyvät peräkkäin toisiinsa muodostaen yhtenäisen nukleotidijonon, niin kutsutun juosteen.
- Nukleotidi koostuu sokeriosasta, fosfaattiryhmästä ja yhdestä orgaanisesta emäksestä. DNA:n orgaaniset emäkset ovat adeniini (A), tymiini (T), guaniini (G), sytosiini (C). Emäkset muodostavat pareja vetysidosten avulla. Parin muodostavat aina G ja C keskenään sekä A ja T keskenään. DNA muodostaa itsestään identtisiä kopioita, jotka siirtyvät tytär soluille. Näin DNA:n sisältämä informaatio säilyy sukupolvesta toiseen.
- Perehdytään nukleiinihappojen rakenteeseen kokoamalla legoista nukleotidejä ja niistä DNA-juoste
 - o Katso [Oppilaan ohje: DNA-juosteen mallintaminen](#)
- Rakennetaan malli DNA:n kaksoiskierteestä askartelupunoksesta
 - o Katso [Oppilaan ohje: DNA-malli askartelupunoksesta](#)
- DNA:n ja RNA:n rakenteessa on sekä eroja että yhteneväisyyksiä. RNA:n emäkset ovat muuten samat kuin DNA:lla, mutta tymiinin korvaa urasiili (U). Uraasiili (U) muodostaa parin adeniinin (A) kanssa.
 - o Rakennetaan legoista myös RNA-juoste (käytetään samaa ohjetta kuin DNA:n rakentamisessa).

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Opettajan ohje: Mikä on malli?

(Lähde: Kerhokeskus - koulutyön tuki ry:n koulutuspaketti "Yksinkertaisilla välineillä kokeellisuuteen". Koonnut Merike Kesler)

Mitä tarvitaan:

- leluautoja
- yksi isompi massapallo
- 2 pienempää massapalloa
- isohko muovipullo (miehellään ei kovaa kierrätysmuovia vaan pehmeää)
- salibandypallo
- 1-2 sormiparistoa
- audiokasetin nauhaa (tai vastaavaa ohutta muovinauhaa)
- läpinäkyvää muovia (esim. kumihanska) tai tuorekelmua
- helmiä

Miten tehdään:

Otetaan leluauto ja yritetään muotoilla mallin käsite. Rakennetaan massapalloista vesimolekyylin malli. Sen jälkeen voidaan rakentaa esim. solumalli, jossa muovipullo kuvaa soluseinää, salibandypallo tumaa ja siihen tungettu nauha on DNA, sähköpatteri on mitokondrio, kumihanska solulima ja pienet helmet ribosomeja.



Mikä on tehtävien idea:

Usein on vaikea hahmottaa sellaisia asioita, joita ei paljaalla silmällä näe. Isoista rakennuksista voidaan tehdä pienoismalleja, jolloin niitä on helpompi hahmottaa. Näin voidaan tehdä myös malleja pienistä asioista. Esim. vesi koostuu vesimolekyyleistä ja jokainen vesimolekyyli koostuu yhdestä happi- ja kahdesta vetymolekyylisestä.

Esimerkkikysymyksiä:

Mikä on malli?

Miksi malli on parempi kuin esim. piirustus?

Mitä yhteistä on leluautolla ja oikealla autolla?

Mistä ympäröivä maailmamme koostuu?

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Lisätehtäviä ja jatkotutkimusideoita:

Malleja voi tehdä esineistä tai rakenteista, mutta myös liikettä tai ilmiötä voi mallintaa. Oppilaat voivat itse keksiä, mistä haluavat tehdä seuraavan mallin.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: DNA-juosteen mallintaminen

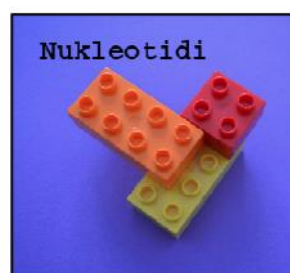
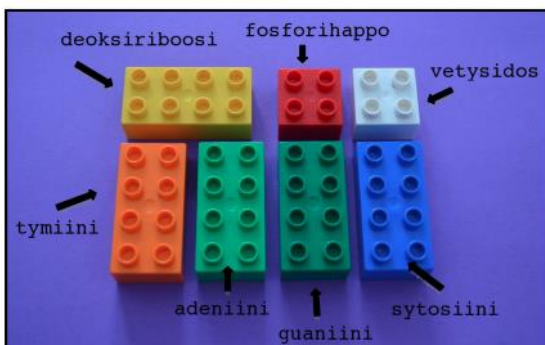
Tehtävän kesto: 15 min.

Mitä tarvitaan:

- Duplo-/Lego-palikoita 2-3 kokoa ja 6-7 väriä.
- Neljän emäksen kaksoisjuosteessa on:
 - o 8 x runko-osa
 - o 8 x fosfaattiryhmä
 - o 8 x emäs (jokaisella emäksellä oma väri)
 - o 4 x vetysidos

Miten tehdään:

1. Rakenna palikoista nukleotideja, joissa jokaisessa on sokerirunko, fosfaattiryhmä ja orgaaninen emäs.
2. Kokoa nukleotideista juoste.
3. Kokoa vastinjuoste yksi nukleotidi kerrallaan. Mitkä emäkset pariutuvat keskenään?
4. Liitä emäkset yhteen vetysidoksella.



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: DNA-malli askartelupunoksesta

Värikoodi:

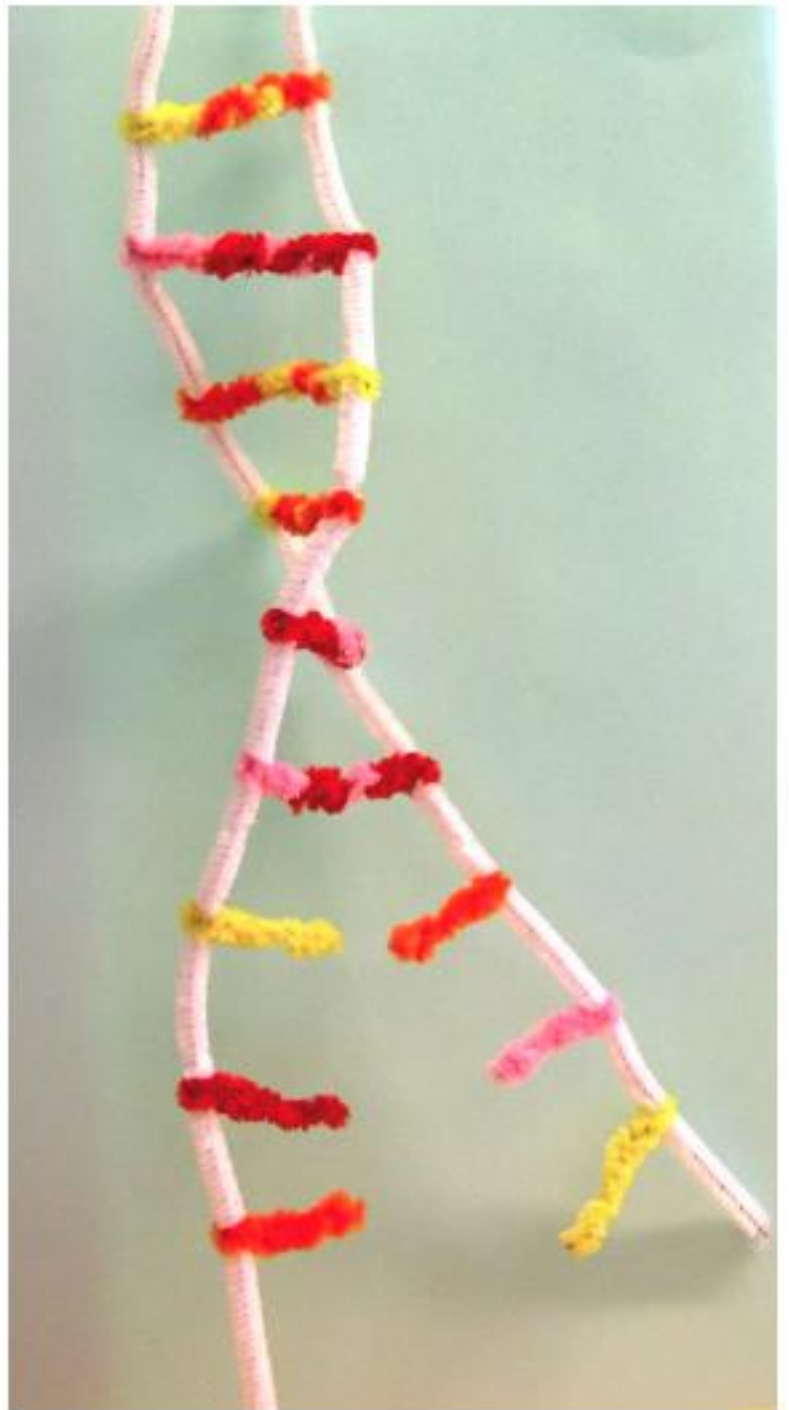
valkoinen= sokerifosfaattirunko

punainen = adeniini

vaaleanpunainen = tymiini

oranssi = sytosiini

keltainen = guaniini



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Tunti 2: DNA perimän siirtäjänä

- Kaikissa soluissa on DNA:ta. Tumallisissa soluissa DNA sijaitsee valtaosin tuman kromosomeissa, mutta pieniä määriä DNA:ta on myös solun energiantuotannosta huolehtivissa mitokondrioissa ja kasvisolujen yhteyttävissä viherhiukkasissa. Esitumallisilla bakteereilla DNA on solulimassa vapaana tai rengasmaisina plasmideina.
- Löytyykö DNA:ta kotikonstein? Eristetään DNA:ta posken limakalvoista ja/tai kiivistä
 - o Katso [Oppilaan ohje: DNA:n eristäminen posken limakalvolta](#) ja [Oppilaan ohje: DNA:n eristäminen kiivistä](#)
- On arvioitu, että yhden ihmisen soluissa on yhteensä 40 miljardia kilometriä DNA-rihmaa. Se on yli 130 kertaa Maasta Aurinkoon ja takaisin. Solun koko DNA-määrä kiertyy proteiinien ympärille. Avoimena riimana se saattaisi mennä solmuun.
 - o Kokeillaan villalangan avulla mitä eroa on vapaasti olevalla ja tiukkaan kiertyneellä DNA:lla, katso [Oppilaan ohje: DNA:n kiertyminen](#)
- DNA:n rakenne on yksinkertainen, mutta silti se sisältää kaiken solujen toimintaan tarvittavan informaation. DNA:n välittämä viesti kätkeytyy sen emästen järjestykseen. Muutos DNA:n emäsjärjestyksessä (eli mutaatio) voi muuttaa DNA:n informaatiota.
 - o Tutkitaan mitä DNA:n viestille tapahtuu, kun siihen kohdistuu mutaatio; katso [Oppilaan ohje: Mutaatio](#)

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: DNA:n eristäminen posken limakalvolta

Tehtävän kesto: 20 min.

Mitä tarvitaan:

- koeputki
- 2 lasia
- ruokasuolaa
- astianpesuainetta
- etanolia (esim. sinol)
- hammastikku
- lusikka

Miten tehdään:

1. Merkitse koeputkeen merkki 2cm:n, 3cm:n ja 6cm:n kohdalle.
2. Sekoita $\frac{1}{2}$ teelusikallista ruokasuolaa ja $\frac{1}{2}$ dl kylmää vettä muovimukissa.
3. Lisää seokseen loraus astianpesuainetta. Sekoita varovasti!
4. Purskuttele suussasi n. $\frac{1}{2}$ dl kylmää vettä 30 sekunnin ajan. Kaada vesi suustasi tyhjään lasiin.
5. Raaputa hammastikulla poskesi sisäpintaa ja sekoita tikulla purskuttelemaasi vettä.
6. Kaada koeputkeen 2cm purskuteltua liuosta ja 1cm astianpesuainetta ja suolaa sisältävää liuosta.
7. Sekoita kääntelemällä muutaman kerran (vältä vaahdon syntymistä).
8. Kaada liuoksen päälle varovasti (esim. astian reunaa pitkin) jääkylmää etanolia 6 cm:n rajaan asti.
9. Alkoholilla on vettä kevyempää, joten se nousee koeputken pinnalle kirkkaaksi yläfaasiksi. Varo sekoittamasta kirkasta yläfaasia ja sameaa alafaasia.
10. DNA erottuu alkoholikerroksessa valkoisena rihmana.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: DNA:n eristäminen kiivistä

Tarvittavat välineet ja aineet:

- kiivi (myös kateenkorva käy)
- ruokasuolaa
- etanolia (jäähylmää)
- tiskiainetta
- lautanen ja haarukka
- 2 x 100 ml (tai 50 ml) mittalasi
- suppilo ja suodatinpaperia
- lusikka
- 2 kpl laseja (läpinäkyvä kertakäyttömuki käy)
- grillitikkua ym.

Työvaiheet:

1. soseuta puolikas kiivi haarukalla lautaselle
2. kaada kiivisose lasiin
3. sekoita 5 ml tiskiainetta 50 ml:aan vettä mittalasisa
4. lisää teelusikallinen suolaa tiskiaineliuokseen, sekoita (Kuva 1)
5. lisää tiskiaine seos kiivisoseen sekaan lasiin
6. sekoita hyvin
7. taittele suodatinpaperi suppiloon
8. kaada kiivi-tiskiaineseos suppilon läpi puhtaaseen mittalasiin (Kuva 2)
9. kerää vähintään 10 ml suodatusliuosta
10. siirrä suodatettu liuos puhtaaseen lasiin
11. lisää suodatusliuokseen sama tilavuus **jäähylmää** alkoholia **varovasti** lasin reunaa pitkin
12. odota noin minuutti
13. kerää DNA kirkkaasta faasista tikun ympärille pyörittämällä tikkua varovasti, **varo sekoittamasta kirkasta yläfaasia ja sameaa alafaasia!** (Kuva 3)



Kuva 1



Kuva 2



Kuva 3

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Työhön liittyvää pohdintaa:

- Miksi kiivi soseutettiin?
- Mikä on tiskiaineen tehtävä tiskatessa, entä tässä työssä?
- Mieti myös suolan tehtävää kokeessa
- Mikä tarkoitus alkoholin lisäämisellä oli, miksi sen piti olla kylmää?

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: DNA:n kiertyminen

(Lähde: McDougal Littell. 2006. Life science)

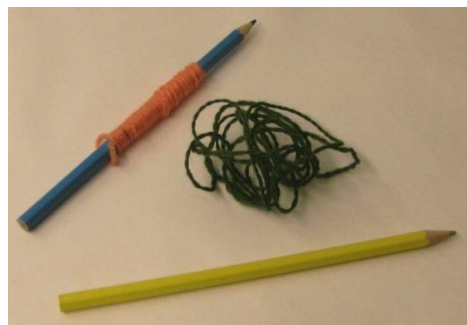
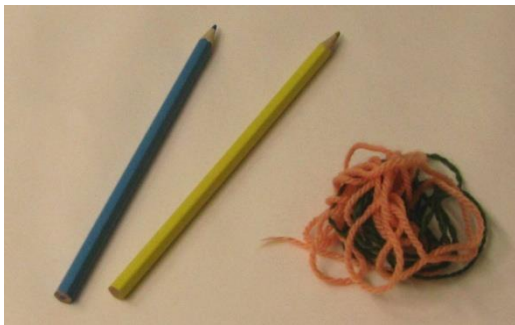
Mitä tarvitaan:

- reilun metrin pituisia erivärisiä langan pätkiä
- kynä tms.

Miten tehdään:

1. Kasaa eriväriset langanpätkät kasaksi pöydälle. Arvioi suunnilleen, miten paljon tilaa langat vievät (pinta-ala ja/tai tilavuus) ja kirjaa arvio tarvittaessa muistiin.
2. Kiedo samat langanpätkät tiukasti kynän ympärille. Arvio nyt lankojen viemä tila. Onko mielestäsi käytetyssä tilassa eroa?

Tässä tehtävässä langanpätkät edustavat DNA:n juostetta ja kynä on proteiini. Syntynyt rakenne on tiiviisti pakattu kromosomi.



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: Mutaatio

(Lähde: McDougal Littell. 2006. Life science)

Tässä tehtävässä käytetään kieltä apuna DNA-informaation tutkimisessa. DNA:ssa sanat ovat kolmikirjaimisia ja koska suomen kielessä kolmikirjaimisia sanoja on vähän, esimerkissä käytetään englantia. Silloin kirjaimet vastaavat emäksiä ja kolmen kirjaimen mittaiset sanat aminohappoja.

Miten tehdään:

Tutki kynän ja paperin avulla, mitä esimerkkilauseen viestille käy, kun siinä tapahtuu mutaatio. Mutaation seurauksena lauseen neljännen sanan toinen kirjain häviää. Pidä välilyönnit kolmen kirjaimen välein. Toisena vaihtoehtona voidaan lisätä sanaan CAT yksi ylimääräinen A kirjain ja pidetään sanat taas kolmikirjaimisina.

Esimerkkilause:

ONE DAY THE FAT CAT ATE THE RAT

Mitä viestille tapahtuu?

ONE DAY THE FTC ATA TET HER AT

tai

ONE DAY THE FAT CAA TAT ETH ERA T

Alkuperäisen lauseen voi känätää: yhtenä päivänä lihava kissa söi rotan. Kuitenkin kun poistetaan tai lisätään vain yksi kirjain, lauseen merkitys muuttuu siten, ettei se tarkoita enää mitään.

Ihmisyksilöiden DNA on sama 99,9% ja vain hyvin pieni osa siitä tekee meistä kaikista ainutlaatuisia.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Tunti 3: Proteiinit

- Proteiinit eli valkuaisaineet muodostuvat aminohapoista, jotka muodostavat ketjuja. Proteiini on yhdestä tai useammasta aminohappoketjusta koostuva orgaaninen yhdiste.
- Proteiineja on kaikkialla soluissa ja niillä on lukuisia tehtäviä. Proteiinit ovat välttämättömiä elintoiminnoille. Proteiinien tehtäviin kuuluvat mm. solujen toiminnan ohjailu esimerkiksi säätelemällä solun aineenvaihduntaa ja aineiden siirtymistä solukalvon puolelta toiselle sekä toimiminen solujen viestinviejinä, kuljettajina ja rakenneosina. Proteiinit osallistuvat myös geenien toiminnan säätelyyn.
- Proteiinin rakenne ja ominaisuudet muuttuvat, kun niihin kohdistuu jokin fyysinen tai kemiallinen muutos. Maitoproteiini muuttuu esimerkiksi kovaksi massaksi – tehdään muovia maidosta!
 - Katso [Oppilaan ohje: Muovia maidosta](#)
- Elimistössä proteiineja pilkkovat erilaiset entsyymit. Tutkitaan syljen entsyymien toimintaa.
 - Katso [Oppilaan ohje: Syljen entsyymit](#)
 - Tehtävän tuloksista voidaan tehdä johtopäätös, että mitä hitaammin pureskelemme ruokaa, sitä paremmin se sekoittuu sylkeen ja sitä nopeammin se hajotetaan ravintoaineiksi.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: Muovia maidosta

(Lähde: Kemianluokka Gadolin, Kemian opetuksen keskus=

Tehtävän kesto n. 30 min.

Mitä tarvitaan:

- maitoa
- etikkaa
- (elintarvikeväriä)
- kattila
- mitta
- kertakäyttölusikka
- lämpömittari

Miten tehdään:

1. Mittaa kattilaan 2dl maitoa.
2. Värjää maito elintarvikevärillä, jos tahdot värikästä muovia.
3. Lämmitä maito varovasti 50 °C:een.
4. Lisää maidon sekaan 10 ml:aa etikkaa ja sekoita maitoa.
5. Nosta lusikkaan tarttunut muovi paperin päälle ja muotoile haluamasi muotoiseksi. Muovi kovettuu kuivuessaan.



Mikä on tehtävän idea:

Maito sisältää valkuaisaineita eli proteiineja. Suurin osa maidon proteiineista on kaseiinia. Työssä valmistettiin kaseiinimuovia maidosta. Maidossa kaseiini on veteen liuenneena, mutta etikkahapon ja lämmön vaikutuksesta kaseiini proteiini denaturoitui ja muuttui kiinteäksi aineeksi.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käytä sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: Syljen entsyymit

Lähde: Anke Keske. 2004. Die beste Experimente für Kinder.

HUOM! Työssä käytetään jodiliuosta. Aikuisen on ehdottomasti valvottava työtä liuoksen kanssa. (Tarvittaessa liuosta laimennetaan veteen.)

Mitä tarvitaan:

- vehnä jauhoja
- jodiliuosta (saa apteekista)
- lusikan
- vettä
- mukin
- koeputken tai jonkun muun putkilon (esim. muoviputkilo, johon laitetaan kukkia)
- pienen purkin kansineen (esim. Piltti -purkki)
- pipetin (voit valmistaa pipetin juomapillistä)

Miten tehdään:

1. Sekoita lusikallinen jauhoja pienessä määrässä kylmää vettä.
2. Kaada teelusikallinen jauhoseosta koeputkeen. Tiputa putkesta pisara seosta purkin kannelle. Käytä purkkia putken telineenä. Tiputa kannelle myös pisara jodiliuosta. Havaitset värin muuttumisen tummansinertäväksi, joka osoittaa, että liuoksessa on paljon tärkkelystä. Puhdista kansi.
3. Sylje muutama kerta koeputkeen, jossa on jauhoseosta. Ravista putkea ja jätä se 15 minuutiksi lämpimämpään paikkaan seisomaan.
4. Tiputa koeputkesta pieni pisara seosta kannelle ja testaa tärkkelyksen määrä jodiliuoksella. Voit toistaa testauksen vielä 5-10 minuutin päästä tai useammin.

Kuvassa vasemmanpuolisessa kannessa on jauholiuokseen ja syljen seos sekä oikeanpuolisessa pelkkä jauholiuos jodiliuoksella testattuna.

Mikä on tehtävän idea:

Kokeessa sylki "hajotti" jauholiuoksessa olleen tärkkelyksen. Syljessä oleva amylaasientsyymi pilkkoo tärkkelyksen molekyylit pienemmiksi sokerin molekyyleiksi.



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Tunti 4: Proteiinisynteesi

- Kun solussa tarvitaan tiettyä proteiinia, tätä koodaava geeni muuttuu aktiiviseksi. Proteiinin valmistusohje luetaan aktiivisesta geenistä. DNA:n emäsjärjestys kopioidaan ja tuodaan tumasta solulimaan tehtävään erikoistuneen lähetti-RNA:n avulla. Kopioimista kutsutaan transkriptioksi.
- Solulimassa lähetti-RNA asettuu ribosomin pinnalle, jossa alkaa geenin emäskoodin kääntäminen aminohappojärjestykseksi. Tätä vaihetta kutsutaan translaatioksi. Lähetti-RNA:n tuomaa viestiä lukevat siirtäjä-RNA:t, jotka kuljettavat mukanaan aminohappoja. Siirtäjä-RNA:t lukevat lähetti-RNA:ta emäskolmikko kerrallaan. Lähetin emäskolmikkoa kutsutaan kodoniksi. Yksi kodoni vastaa yhtä aminohappoa.
- Ribosomin pinnalla aminohapot liittyvät toisiinsa peptidisidoksella muodostaen aminohappoketjuja. Aminohappojen järjestys on DNA-koodin mukainen. Aminohappoketjun rakentuminen päättyy, kun vastaan tulee lopetuskodoni, joka ei vastaa mitään aminohappoa.
- Ennen kun proteiini on valmis, täytyy aminohappoketjun vielä laskostua lopulliseen muotoonsa. Oikea laskostuminen on tärkeää, sillä proteiinin toiminta perustuu sen kolmiulotteiseen muotoon. Tietty aminohappojärjestys laskostuu aina samalla tavoin.
- Valmistetaan geenin koodaama proteiini -malli
 - o Katso [Opettajan ohje: Proteiinimalli](#) ja [Oppilaan ohje: Proteiinimalli](#)

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Opettajan ohje: Proteiinimalli

Tehtävän kesto n. 30 min.

Tehtävän valmistelu:

- Tulosta oppilaille ”Codon wheel” ja taulukko aminohapoista.
- Leikkaa kiekko irti ja liimaa se pahville.
- Tee reikä kiekon keskelle ja kiinnitä siihen lanka helpottamaan kiekon lukemista.
- Merkitse aminohappotaulukkoon, minkä värinen helmi vastaa mitäkin aminohappoa.

Aminohappo	Helmen väri
Metioniini	
Treoniini	
Arginiini	
Leusiini	
Histidiini	
Seriini	
Lysiini	

Vastaukset ”käännä koodi” -tehtävään:

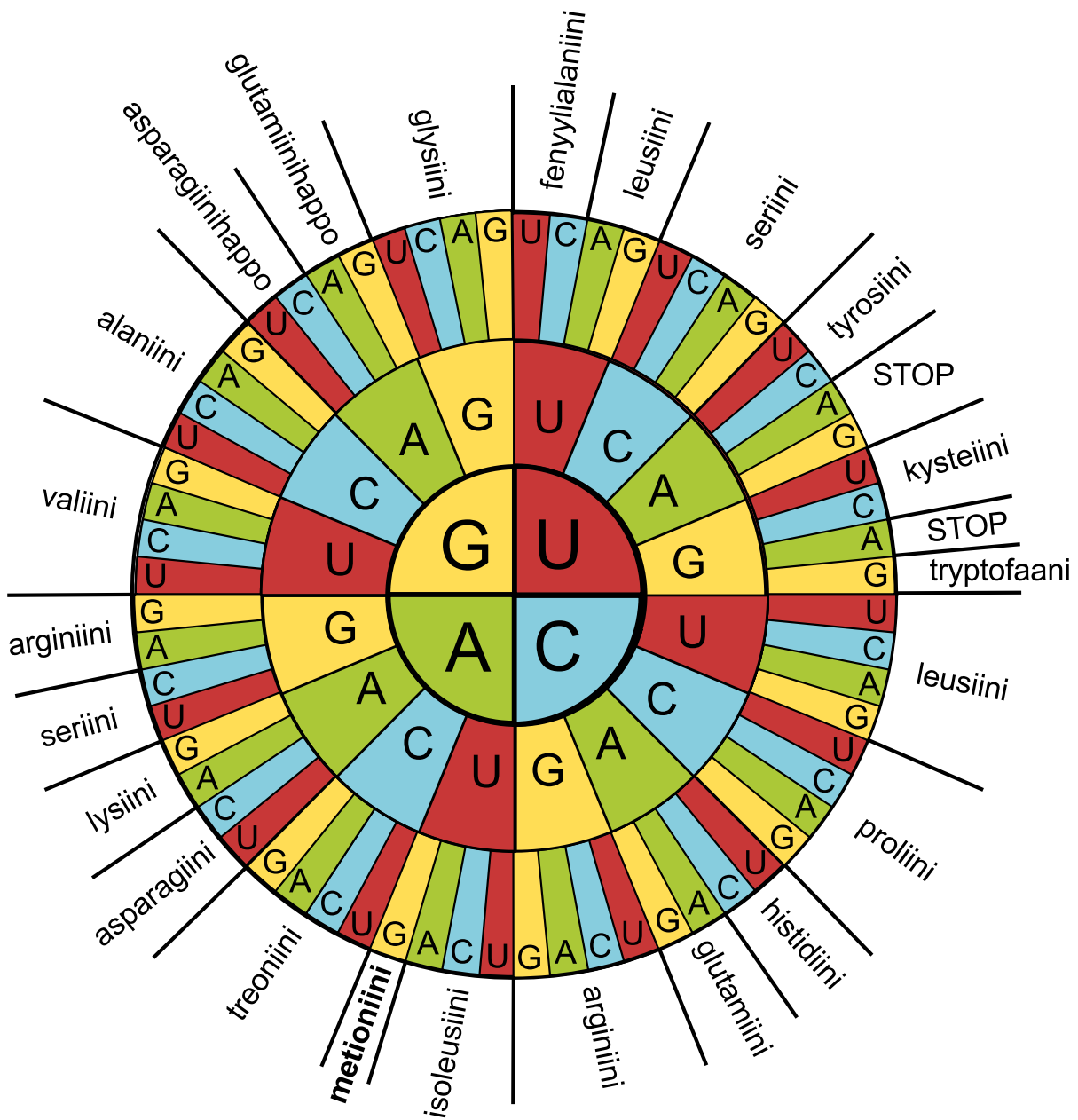
Koodaava juoste	ATG	AGA	CAT	AAA	TTA	ATG	ACC	TCT	ACT	CAC	CTA	AGC	TCG
Mallijuoste	TAC	TCT	GTA	TTT	AAT	TAC	TGG	AGA	TGA	GTG	GAT	TCG	AGC
I-RNA	AUG	AGA	CAU	AAA	UUA	AUG	ACC	UCU	ACU	CAC	CUA	AGC	UCG
Aminohappo	Met.	Arg.	His.	Lys.	Leu.	Met.	Thr.	Ser.	Thr.	His.	Leu.	Ser.	Ser.

DNA	AAG	AGG	CTC	ACG	TAA
DNA	TTC	TCC	GAG	TGC	ATT
I-RNA	AAG	AGG	CUC	ACG	UAA
Aminohappo	Lys.	Arg.	Leu.	Thr.	STOP

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

” Codon wheel”

Lue kiekon avulla mitä aminohappoa lähetti-RNA:n kodoni (emäskolmikko) vastaa. Ensimmäinen emäs luetaan sisimmältä kehältä, toinen emäs toiselta kehältä ja kolmas emäs uloimmalta kehältä. Esimerkiksi: AGA = arginiini.



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Oppilaan ohje: Proteiinimalli

Mitä tarvitaan:

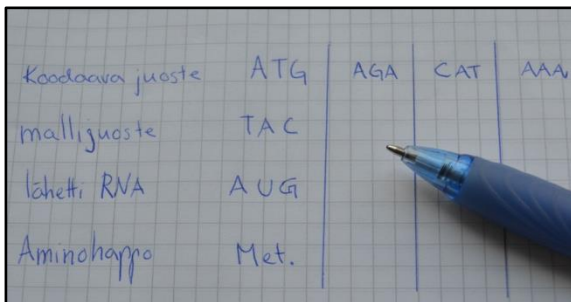
- rautalankaa
- värikkäitä helmiä (17kpl, 7 eri väriä)
- kynä
- ruutupaperia
- ”Codon wheel”
- villalankaa

Miten tehdään:

1. Käännä geenin koodaama DNA:n emäsjärjestys viestiä vieväksi lähetti-RNA:ksi vastinemäso- periaatteen mukaan. Käytä apuna ruutupaperia ja kynää. (Vinkki: Muista, että RNA:ssa Tymiinin korvaa Uraasiili.)

DNA: ATGAGACATAAATTAATGACCTCTACTCACCTAAGCTCGAAGAGGCTCACGTAA

2. Muuta geenin ohje aminohappojärjestykseksi aminohappo kerrallaan. Tulkitse lähetti- RNA:n emäsjärjestystä kodoni (emäskolmikko) kerrallaan käyttäen apuna ”codon wheeliä”. (kts. ohje kiekon käytöstä.)
3. Kokoa ketju aminohappohelmistä rautalankaan oikeassa järjestyksessä. Ketju alkaa metioniin-aminohaposta. Solmi rautalanka ensimmäisen aminohappohelman ympärille.
4. Lopeta ketju lopetus kodoniin. Katkaise rautalanka ja solmi se viimeisen aminohappohelman ympärille.
5. Laskosta aminohappoketju toimivaksi proteiiniksi vääntelemällä sille kolmiulotteinen muoto.



Mikä on tehtävän idea:

Tehtävän tarkoituksena on havainnollistaa proteiinin valmistuksen vaiheita geenistä valmiiksi proteiiniksi.



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käytä sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Tunti 5: Geeniteknikan menetelmät

- Geeniteknologia on modernin bioteknologian osa-alue, jolla tarkoitetaan perintöaineksen muokkaamista ja/tai siirtämistä. Geneettinen muunnos saadaan aikaan, kun soluun viety ”vieras” DNA kiinnittyy osaksi eliön perimää.
- Geeniteknikan perusmenetelmiä ovat:
 1. DNA:n eristäminen
 2. DNA:n pilkkominen
 3. Emäsjärjestyksen tunnistus
 4. Perintöaineksen yhdistäminen uudelleen halutulla tavalla
 5. Perintöaineksen monistaminen
- Tutustutaan geeniteknikan laboratorioon virtuaalisesti <http://learn.genetics.utah.edu/>
- DNA:ta pilkotaan alun perin bakteereista löydettyjen katkaisuensyymien avulla. Katkaisuensyymi tunnistaa DNA-sekvenssin emäsjärjestyksen ja katkaisee DNA-juosteen tietystä kohdasta. Koska perimä on yksilöllinen, sama katkaisuensyymi saa eri yksilöillä aikaan erilaisen kirjon erikokoisia DNA-pätkiä. Nämä pätkät voidaan erotella toisistaan elektroforeesin avulla, jolloin DNA-pätkistä muodostuu yksilöllinen ”kartta”. Näitä kartoja voidaan käyttää esimerkiksi isyyden selvittämisessä tai rikostutkimuksissa.
- Jo aikaisemmalla tunnilla kokeiltiin DNA:n eristystä. Näkyvä DNA saadaan tiivistettyä esim. sentrifugissa. Sentrifugin toimintaa voidaan mallintaa yksinkertaisen demonstraation avulla.
 - o Katso [Opettajan ohje: Sentrifugi](#)
- Elektroforeesi on erotusmenetelmä, joka perustuu varauksellisten molekyylien liikkumiseen sähkökentässä kohti vastakkaista varausta. Sitä käytetään perusmenetelmänä DNA:n kanssa työskennellessä, mutta eroteltavat molekyylit voivat olla myös esim. aminohappoja tai proteiineja.
- Geeli-elektroforeesissa tutkittava näyte lisätään huokoiseen aineeseen, esimerkiksi agarosigeeliin, johon kytketään sähkökenttä. Negatiivisesti varautuneet molekyylit (kuten DNA) kulkeutuvat geelissä kohti positiivista sähkövarausta sitä nopeammin mitä pienempiä ne ovat kooltaan. Tutkittavat näytteet värjätään ennen geeliin pipetoimista, jolloin ne erottuvat geelistä raitakuviona.
 - o Rakennetaan oma geelielektroforeesilaitte, katso [Opettajan ohje: Geelielektroforeesi](#)

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Opettajan ohje: Sentrifugi

Mitä tarvitaan:

- pitkävartinen sukka tai polvisukka
- suljettava pieni putkilo tai muu pitkulainen astia
- vettä
- perunajauhoja
- (elintarvikeväriä)
- lasi tai suljettava pullo tai purkki

Miten tehdään:

1. Valmistellaan tutkittava neste sekoittamalla perunajauhoja veteen. Jos seokseen lisätään vielä elintarvikeväriä, tulokset näkyvät paremmin. Jos seos tehdään kannelliseen purkkiin tai pulloon, se säilyy käyttökelpoisena demonstraatiovälineenä jopa parikin vuotta.
2. Kaadetaan sameaa seosta putkilon ja suljetaan astia kunnolla.
3. Sujautetaan putkilo sukkaan ja otetaan kiinni sukanvarren päästä.
4. Varmistetaan että ympärillä on riittävästi tilaa ja pyöritetään sukkaa nopeasti.
5. Muutaman kymmenen sekunnin kuluttua pyörittämisen voi lopettaa ja voidaan tarkistaa mitä putkilon sisällä on tapahtunut.
6. Seos on kirkastunut ja perunajauhot näkyvät tiivistyneenä putkilon pohjalla.

Tässä demonstraatioissa esitellään sentrifugilaitteen toimintaperiaate. Voimakkaan pyörimisliikkeen aikana eripainoiset molekyylit kasaantuvat keskipakoisvoiman ansiosta. Näin voidaan erotella eripainoisia molekyylejä toisistaan. Erotusmenetelmää käytetään biologisessa ja lääketieteellisessä tutkimuksessa paljon. Laitetta käytetään myös muilla aloilla.



Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Opettajan ohje: Geelielektroforeesi

Lähde: <http://www.thehomescientist.com/biology/lab-3-7a.pdf>

Toimivaan laitteeseen tarvittavat:

- Ajoastian
- Kelkan, johon geeli valetaan
- Kamman, jolla geeliin tehdään kaivot näytteitä varten
- Virtalähteen, joka voi olla valmis virtalähde tai sen voi rakentaa 9v:n paristoista
- Puskuriliuoksen
- Geelin
- Tutkittavat näytteet

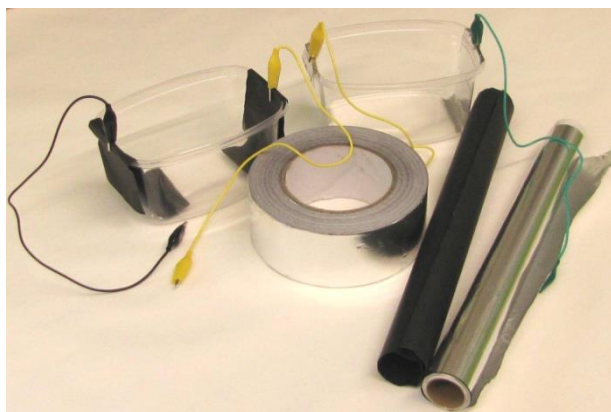
1. Ajoastian valmistus

Mitä tarvitaan:

- Muovinen astia, esimerkiksi pakasterasia
- Alumiinifoliota, alumiiniteippiä, ohutta alumiinilevyä tai muuta sähköä johtavaa helposti käsiteltävää materiaalia
- 2 hauenleuoilla varustettua johdinta (tai vastaavasti hauenleukoja ja johdinta sekä juotosvälineet tms.)

Miten tehdään:

- Vuoraa pakasterasian päädyt alumiinifoliolla tai muulla sähköä johtavalla materiaalilla. Folio kannattaa taitella monin kerroin, sillä yksinkertainen folio hajoaa helposti ajon aikana. Alumiiniteippi ja ohut alumiinilevy ovat siinä mielessä parempia vaihtoehtoja.
- Kiinnitä johtimet päätyjen folioon, mutta älä yhdistä niitä vielä virtalähteeseen.



2. Kelkan (geelimuotin) valmistus

Mitä tarvitaan:

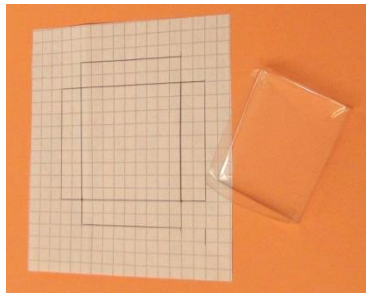
Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

- Helposti leikattavan muovirasian (esim. margariinirasia) tai ohutta kestävästä muovikalvoa (esim. piirtoheitin kalvoa tai muovikansion muovia). Valmiin kelkan tulee olla hiukan pienempi kuin varsinainen elektroforeesin ajoastia.
- Sakset
- Teippiä

Miten tehdään:

Muovikalvosta:

- Piirrä rasian kaava ruutupaperille ja siitä läpinäkyvälle kalvolle.
- Leikkaa saksilla pohja irti muovista.
- Taita kalvon reunat ylös ja teippaa kulmat. Kirkas ja vahvaliimainen toimistoteippi on tähän paras. teipin ja muovin yhteensopivuutta voi myös testata etukäteen. Jos hyvä teippi löytyy, kelkasta tulee melko kestävä.
- Ajon ajaksi kelkan päädyt voi kääntää alas tai leikata kokonaan irti, jolloin kelkkaa ei voi käyttää enää uudelleen.



Margariinirasiasta:

- Leikkaa margariinirasian (tai muun pienen muoviasian) reunat n. 1,2 cm:n korkuiseksi.
- Leikkaa laidat rasian päädyistä pois. Pienennä margariinirasia ajolaitteeseesi sopivaksi. Kelkan reunojen ja ajoastian reunojen välillä tulisi olla vähintään 0,5-1cm.
- Teippaa kelkan päädyt maalarinteipillä kiinni geelin valmistuksen ajaksi. Teippiä voi olla tarpeen laittaa useampi kerros. Jos geeli vuotaa kelkasta teippauksista huolimatta voi teippausta vahvistaa pohjasta ilmastointiteipillä.

3. Kamman valmistus

Tarvitset ”kamman”, jolla geeliin tehdään kaivot, johon tutkittavat näytteet pipetoidaan. Kamman valmistamisessa voi käyttää mielikuvitusta, mutta yritä tehdä kamman piikeistä sen verran liukkaita, että ne eivät jää kiinni jähmettyneeseen geeliin. Liian heppoisen materiaalin geelin kosteus saa hajoamaan – muovi on siten parempi vaihtoehto.

Kamman voi valmistaa esimerkiksi kartongista, foliosta ja ilmastointiteipistä tai leikata valmis solumuovista.

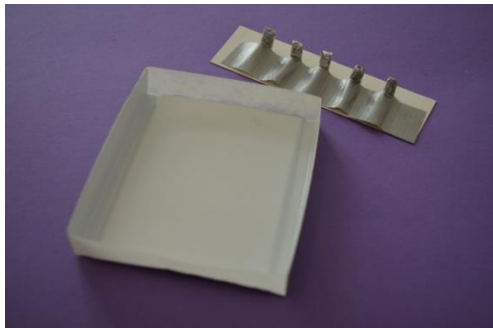
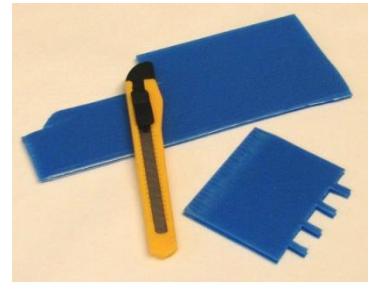
Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Mitä tarvitaan:

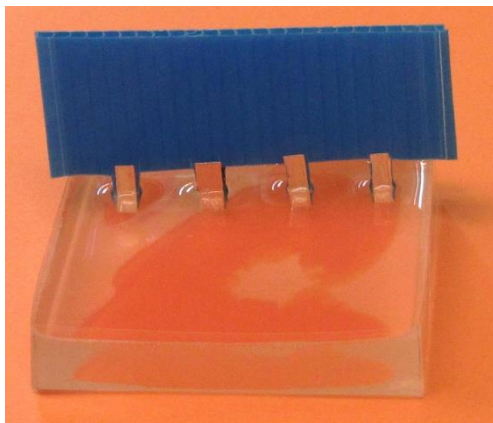
- Palan solumuovia
- Mattoveitsen

Miten tehdään:

- Leikkaa solumuovista hieman kelkkaa leveämpi ja 3-4 cm korkea pala.
- Piirrä valmiiksi kamman piikit – riippuen kuinka monta kaivoa halutaan. Piikkien syvyyden on hyvä olla n. puolet kelkan syvyydestä.
- Leikkaa piikkien välistä muovi pois mattoveitsellä. Veitsi on hyvin terävä ja on hyvä käyttää suoja-alusta, jottei pöytään tule viiltoja.



Kuvassa kampa on valmistettu teipistä ja kartongista sekä tikkarin tikusta. Ajoastia on valmistettu margariinirasiasta.



Kuvassa solumuovista valmistettu kampa ja piirtoheitinkalvosta kelkka. Geeli on valettu kelkkaan.

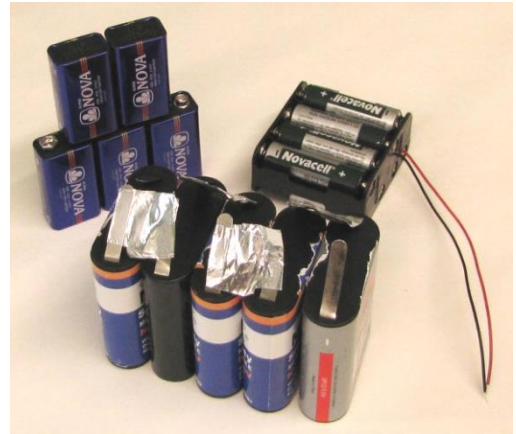
4. Virtalähteen valmistus

Virtalähteenä voi käyttää valmista 45 – 100 V:n virtalähdettä. Mitä enemmän virtalähteessä on tehoja, sitä nopeammin ajo tapahtuu. Jos tehoja on vähän, kannattaa ajaa vain pieniä geelejä, sillä mitä suurempi geeli on, sitä kauemmin ajo kestää.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Mitä tarvitaan:

- 5-9 kpl 9V:n paristoja
 $5 \times 9 \text{ V} = 45 \text{ V}$
 $7 \times 9 \text{ V} = 63 \text{ V}$
 $9 \times 9 \text{ V} = 81 \text{ V}$
- Tai muita paristoja, jotka on mahdollista kytkeä sarjaan. Kuvassa esimerkkinä 4,5 V ja 1,5 V paristoja sarjassa. Näissä tarvitaan lisäksi sormiparistoille sopiva kotelo (kuvassa 8x1,5 V) ja litteille paristoille tarvitaan alumiiniteippiä tai muuta vastaava.



Miten tehdään:

- Liitä patterit sarjaan.
- **HUOM!** Ole varovainen sarjaan liitettyjen pattereiden kanssa. 45 V antaa jo tujan sähköiskun!
- Varo myös, ettei vapaat hauenleuat yhdisty toisiinsa. Se voi johtaa pattereiden ylikuumentumiseen! Hauenleuat kannattaakin liittää pattereihin vasta kun aloitat ajon.

5. Puskuriliuoksen valmistus

Puskuriliuosta tarvitaan sekä geelin valmistukseen että elektroforeesiajoon.

Mitä tarvitaan:

- Vettä
- Ruokasuolaa
- Leivontasoodaa
- 1,5 l:n pullo tai jokin muu astia.

Miten tehdään:

- Huuhtelee 1,5 l:n pullo huolella.
- Mittaa pulloon
 - 1l vettä,
 - ripaus (1/16 teelusikkaa) ruokasuolaa ja
 - kukkurainen ruokalusikallinen leivontasooda.
- Sekoita kääntelemällä pulloa muutaman minuutin välein kunnes liuos on homogeeninen. Älä ravista! Ruokasuolan ja soodan tulisi liueta veteen kokonaan.



6. Geelin valmistus

Mitä tarvitaan:

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

- Agarhiutaleita
- Puskuriliuosta
- Keittopullo tai joku muu mikron kestävä astia.

Miten tehdään:

- Mittaa geelimuotin tilavuus, jotta tiedät paljonko geeliä tarvitaan.
 - Esim. jos kelkan leveys on 7,5 cm ja pituus 8,5 cm ja geelin paksuudeksi halutaan 1 cm on kelkan tilavuus $7,5 \times 8,5 \times 1 = 63,75 \text{ cm}^3$ eli n. 64 ml
 - ➔ Geeliä kannattaa kuitenkin tehdä varmuuden vuoksi enemmän kun mitä geelimuotin tilavuus on. Esim. 64 ml:n geelimuottiin 100ml geeliä.
- Mittaa tarvitsemasi määrä (100 ml) huoneenlämpöistä puskuriliuosta keittopulloon.
- Arvioi tarvitsemasi agarin määrä.
 - n. 0,5-0,75 ruokalusikkaa agarhiutaleita n. 100 ml:aan puskuria
 - sekoita hiutaleet hyvin
- Kuumenna geeliä varovasti mikrossa kunnes seos alkaa hiukan vaahdota. Sekoittele seosta välillä. Seosta voi kuumentaa myös hellalla tai keittolevyllä, jolloin aikaa kuluu vähän enemmän.
- Kun agar on sekoittunut veteen täysin anna seoksen jäähtyä hetki. Jos seos on liian kuumaa geelimuotin teippaukset eivät pidä.
- Kaada hiukan jäähtynyt (n. 50-60°C) seos varovasti kelkkaan. Vältä ilmakuplien muodostumista. Jos teipit eivät pidä ja seos valuu pois kelkasta kannattaa sen antaa jäähtyä hetki ja täydentää kelkkaa ylimääräisellä seoksella. Yleensä seos jähmettyy nopeasti sen verran, että se lopettaa valumisen.
- Aseta kampa varovasti paikoilleen kelkan toiseen reunaan. Tarkista, että kamman piikit eivät osu kelkan pohjaan asti.
- Anna geelin jähmettyä kiinteäksi (vähintään ½ h) ja poista kampa sekä kelkan päädyt.

7. Molekyylien erottelu geelielektroforeesilla

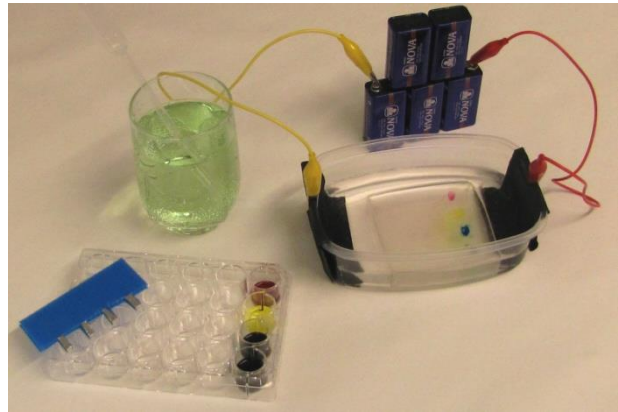
Pakasterasiasta tehtyä elektroforeesilaitetta voidaan käyttää elektroforeesin toimintaperiaatteen mallintamiseen. Tarkoitukseen sopivat nestemäiset elintarvikevärit tai muut vedessä liukenevat väriaineet. Esimerkiksi musta vesiliukoinen tussi (siitä valmistettu liuos) sopii erinomaisesti, koska siinä on monia väriaineita, jotka erottuvat ajon aikana.

DNA-pätkien erottelu kotikonstein on hankalaa. Jos elektroforeesilaitteella halutaan tutkia DNA:ta, jotkut kaupalliset toimijat tarjoavat koulutöihin soveltuvia valmiita kittejä, jotka sisältävät tutkittavat näytteet, geeliainekset ja puskuriliuoksen.

Tämä materiaali on tuotettu Kehittämiskeskus Opinkirjossa. Materiaalia saa kopioida, muunnella ja jakaa, muttei käyttää sellaisenaan kaupalliseen tarkoitukseen. Mikäli materiaaliin viitataan sellaisenaan, viitteenä on käytettävä: Kehittämiskeskus Opinkirjo [Materiaalit]. Saatavissa www.opinkirjo.fi

Mitä tarvitaan:

- Ajoastia
- Kelkka
- Kampa
- Virtalähde
- 2 hauenleukaa
- Puskuriliuos
- Geeli
- Pipetti
- Tutkittavat näytteet



Miten tehdään:

- Aseta geeli kelkkoineen ajolaitteeseen.
- Pipetoi jähmettyneen geelin kaivoihin tippa tutkittavaa näytettä (yksi näyte yhteen kaivoon). Pipetoinnissa on oltava erityisen huolellinen, sillä jos pipetin kärjellä tökkää liian syväälle, näyte ei pysy kaivossa vaan menee geelistä läpi. Jos näytettä menee kaivoon liikaa, voi sitä imeyttää varovasti käsipaperiin.
- Kaada puskuria varoen ajoastiaan. Puskuria tulee olla sen verran, että geeli peittyy hiukan puskuriiin.
- Aseta toinen hauenleuka kiinni siihen päähän ajoastiaa, missä näytteet ovat. Aseta hauenleuan vapaa pää virtalähteen miinus-napaan.
- Aseta toinen hauenleuka ajoastian näytteistä kauempanaan laitaa ja vapaa pää virtalähteen plus-napaan.
- Jos sähkökenttä syntyy, alkaa puskurissa muodostua kuplia.
- Geeliin pipetoidut elintarvikevärit alkavat ajautua hitaasti kohti plus-napaa. Kulkeutumisenopeus on riippuvainen virtalähteen tehosta. 45V:n virralla elintarvikevärit etenevät n. 0,5-1 cm / puolessa tunnissa.