

Fysiikkaa biologian avulla

– tai toisin päin

Hanna-Kaisa Mikkola



KERHOKESKUS
-KOULUTYÖN TUKEA

Sisällysluettelo

Johdanto.....	3
Tehtävät.....	4
Tehtävä 1. Rakenna malli keuhkojen toiminnasta	4
Tehtävä 2. Onko minussakin vipuja? Rakenna käsivarteen lihakset ja löydä sisäiset vipusi!.....	6
Tehtävä 3. Perehdy äänen kulkuun korvan eri osissa.....	8
Tehtävä 4. Palelevat vesi-ilma-pallot: koon vaikutus lämmön haihtumiseen.....	10
Tehtävä 5. Palelevat filmipurkit: Eristeen vaikutus lämmön haihtumiseen.....	12
Tehtävä 6. Voisiko kissan suurentaa ponin korkuiseksi? Kokeile!.....	13
Tehtävien ratkaisut.....	14

Johdanto

Oheinen materiaali sisältää tehtäviä erityisesti yläluokkalaisten fysiikan ja biologian opetukseen. Kussakin tehtävässä havainnollistetaan jotakin fysiikan ilmiötä biologian avulla. Ensimmäisessä työssä havainnollistetaan ilmanpaineen merkitystä keuhkojen toiminnalle ja toisessa vipujen merkitystä eläinten rakenteessa. Kolmannessa työssä oppilaat perehtyvät äänen kulkuun korvan osissa ja aineen eri olomuodoissa. Neljäs ja viiden työ ovat kokeellisia tehtäviä lämmönsiirtymisestä. Kuudes työ on paperilla suoritettava laskutehtävä, jossa oppilaat selvittävät voisiko kissan suurentaa ponin kokoiseksi. Tehtävässä perehdytään mittakaavaan ja paineeseen. Koska oheiset työt eivät vaadi erikoisia välineitä, ne on helppo toteuttaa oppitunnilla tai vaihtoehtoisesti oppilaat voivat tehdä niitä kotiläksyinä. Toivon suunnittelemani materiaalin innostavan etenkin sellaisia oppilaita, jotka pitävät fysiikkaa tylsänä, vaikeana ja jokapäiväisestä elämästä irrallisena oppiaineena. Tavoitteenani on lisäksi osoittaa miten tärkeää merkitys fysiikan ilmiöillä on myös biologian alalla.

Taulukko 1. Eläinten ominaisuuksia, joissa fysiikan ilmiöillä on tärkeä merkitys

Biologia	Fysiikka	
Eliöiden rakenne ja liikkuminen	Painovoima	Painovoima rajoittaa eliöiden kasvua ja liikkumista.
Eläinten raajojen toiminta	Vivut	Lihakset liikuttavat raajoja käyttämällä luita vipuina. Erilaisia vipuja on kaikkien eläinten ruumiissa.
Käveleminen	Kitka	Ilman kitkaa jalkapohjien ja maanpinnan välillä käveleminen olisi mahdotonta.
Keuhkojen toiminta	Paine	Keuhkojen toiminta perustuu ilmapaine-eroihin keuhkojen ja ulkoilman välillä.
Kasvien fotosynteesi	Valon energia	Kasvien viherhiukkaset muuttavat valon energiaa kemialliseksi energiaksi.
Näkeminen	Valo	Näkeminen perustuu silmän aistinsolujen kykyyn reagoida valoon.
Kuuleminen	Ääni	Ääni on väliaineessa etenevää aaltoliikettä, jonka korvan aistinsolut havaitsevat.
Eläinten lämmönsäätely	Lämpö	Lämpöopin ilmiöillä on tärkeä merkitys eläinten lämmönsäätelyssä.
Hermosolujen toiminta	Sähkö	Viesti kulkee hermosoluissa sähköisinä impulsseina.

Tehtävä 1. Rakenna malli keuhkojen toiminnasta

Selvitä oheisten materiaalien avulla miten pallean supistuminen ja rentoutuminen saa ilman virtaamaan keuhkoihin sisäänhengityksessä ja ulos keuhkoista uloshengityksessä!

Materiaalit:

- 0,5 litran muovipullo
- 2 ilmapalloa
- Sinitarraa tai muovailuvahaa
- Ohut putki (esim. pätkä akvaarioletkua, kardemumma -mausteputki tai pilli)
- Teippiä

Työohjeet:

1. Leikkaa muovipullostas pohja irti.
2. Kiinnitä ilmapallo putken päähän ja laita se pullon sisään siten että putki tulee pullon suusta ulos.
3. Tuki pullon suu sinitarralla.
4. Katkaise ilmapallon varsi pois ja venytä pääosa muovipullon pohjaksi.
5. Nyt sinulla on valmis malli keuhkoista. Kokeile miten se toimii! Liikuta pullon ilmapallopohjaa alaspäin ja ylöspäin. Mitä sisällä olevalle ilmapallopohjalle tapahtuu?



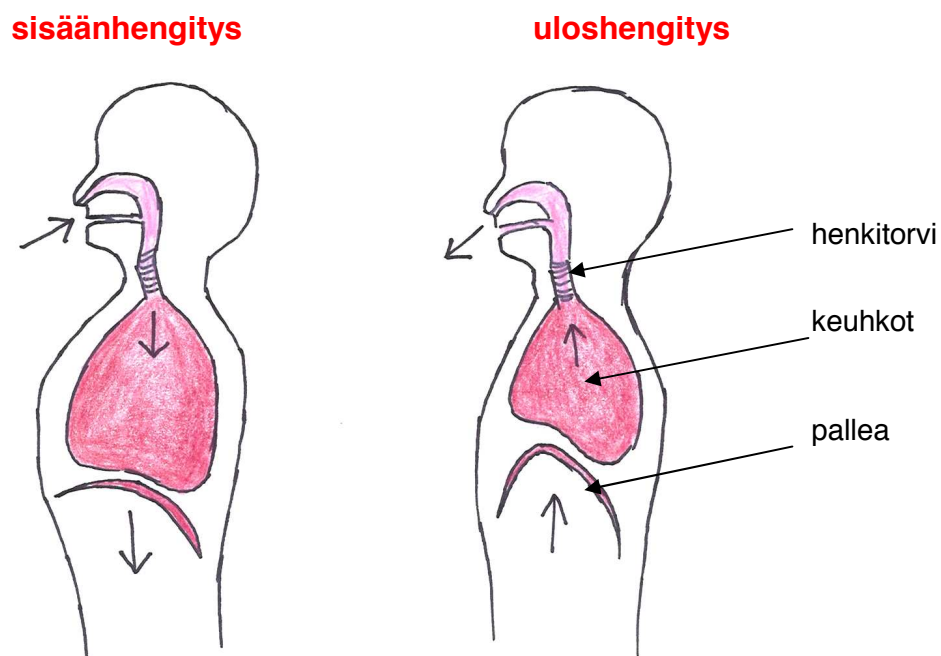
Pohdittavaksi:

1. Miksi pullon sisällä oleva ilmapallo käyttäytyy kokeessa havaitulla tavalla?
2. Tutustu keuhkoista kertovaan tekstiin ja kuvaan ja pohdi mikä osa pullossa vastaa mitään osaa hengityselimissä ja -lihaksissa?

Keuhkojen rakenne ja toiminta

Nisäkkäiden hengityselimiin kuuluvat mm. nenäontelo, nielu, henkitorvi keuhkoputket ja keuhkot. Keuhkot ovat pesusienimäinen rakenne, joka koostuu pienistä ilman täyttämistä keuhkorakkuloista. Sisäänhengityksessä ilma virtaa nenäontelon ja nielun kautta henkitorveen, joka haarautuu molempiin keuhkoihin meneviksi keuhkoputkiksi. Keuhkoputket haarautuvat yhä pienemmiksi ja pienemmiksi putkiksi, joiden kautta ilma kulkee jokaiseen keuhkorakkulaan. Keuhkorakkuloissa ilman sisältämää happea siirtyy hiusverisuoniin ja hiilidioksidia hiusverisuonista keuhkorakkuloihin.

Sisäänhengityksessä ilmaa virtaa keuhkoihin, kun rintakehä laajenee rintakehän lihasten ja pallean supistuessa. Pallea on keuhkojen alapuolella sijaitseva ohut lihas, joka supistuessaan painuu alaspäin. Uloshengityksessä rintakehän lihakset ja pallea rentoutuvat, jolloin rintakehä palaa lepoasentoonsa ja ilmaa virtaa ulos.

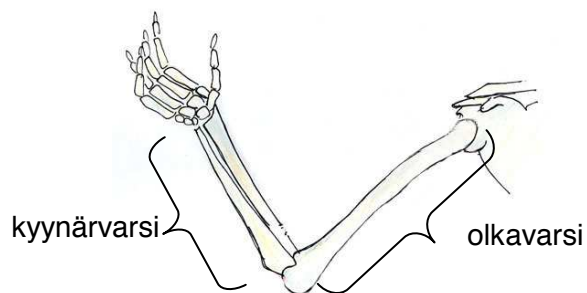


Kuva 1. Sisäänhengityksessä pallea supistuu ja vetäytyy alaspäin. Uloshengityksessä pallea rentoutuu ja palaa lepoasentoonsa.

Tehtävä 2. Onko minussakin vipuja? Rakenna käsivarteen lihakset ja löydä sisäiset vipusi!

Materiaalit:

- Paksua pahvia
- Haaranasta tai esim. metallilankaa
- Narua (n. 50 cm)
- Teippiä



Työohjeet:

Ihmisen käsivarsi ojentuu ja koukistuu kyynärpään kohdalta. Tähän tarvitaan kaksi lihasta, joista toinen ojentaa ja toinen koukistaa käsivartta.

1. Leikkaa pahvista haluamasi malliset käsivarren osat olkavarsi ja kyynärvarsi. Älä leikkaa liian pitkiä paloja, jottei pahvi taittuisi. Varsinkin olkavarren on hyvä olla kestävä. Kiinnitä käsivarren osat toisiinsa haaranastalla tai metallilangalla.
2. Kiinnitä käsivarteen kahdesta narusta lihakset, jotka saavat käsivarren ojentumaan ja koukistumaan. Kokeile kuinka monella tavalla narut voidaan kiinnittää. Pohdi millä tavalla lihakset käsivarressa oikeasti kiinnittyvät?

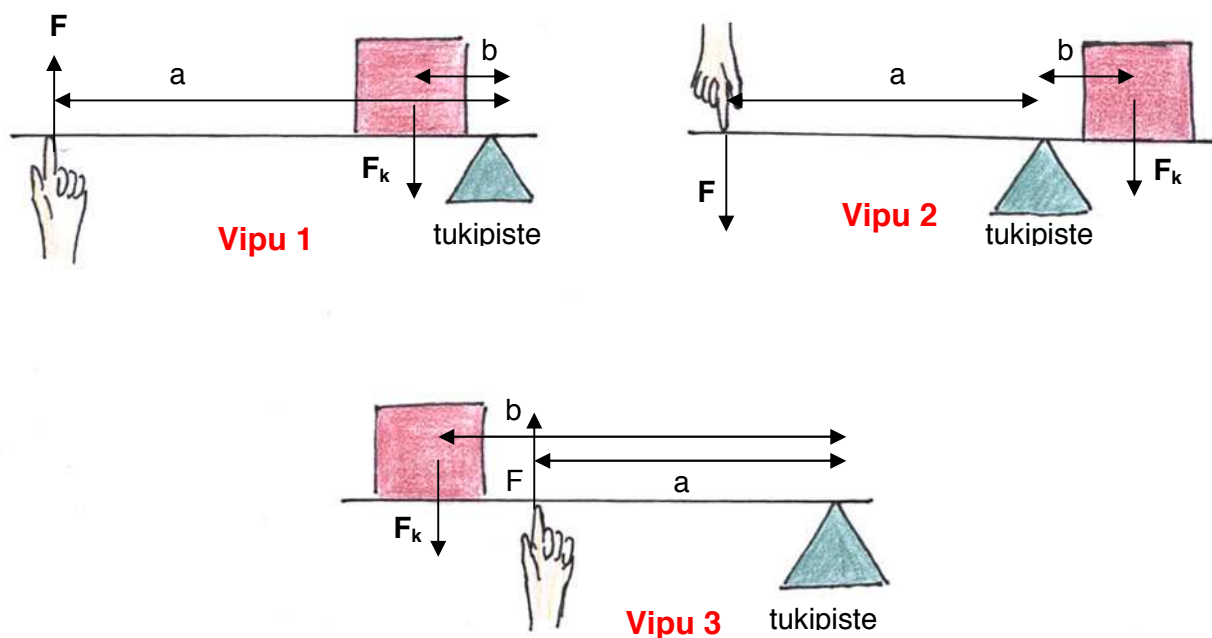
Pohdittavaksi:

1. Olet juuri rakentanut eräänlaisen vivun. Mitä vivut ovat ja hyötyä niistä on? Keksi esimerkkejä vivuista.
2. Kuvassa 2. on kolme erilaista vipua. Näissä kolmessa tukipisteen, kuorman ja vipuun kohdistetun voiman sijainnit toistensa suhteen ovat erilaiset. Tutki kuvia ja pohdi seuraavia kysymyksiä:
 - a. Mitä tarkoittavat voiman varsi ja kuorman varsi?
 - b. Mitkä vivut ovat yksivartisia ja mikä vipu on kaksivartinen? Miksi?
 - c. Minkä vivun käyttäminen kuvassa olevan laatikon nostamiseen vaatii vähiten ja minkä eniten voimaa? Miksi?

(Huomaa: Kuvassa kaikki vivut ovat yhtä pitkiä ja laatikko on yhtä painava. Sen sijaan voimanolet F ja F_k eivät ole oikeissa mittasuhteissa toisiinsa nähden, jotta vastausta kysymykseen ei voisi päätellä nuolen pituudesta.)

a = voiman varsi
 b = kuorman varsi

F = vipuun kohdistettu voima
 F_k = kuormaan kohdistuva painovoima



Kuva 2. Erilaisia vipuja

- Katso kuvia vivuista ja pohdi minkälainen vipu rakentamasi käsivarsi on? Miksi käsivarsi on juuri sellainen? Olisiko toisenlainen vipu parempi ratkaisu?
- Rentouta niskalihaksesi ja anna pään notkahtaa alas. Millainen vipu ihmisen niskassa on pitämässä päätä pystyssä? Piirrä siitä kuva.
- Millaisena vipuna leukasi toimii, kun a) puraise palan porkkanasta etuhampaillasi ja b) rouskutat porkkanaa poskihampaillasi?

Tehtävä 3. Pehdy äänen kulkuun korvan eri osissa

Pohdittavaksi ennen työn aloittamista:

1. Mitä ääni on ja miten sitä voi havaita?
2. Miten äänen kulku eroaa kaasussa, nesteessä ja kiinteässä olomuodossa?
3. Kokeile miltä pulpetin koputusääni kuulostaa korva kiinni pulpetissa ja irti pulpetista.
Mistä havaitsemasi ero johtui?

Materiaalit:

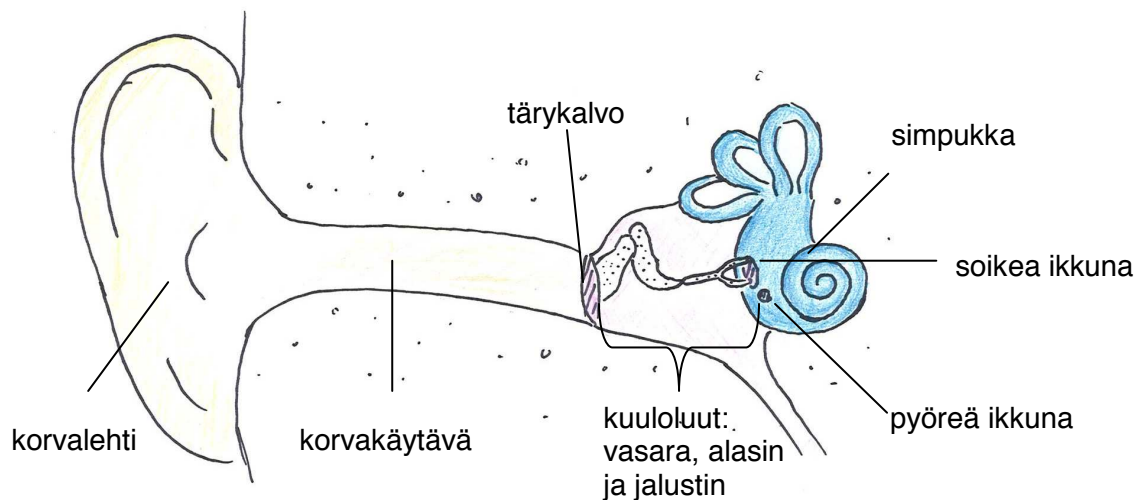
- Talouspaperirulla
- Pahvinpala
- Leivinpaperia tai esim. ilmapallo
- Nuppineula
- Pitkulainen ilmapallo
- Korkillinen koeputki
- Vettä
- Teippiä

Työohjeet:

1. Tutustu oheiseen korvan rakenteesta kertovaan tekstiin ja kuvaan.
2. Kokeile miten havainnollistaisit korvan eri osia ja äänen kulkua niissä käyttämällä tehtävänannossa annettuja materiaaleja. Käytä mielikuvitustasi! Muista, että mikään malli ei vastaa täysin todellisuutta.
3. Valmistaudu esittelemään mallisi korvan rakenteista luokkatovereillesi.

Korvan rakenne

Korva on äänen aistimiseen kehittynyt elin. Se muodostuu korvalehdestä, korvakäytävästä, tärykalvosta, kuuloluista ja simpukasta. Ääniaalto ohjautuu korvalehden kautta korvakäytävään ja sen päässä olevaan tärykalvoon. Tärykalvosta ääniaalto etenee siihen kiinnittyneitä kuuloluita pitkin simpukkaan soikean ikkunan kautta. Simpukka on nesteen täyttämä rakennelma, jonka sisällä on kolme käytävää. Ylin ja alin ovat yhteydessä toisiinsa simpukan kärjessä. Keskimmäisen käytävän sisällä on pieniä aistinsoluja. Ääniaalto saa nämä aistinsolut ärtymään ja lähettämään sähköisiä impulsseja kuulohermoa pitkin aivoihin, jossa ne tajutaan ääniksi.



Kuva 3. Korvan rakenne

Pohdittavaksi:

4. Mikä tarkoitus korvan eri osilla voisi olla?
5. Millaisia ominaisuuksia tärykalvolla on oltava, jotta kuuleminen olisi mahdollista?
6. Miksi simpukan sisällä on nestettä kaasun tai kiinteän aineen sijasta? Pohdi millaisia simpukan sisällä keskimmaisessä käytävässä olevat aistinsolut voisivat olla?
7. Katso kuvaa korvan rakenteesta. Mitä hyötyä on siitä, että tärykalvon pinta-ala on suurempi kuin simpukkaan johtavan soikean ikkunan pinta-ala?

Tehtävä 4. Palelevat vesi-ilma-pallot: koon vaikutus lämmönhaihtumiseen

Kuvittele, että olet eläin ja saat itse valita ulkomuotosi kolmesta eri vaihtoehdosta. Voit olla 1) iso pyöreä, 2) pieni pyöreä tai 3) iso pitkulainen. Sinun on tultava toimeen kylmässä ilmastossa. Tee hypoteesi siitä, minkä muotoinen sinun kannattaisi tällöin olla. Testaa hypoteesisi ilmapalloilla ja laskemalla.

Materiaalit:

- 2 ilmapalloa
- 1 pitkulainen ilmapallo
- Vesi-ilmapallopumppu. (Ilmapallot voi täyttää myös kraanasta, mutta tällöin on oltava tarkkana siitä, että kaikkiin tulee yhtä lämmintä vettä. Voit käyttää esim. 37 -asteista vesihaudetta.)
- Vesilämpömittari
- Kylmä vesihaude (ota niin kylmää vettä kuin hanasta saa) tai jääkaappi (jääkaapin huonona puolena on se, että siinä lämpötila ei ole jakautunut kovin tasaisesti).

Työohjeet:

1. Ota tiskialtaaseen noin 37 -asteista vettä ja pumpppaa sitä ilmapalloihin. Pumpppaa toiseen ilmapalloon noin kaksi kertaa enemmän vettä kuin toiseen. Pumpppaa pitkulaiseen ilmapalloon vettä suunnilleen yhtä paljon kuin isompaan ilmapalloon.
2. Laita ilmapallot kylmään vesihauteeseen noin 20 minuutin ajaksi.
3. Ota ilmapallot pois vesihauteesta. Mittaa niissä olevan veden lämpötila. Mitä havaitset? Kirjoita tulokset ylös.

Pohdittavaksi:

1. Pohdi miten selittäisit kokeen tuloksen: laske kullekin ilmapallopalle niiden pinta-alan ja tilavuuden suhde. Mitä huomaat? Tukevatko laskelmasi havaintojasi?

Käytä laskuissa seuraavia kaavoja ja oletuksia:

Oleta että, pienen pallon säde (r) on puolet isomman pallon säteestä ($r_{\text{pieni pallo}} = 1/2 r_{\text{iso pallo}}$).

Oleta, että pitkulainen pallo on lieriö, jonka säde on sama, kuin pienen pallon ($r_{\text{lieriö}} = 1/2 r_{\text{iso pallo}}$) ja pituus (h) kolme kertaa ison pallon säde ($h_{\text{lieriö}} = 3 r_{\text{iso}}$)

$$\text{Pallon tilavuus} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

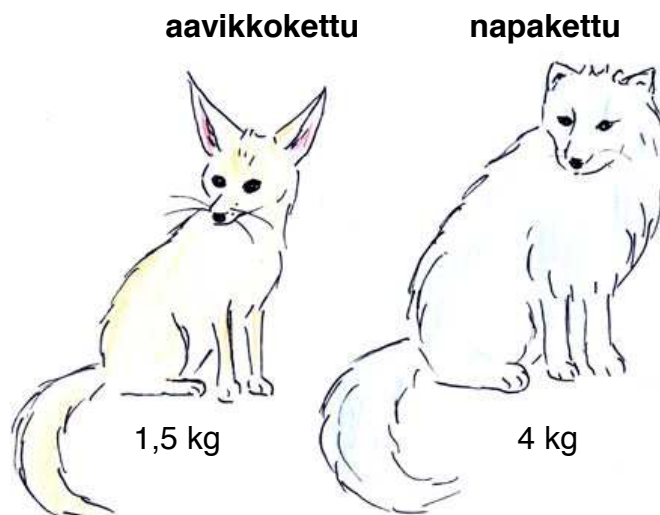
$$\text{Pallon ala} = 4 \pi r^2$$

$$\text{Lieriön tilavuus} = \pi r^2 h$$

$$\text{Lieriön ala} = 2 \pi r h + 2 \pi r^2$$

2. Mitä virhelähteitä kokeessa oli?

3. Vertaile oheisia kuvia aavikkoketusta ja napaketusta eli naalista. Nimensä mukaisesti toinen niistä on sopeutunut kuumaan ja toinen kylmään ilmastoon. Millaisia sopeutumia kettujen ulkomuodossa huomaat? Miten kuumassa ja kylmässä ilmastossa elävät eläimet ylipäänsä eroavat ulkomuodoiltaan?



Kuva 4. Aavikkokettu on maailman pienin koiraelain, joka elää Saharan aavikolla. Napakettu eli naali on tavallista kettua hieman pienempi koiraelain, joka elää pohjoisella napa-alueella.

Tehtävä 5. Palelevat filmipurkit: Eristeen vaikutus lämmön haihtumiseen

Olet lähdössä ulos pakkassäähän tarkkailemaan talvilintuja. Mitä puet päällesi? Testaa filmipurkeilla ja kangastilkuilla millaisessa vaateuksessa pysyt parhaiten lämpimänä.

Materiaalit:

- 3 filmipurkkia
- Kangastilkkuja / sanomalehtipaperia / höyheniä tms. filmipurkkien vaatteiksi
- Vesilämpömittari
- Kylmä vesihaude (ota niin kylmää vettä kuin hanasta saa) ja muovipussi tai jääkaappi (jääkaapin huonona puolena on se, että siinä lämpötila ei ole jakautunut kovin tasaisesti).

Työohjeet:

1. Suunnittele kylmän kestävä vaateus kahdelle filmipurkille (kolmas filmipurkki on kontrolli ja se joutuu olemaan alasti). Pue purkit molemmat purkit lämpimästi, mutta eri tavoin. Voit kokeilla esimerkiksi seuraavia vaihtoehtoja a ja b:
 - a. Toinen filmipurkki puetaan kietomalla kangasta tiiviisti sen ympärille ja toinen kietomalla sama määrä samaa kangasta löyhästi sen ympärille.
 - b. Toinen filmipurkki puetaan kankaaseen, jonka väliin laitetaan höyheniä ja toinen keinokuidulla topattuun kankaaseen.
2. Tee hypoteesi siitä, kumpi filmipurkki menettää vähemmän lämpöä.
3. Kun vaateus on suunniteltu, ota tiskialtaaseen noin 37-asteista vettä.
4. Täytä filmipurkit vedellä ja pue niille nopeasti vaatteet päälle.
5. Laita filmipurkit muovipussissa kylmään vesihauteeseen noin 20 minuutin ajaksi. Jos käytät paljon eristeitä, voit joutua pitämään purkkeja kylmässä pidempäänkin huomataksesi erot niiden välillä.
6. Ota filmipurkit pois vesihauteesta. Mittaa niissä olevan veden lämpötila. Mitä havaitset? Kirjoita tulokset ylös.

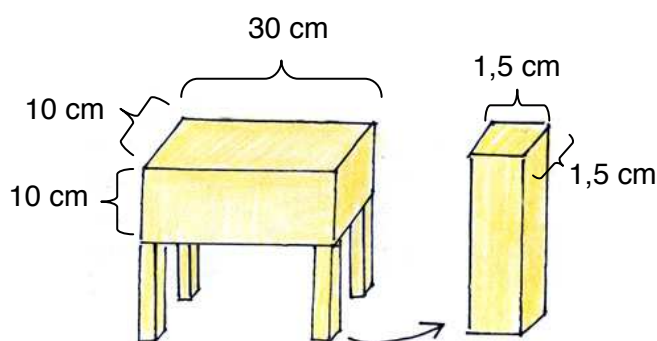
Pohdittavaksi:

1. Mistä lämmönsiirtymistavasta kokeessa oli kyse? Jos filmipurkki olisi oikeasti ulkona pakkasessa, mitkä muut lämmönsiirtymistavat sinun tulisi ottaa huomioon?
2. Miten selittäisit kokeen tuloksen? Millaiset materiaalit eristävät parhaiten lämpöä?
3. Vertaile tuloksiasi luokkatoveriesi kanssa. Millä tavalla puettu filmipurkki menetti vähiten lämpöä?
4. Mitä virhelähteitä kokeessa oli?

Tehtävä 6. Voisiko kissan suurentaa ponin korkuiseksi? Kokeile!

Pelle Peloton keksii koneen, jolla voi suurentaa mitä vain, jopa eläviä eläimiä. Aku Anka haluaa suurentaa kissansa viisinkertaiseksi (suunnilleen ponin korkuiseksi) saadakseen siitä ratsun. Testaa laskemalla oheiseen taulukkoon pystyisikö ponin kokoinen kissa elämään.

Oleta, että kissan muoto muistuttaa neljällä jalalla seisovaa laatikkoa, jonka tiheys on 1 g / cm^3 ja mitat ovat seuraavat:



	Normaali kissa	Viisi kertaa suurempi kissa
Ruumiin tilavuus		
Ruumiin paino		
Jalan poikkileikkauksen pinta-ala		
Kuhunkin jalkaan kohdistuva paine		

Pohdittavaksi:

1. Minkä mielenkiintoisen eläinten rakennetta ja kokoa koskevan säännön tehtävä osoitti? Keksi esimerkkejä eläinmaailmasta, joissa tämä sääntö ilmenee hyvin selkeästi.

Tehtävä on mukaelma teoksessa " Hands-On Physics Activities with Real-Life Applications" (James Cunningham & Norman Herr. The Center for Applied Research in Education, West Nyak, NY. 1994. 672 s.) esitetystä tehtävästä (s.32).

Tehtävien ratkaisut

Tehtävä 1. Rakenna malli keuhkojen toiminnasta

Vastaukset kysymyksiin

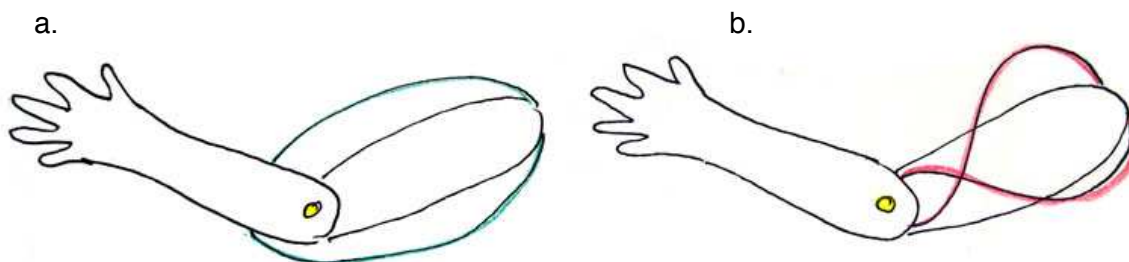
1. Kun ilmapallopohjaa vetää ulospäin, pullon sisälle muodostuu alipaine. Tällöin ilmaa virtaa putkesta sisään ilmapalloon. Kun ilmapallopohjaa työnnetään sisäänpäin, pulloon muodostuu ylipaine ja ilmaa virtaa ulos ilmapallosta.
2. Pullo vastaa rintakehää, ilmapallopohja palleaa. Putki ja siihen kiinnitetty ilmapallo vastaavat henkitorvea, keuhkoputkia ja keuhkoja. Sisäänhengityksessä pallea supistuu ja vetäytyy alaspäin, jolloin rintakehän tilavuus kasvaa ja sen sisälle muodostuu alipaine. Tällöin ilmaa virtaa keuhkoihin henkitorven ja keuhkoputkien kautta. Uloshengityksessä pallea rentoutuu ja nousee ylöspäin. Tällöin rintakehän tilavuus kasvaa ja sen sisälle muodostuu ylipaine, jolloin ilmaa virtaa ulos keuhkoista. Rakentamasi keuhkomalli antaa hyvän kuvan pallean tehtävästä hengityksessä. Muista kuitenkin, että pallean lisäksi myös rintakehän lihakset osallistuvat hengitysliikkeisiin.

Tehtävä 2. Onko minussakin vipuja? Rakenna käsivarteen lihakset ja löydä sisäinen vipusi!

Ratkaisu käsivarren lihasten mallintamiseen:

Käsivarsi ojentuu ja koukistuu naruista vetämällä, kun kiinnität narut kuvan 5a. mukaisesti. Tällä tavoin käsivarren ojentaja- ja koukistajalihakset kiinnittyvät oikeastikin (ks. kuva 6.). Monet kehomme lihakset toimivat pareittain vastavaikuttajina samaan tapaan kuin käsivarren lihaksetkin.

Saat käden koukistumaan ja ojentumaan myös kiinnittämällä narut kuvan 5b. mukaisesti. Tällä tavoin lihaksemme eivät kuitenkaan kiinnity. Selityksen tälle löydät kysymyksen 3. vastauksesta.



Kuva 5. Käsivarren saa ojentumaan ja koukistumaan kiinnittämällä narut jommallakummalla tavalla. Oikeasti lihakset kiinnittyvät kuten narut kuvassa a.

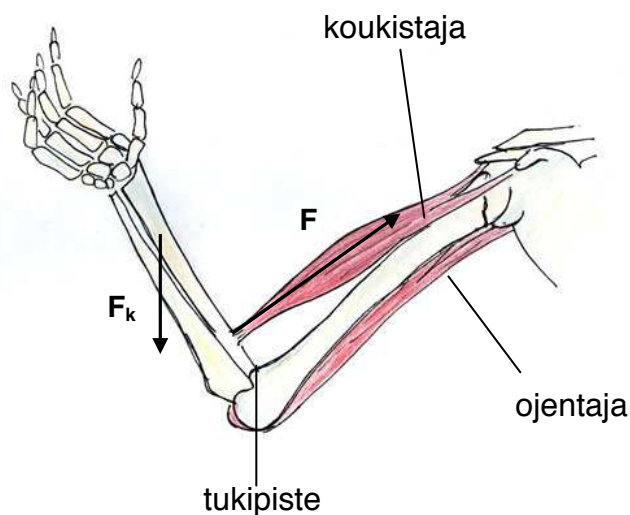
Vastaukset kysymyksiin:

1. Vivut ovat yksinkertaisia työkaluja, joiden avulla saadaan käyttöön enemmän voimaa tai saadaan aikaan nopeampi liike. Esimerkkejä vivuista ovat sorkkarauta, rautakanki, lapio, airo, sakset ja pesäpallomaila.
2. a) Voiman varsi on etäisyys vipuun kohdistetusta voimasta vivun tukipisteeseen. Kuorman varsi on etäisyys kuorman painopisteestä vivun tukipisteeseen.
b) Vivut 1 ja 3 ovat yksivartisia. Vipu 2 on kaksivartinen, koska tukipiste sijaitsee kuorman ja vipuun kohdistetun voiman välissä.
c) Vivun käyttämiseen tarvitaan sitä vähemmän voimaa, mitä suurempi on voiman varsi suhteessa kuorman varteen. Siten laatikon nostamiseen vivulla 1 voimaa tarvitaan vähiten ja nostamiseen vivulla 3 eniten. Sekä vipu 1 että vipu 2 vähentävät laatikon nostamiseen tarvittavan voiman määrää, koska voiman varsi on pidempi kuin kuorman varsi. Sen sijaan laatikon nostaminen vivulla 3 vaatii enemmän voimaa kuin nostaminen ilman vipua, koska kuorman varsi on pidempi kuin voiman varsi. Vipua 3 käyttämällä saadaan kuitenkin laatikolle suurempi vauhti, sillä laatikon etäisyys tukipisteestä on pidempi kuin vipuun vaikuttavan voiman.

Mitä suurempi on voiman varsi suhteessa kuorman varteen, sitä vähemmän voimaa vivun käyttämiseen tarvitaan.

3. Käsivarsi on vivun 3 kaltainen. Siinä voiman varsi on lyhyempi kuin kuorman varsi (ks. kuva 6.) Tällaisella vivulla ei saada käyttöön lisää voimaa. Sen sijaan vivulla saadaan enemmän nopeutta, koska kuorman varsi on pidempi kuin voiman varsi. Käsivarsi on juuri tällainen vipu, koska se mahdollistaa nopeat liikkeet. Koska jalat, kädet ja sormet ovat vivun 3 kaltaisia, pystyt juoksemaan, heittämään palloa ja näppäilemään tietokoneella hyvin nopeasti. Jos käsivarsi olisi vivun 2 kaltainen, se olisi voimakkaampi, mutta aivan liian hidas.

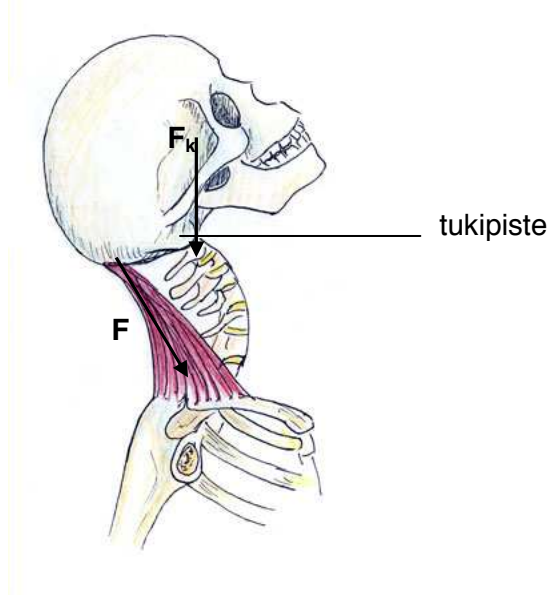
F = vipuun kohdistettu voima
 F_k = kuormaan kohdistuva painovoima



Kuva 6. Käsivarsi vipuna

4. Jos rentoutat niskalihaksesi, kaulasi notkahtaa eteenpäin eikä taaksepäin. Tästä voit päätellä, että päätäsi pitää pystyssä vivun 2 kaltainen vipu.

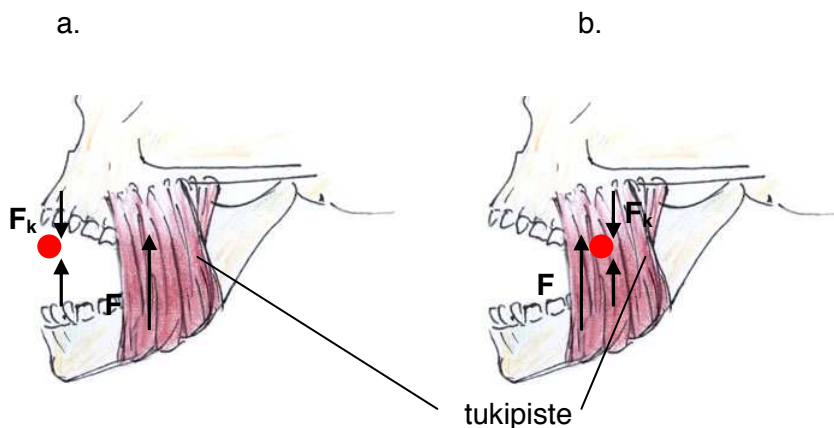
F = vipuun kohdistettu voima
 F_k = kuorman kohdistuva painovoima



Kuva 7. Niskalihas vipuna

5. a) Kun puraiset etuhampaillasi palan porkkanaa, leukasi toimii kuten kuvan 2. vipu 3 (ks. kuva 8b.). Tällöin kuorman varsi (porkkanaan etäisyys tukipisteestä eli leukojen kiinnittymiskohdasta) on pidempi kuin voiman varsi (puremalihaksen etäisyys tukipisteestä).
- b) Kun pureskelet porkkanaa poskihampaillasi, leukasi toimii kuten kuvan 2. vipu 1, koska kuorma on tukipisteen ja vipuun kohdistuvan voiman (puremalihaksen) välissä (ks. kuva 8b.).

F = vipuun kohdistettu voima
 F_k = kuorman kohdistuva painovoima
 ● = kuorma



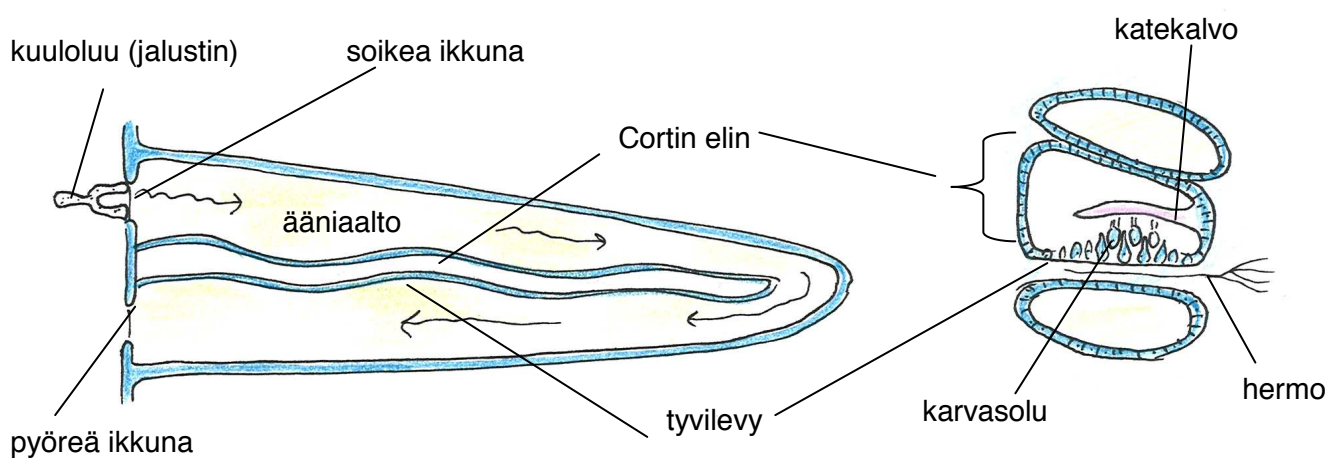
Kuva 8. Leuka vipuna. a) Puraiseminen etuhampailla. b) Pureskelu poskihampailla

Tehtävä 3. Perehdy äänen kulkuun korvan eri osissa

Ratkaisuehdotus korvan osien mallintamiseen:

Mallin korvakäytävästä ja tärykalvosta voi tehdä kiinnittämällä talouspaperirullan päähän leivinpaperista tai ilmapallosta leikatun kalvon. Kun talouspaperirullaan puhuu, kuulee kuinka ääni vahvistuu putkimaisessa rakenteessa. Kun pitää sormeaan kevyesti rullan päässä olevalla kalvolla, voi tuntea, miten ääni muuttuu kalvon värähtelyksi. Tällä tavoin voi myös kokeilla äänen korkeuden vaikutusta kalvon värähtelytaajuuteen. Kun kalvoon kiinnittää teipillä pienen nuppineulan, voi sormella tuntea, miten nuppineula värähtelee kalvon tahtiin. Tämä havainnollistaa tärykalvoon kiinnittyneitä kuuloluita. Talouspaperirullaan voi kiinnittää pahvinpalan torvimaiseksi rakenteeksi havainnollistamaan korvalehden merkitystä ääniaaltojen kerääjänä.

Äänen kulkua simpukassa on vaikea havainnollistaa. Simpukan rakennetta voidaan kuitenkin mallintaa esimerkiksi koeputkella, jonne laitetaan pitkulainen ilmapallo ja vettä. Pitkulaisen ilmapallon ylä- ja alapuolelle jäävät tilat kuvaavat niitä kahta simpukan käytävää, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Ilmapallo havainnollistaa simpukan sisällä olevaa aistinsoluja sisältävää rakennetta, Cortin elintä, jonka sisällä on simpukan keskimäinen käytävä. (ks. kuva 9.). Cortin elimessä on pohjalla kalvo, nk. tyvilevy, johon aistinsolut kiinnittyvät. Kun ääniaalto tulee simpukkaan, se aiheuttaa nesteessä paineaallon, joka saa tyvilevyn ja siihen kiinnittyneet karvasoluiksi kutsutut aistinsolut liikkumaan. Tällöin karvasolut koskettavat yläpuolellaan olevaa toista kalvoa, katekalvoa, ärtyvät ja lähettävät hermoimpulsseja, jotka kulkevat hermoja pitkin aivoihin.



Kuva 9. Simpukka oikaistuna (vasemmalla) ja simpukan poikkileikkaus (oikealla).

Vastaukset kysymyksiin:

1. Ääni on väliaineessa etenevää mekaanista aaltoliikettä. Sillä on tietty taajuus ja aallonpituus. Mitä suurempi on taajuus, sitä korkeampi on ääni. Ääntä voi havaita kuulo- ja tuntoaistin avulla tai mittalaitteilla.
2. Kaasussa ja nesteessä ääni on aina pitkittäistä aaltoliikettä, mutta kiinteässä se voi olla pitkittäistä tai poikittaista. Äänen nopeus riippuu erityisesti väliaineen tiheydestä. Siten kaasussa ääni kulkee hitaimmin ja kiinteässä nopeimmin.
3. Ääni kuulostaa voimakkaammalta, kun korva on kiinni pulpetissa eikä irti siitä, koska tällöin ääniaallon ei tarvitse siirtyä kahden aineen rajapinnan läpi, jolloin se vaimenisi.
4. Korvalehti kerää tehokkaasti ääniaaltoja. Se on muodoltaan sellainen, että se kerää parhaiten edestäpäin tulevia ääniä, mikä auttaa äänen suunnan havaitsemisessa. Korvatorvi keskittää korvaleden keräämät ääniaallot tärykalvoon. Ääniaalto saa tärykalvon värähtelemään rummun kalvon tavoin. Tärykalvoon on kiinnittynyt kolmen kuuloluun ketju. Kuuloluut muodostavat vipujärjestelmän, joka vahvistaa tärykalvon värähtelyjä niin paljon, että ääniaalto voi edetä nesteen täyttämässä simpukassa. Viimeinen kuuloluu, jalustin, välittää ääniaallon simpukan ylimpään käytävään soikean ikkunan kautta. Simpukassa ääniaalto kulkee nesteessä paineaaltona, johon äänenaistimiseen kehittynyt Cortin elin reagoi.
5. Jotta kuuleminen olisi mahdollista, on tärykalvon oltava resonanssissa, eli värähdeltävä samalla taajuudella, äänilähteen kanssa. Tärykalvon on siis kyettävä resonoimaan monien eri taajuuksien äänien kanssa. Nuori ihminen kuulee ääniä, joiden taajuus on välillä 20 -20000 Hz.
6. Perimmäistä syytä siihen miksi simpukassa on nestettä voi vain arvailla. Kuitenkin simpukan sisällä oleva äänen aistimiseen erikoistunut rakennelma, Cortin elin, on kehittynyt reagoimaan juuri nesteessä tapahtuviin paineen vaihteluihin. Sen pohja on paineenvaihteluihin reagoiva kalvo, nk. tyvilevy, johon aistinsolut kiinnittyvät. Kalvon liike saa aistinsolut liikkumaan ja koskettamaan yläpuolellaan olevaa toista kalvoa, katekalvoa. Tällöin ne ärtyvät ja lähettävät hermoimpulsseja, jotka kulkevat hermoja pitkin aivoihin.
7. Tärykalvon pinta-ala on huomattavasti suurempi kuin soikean ikkunan. Tämä vuoksi ääniaalto vahvistuu tullessaan simpukkaan samaan tapaan kuin esimerkiksi veden virtaus vahvistuu joessa olevassa kapeikossa.

Tehtävä 4. Palelevat vesi-ilma-pallot: koon vaikutus lämmönhaihtumiseen**Vastaukset kysymyksiin:**

1. Pienen pallon tilavuus/pinta-ala on $r/3$. Ison pallon tilavuus/pinta-ala on $r/6$. Pienellä pallolla on siis suhteessa isompi lämpöä haihduttava pinta-ala tilavuuteensa nähden. Siksi sen lämpötilan pitäisi laskea nopeammin.

Lieriön tilavuus/pinta-ala on esimerkissämme noin $r/5$. Sillä on siis suhteessa isompi lämpöä haihduttava pinta-ala kuin isommalla ilmapallolla, vaikka lieriön tilavuus oli esimerkissämme hivenen suurempi kuin ison pallon. Jos pallojen mitat olivat kokeessa kuten laskuissakin, lieriön lämpötilan pitäisi laskea nopeammin kuin ison ilma-pallon, mutta hitaammin kuin pienen ilmapallon.

2. Mahdollisia virhelähteitä kokeessa oli esimerkiksi se, että lämpötilat vesihauteessa tai jääkaapissa saattoivat olla erisuuruiset eri kohdissa sijaitseville ilmapalloille. Joku palloista saattoi esimerkiksi kellua vesihauteessa yksi kylki pinnan yläpuolella tai sijaita jääkaapin lämpimämmässä nurkassa.
3. Aavikkokettu on kooltaan pienempi, isokorvaisempi ja isosilmäisempi. Napaketulla on tuuhea turkki ja se on kooltaan isompi ja muodoltaan pyöreämpi. Sillä on pienet korvat ja pienet silmät. Kuten kokeessa havaittiin, suuremmat ja pyöreämmät eläimet haihduttavat vähemmän lämpöä. Siksi aavikolla elävät eläimet ovat usein pitkäjalkaisempia ja suurikorvaisempia kuin kylmemmillä seuduilla elävät.

Tehtävä 5. Palelevat filmipurkit: Eristeen vaikutus lämmön haihtumiseen

Vastaukset kysymyksiin:

1. Tässä työssä lämpöä poistui filmipurkista ympäristöönsä johtumalla. Jos purkki olisi oikeasti ulkona, lämpöä siirtyisi pois purkista todennäköisesti myös konvektiolla, eli tuulen kuljettaman ilman mukana. Lisäksi päiväsaikaan filmipurkkiin siirtyisi lämpöä myös auringosta säteilemällä.
2. Hyviä eristemateriaaleja ovat sellaiset, jotka johtavat huonosti lämpöä. Esimerkiksi ilman lämmönjohtavuus on huono. Siksi materiaalit, joiden sisällä on paljon ilmaa, ovat usein hyviä lämmöneristeitä. Esimerkiksi untuvat vaatteiden sisällä eristävät hyvin lämpöä, koska ne muodostavat hyvin ilmavan kerroksen. Myös useat väljästi puettut vaatekerrokset, joiden väliin jää ilmaa eristävät hyvin lämpöä.
3. Mahdollisia virhelähteitä kokeessa oli esimerkiksi se, että lämpötilat vesihauteessa tai jääkaapissa saattoivat olla erisuuruiset eri kohdissa sijaitseville filmipurkeille. Joku purkeista saattoi esimerkiksi kellua vesihauteessa yksi kylki pinnan yläpuolella tai sijaita jääkaapin lämpimämmässä nurkassa. Lisäksi purkkien pukemisen aikana toinen purkeista saattoi menettää enemmän lämpöä kuin toinen.

Tehtävä 6. Voisiko kissan suurentaa hevosen kokoiseksi? Kokeile!

Ratkaisu:

Massa = tiheys x tilavuus

Paine = voima / pinta-ala

	Normaali kissa	Viisi kertaa suurempi kissa
Ruumiin tilavuus	30 cm x 10 cm x 10 cm = 3000 cm ³	5 ³ x 3000 cm ³ = 375000 cm ³
Ruumiin paino	1 g / cm ³ x 3000 cm ³ = 3 kg	1 g / cm ³ x 375000 cm ³ = 375 kg
Jalan poikkileikkauksen pinta-ala	1,5 cm x 1,5 cm = 2,25 cm ²	5 ² x 2,25 cm ² = 56,25 cm ²
Kuhunkin jalkaan kohdistuva paine	(3 kg x 9,8 m / s ²) / (2,25 cm ² x 4 ≈ <u>3,3 N / cm²</u>)	(375 kg x 9,8 m / s ²) / (56,25 cm ² x 4) ≈ <u>16,3 N / cm²</u>

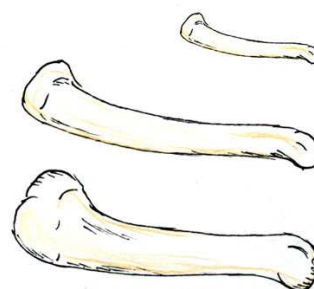
Kun kissan suurentaa viisinkertaiseksi, ruumiin jokaisen osan poikkileikkauksen läpimitta kasvaa viisinkertaiseksi. Ruumiin tilavuus kasvaa silloin kertoimella 5³, mutta jalan pinta-ala vain kertoimella 5². Ruumiin painon suhde jalkoihin kohdistuvaan paineeseen siis kasvaa, kun eläintä suurentaa. Normaalikokoisen kissan jalkaan kohdistuvan paineen suuruus on noin 3,3 N / cm², mutta viisinkertaisen kissan jalkaan kohdistuvan paineen suuruus olisi noin 16,3 N / cm². Suurennettu kissa pystyisi tuskin kävelemään ilman että sen luut murskautuisivat.

Vastaus kysymykseen:

1. Tehtävä osoitti, että isommat eläimet vaativat suhteessa vahvemman tukirangan ja voimakkaammat lihakset kuin pienemmät eläimet. Tämä ilmenee mielenkiintoisella tavalla kaikkialla eläinmaailmassa. Esimerkiksi muurahaiset kykenevät kantamaan painonsa nähden hätkähdyttävän suuria taakkoja. Lisäksi monet hyönteiset kykenevät kevyesti kiipeilemään seinillä ja hyppäämään kokoonsa nähden korkeammalle kuin selkärangaiset.

Myös samaan heimoon kuuluvien erikokoisten eläinten mittojen vertailu havainnollistaa hyvin yllä kuvattua sääntöä. Katso oheisia kuvia käsivarren luista. Ylin kuva esittää kotikissan olkaluuta ja alin kuva tiikerin olkaluuta.

Keskimmäinen kuva on kotikissan luu suurennettuna yhtä pitkäksi kuin tiikerin luu.



Näemme, että tiikerin luu on suhteessa huomattavasti paksumpi. Samaan tapaan voimme vertailla esimerkiksi pikkuruisten metsäkauriiden ja niiden kanssa samaan heimoon kuuluvien hirvien luita. Tämä tehtävä osoitti, että jokaisella eläimellä on juuri tarkoituksenmukaiset mittansa. Elokuvien jättiläishämähäkit ja King Kongit eivät valitettavasti pystyisi elämään ainakaan tämän planeetan painovoiman alaisina.