

Henkilötunnus: _____ - _____

Sukunimi: _____

Etunimet: _____

Nimikirjoitus: _____

(korjauksen merkintä)

Tehtävä 2

9 pistettä

a) Mitkä ihon ja ihonalaiskudoksen rakenteet osallistuvat tasalämpöisyyden ylläpitoon aikuisella ihmisellä? (4 p)

Ihoversuonet, pienet hikirauhaset, ihonalainen rasvakertros ja karvapeite (hiukset)

b) Millä tavoin nämä rakenteet edistävät tasalämpöisyyden säilymistä? (5 p)

Kehonlämmön kohotessa ihoversuonten laajeneminen ja ihon verenkierron lisääntyminen tehostavat lämmön poistumista kehosta. Kylmässä ympäristössä ihoversuonten supistuminen ja ihoverenkierron väheneminen vähentävät lämmön poistumista ympäristöön.

Kehonlämmön noustessa pienten hikirauhasten erittämän hien haihtuminen iholta sitoo lämpöä.

Ihonalainen rasvakudos toimii lämmöneristeenä ja hillitsee elimistön jäähymistä kylmässä ympäristössä ja lämpenemistä lämpimässä ympäristössä.

Karvapeitteen vuoksi lämmin ilmakerros pysyy paikallaan ihon pinnassa ja vähentää lämmönhukkaa.

Galenos: 196, 199, 267, 271, 272, 415, 420, 450

Aineisto

Henkilötunnus: _____ - _____

Sukunimi: _____

Etunimet: _____

Nimikirjoitus: _____

(korjauksen merkintä)

Tehtävä 3

17-15 pistettä

a) Mikäli saunojan ihon lämpötila ei muutu, niin kuinka paljon henkilöstä siirtyy lämpöenergiaa säteilemällä 12 minuutin aikana? (4 p)

$$\dot{Q}_c = A \cdot \sigma \cdot T_a^4 \approx 1,9 \text{ m}^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \cdot 312^4 \text{ K}^4 \approx 1020,8 \text{ W} \approx 1,0 \text{ kW}$$

$$Q_c = \dot{Q}_c \cdot t \approx 1020,8 \text{ W} \cdot 12 \cdot 60 \text{ s} \approx 735000 \text{ J} \approx 0,74 \text{ MJ}$$

b) Entä kuinka paljon henkilöön siirtyy lämpöenergiaa säteilemällä samassa ajassa? (3 p)

$$\dot{Q}_a = A \cdot \sigma \cdot T_r^4 \approx 1,9 \text{ m}^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \cdot 373^4 \text{ K}^4 \approx 2085,3 \text{ W} \approx 2,1 \text{ kW}$$

$$Q_a = \dot{Q}_a \cdot t \approx 2085,3 \text{ W} \cdot 12 \cdot 60 \text{ s} \approx 1501428 \text{ J} \approx 1,5 \text{ MJ}$$

e) Mikä on säteilemällä siirtyvän tehon nettomäärä ja saunaa? (2 p) POISTETTU ARVOSTELUSTA

$\dot{Q}_r = \dot{Q}_c - \dot{Q}_a \approx 1020,8 \text{ W} - 2085,3 \text{ W} \approx -1065 \text{ W}$ eli ympäristöstä henkilöön siirtyy lämpöä säteilemällä 1,1 kW teholla.

d) Laske lämpöenergian kuljetusteho ilmasta saunojaan käyttäen konvektioyhäliää ja luonnollisen kuljetumisen laskukaavaa. (4 p)

$$h = 2,38 \cdot |312 - 373|^{0,25} \text{ W/Km}^2 \approx 6,651 \text{ W/Km}^2 \text{ ja lämmön siirto konvektiolla}$$

$$\dot{Q}_c = 6,651 \text{ W/Km}^2 \cdot 1,9 \text{ m}^2 \cdot 61 \text{ K} \approx 770,9 \text{ W} \approx 770 \text{ W}$$

e) Kuinka suuri henkilön hikoilunopeuden (kg/h) tulee saunassa olla, jotta kehon lämpötila ei nouse, kun oletetaan, että hiki haihtuu kokonaisuudessaan? Oleta hien olevan termodynaamisesti täysin veden kaltaista ja termodynaamisen prosessin saman kuin kiehumisessa. (4 p)

Tuotettu lämpö ulos > 0, vastaanotettu lämpö sisään < 0

$$\dot{Q} = \dot{Q}_r + \dot{Q}_c - \dot{Q}_s \Rightarrow \dot{Q}_s = \dot{Q} - \dot{Q}_r - \dot{Q}_c \approx 83 \text{ W} + 1065 \text{ W} + 770,9 \text{ W} = 1918,9 \text{ W}$$

Veden (hien) haihduttamiseen saunan lämpöiseksi vesihöyryksi kuluu

$$Q_s = 61 \text{ K} \cdot 4,19 \text{ kJ/kgK} + 2260 \text{ kJ/kg} \approx 2515,59 \text{ kJ/kg} = 2515,59 \text{ J/g}$$

jolloin hikoilunopeus r on

$$r = \frac{1918,9 \text{ J/s}}{2515,59 \text{ J/g}} \approx 0,76 \text{ g/s} \approx 46 \text{ g/min} \approx 2,7 \text{ kg/h}$$

(Kaavaliitteessä oleva virheellinen veden höyrystymislämmön arvo 2620 kJ/kg hyväksytään myös käytettäväksi tehtävän ratkaisussa)

Galenos: 267-269, 270

Henkilötunnus: _____

Sukunimi: _____

Etunimet: _____

Nimikirjoitus: _____

(korjauksen merkintöjä)

Tehtävä 4

18 pistettä

a) Laske sydämen iskutilavuus ennen saunomista (syke 75 lyöntiä minuutissa) ja saunomisen aikana (syke 120 lyöntiä minuutissa). (4 p)

Minuuttitilavuus = syke · iskutilavuus (sv)

$$\text{Ennen: } sv = \frac{5,31 \text{ l/min}}{75/\text{min}} = 0,0708 \text{ l} \approx 71 \text{ ml, aikana: } sv = \frac{9,16 \text{ l/min}}{120/\text{min}} = 0,07633 \text{ l} \approx 76 \text{ ml}$$

b) Laske prosentteina, paljonko sydämen keskimääräinen teho muuttuu suhteessa tilanteeseen ennen saunomista. Käytä laskussa SI-yksiköitä. (6 p)

$$\text{Sydämen keskimääräinen teho } \langle P \rangle = \frac{3,5P}{A^2} \langle q \rangle^3 + \frac{7}{6} \langle P \rangle \langle q \rangle$$

$$\text{Paine pascaleina: } p = \rho_{\text{Hg}} g h = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,101 \text{ m} = 13475 \text{ Pa}$$

$$\text{Ennen: } P = \frac{3,5 \cdot 1050 \text{ kg/m}^3 \left(\frac{5,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} \right)^3}{(0,0003 \text{ m}^2)^2} + \frac{7}{6} \cdot 13475 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{5,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 1,419 \text{ W} \approx 1,4 \text{ W}$$

$$\text{Aikana: } P = \frac{3,5 \cdot 1050 \text{ kg/m}^3 \left(\frac{9,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} \right)^3}{(0,0003 \text{ m}^2)^2} + \frac{7}{6} \cdot 13475 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{9,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 2,545 \text{ W} \approx 2,5 \text{ W}$$

$$\text{Muutos-%: } \frac{2,545 - 1,419}{1,419} \cdot 100 \% = 79,35 \% \approx 79 \%$$

c) Laske tehtävämoneisten kuvassa 1 olevan mallin avulla, paljonko ihonalaiskudoksen virtausvastus muuttuu PRU-yksiköissä (perifeerinen vastusyksikkö) tilanteissa ennen saunomista ja saunomisen aikana. Saunomisen aikana perifeerinen kokonaisvirtausvastus laskee 42 % ja ennen saunomista verenvirtauksesta 6,0 % kulkee ihonalaiskudoksen kautta. Saunomisen aikana muun kehon perifeerinen vastus on 1,1 PRU. Molemmissa tapauksissa keskimääräinen aortta- ja laskimopaineen ero $\Delta p = 98 \text{ mmHg}$. Huomioi miten PRU-yksikkö on määritelty. (8 p)

$$\text{Ihonalaiskudoksen virtaus, ennen: } 0,06 \cdot \frac{5310 \text{ ml}}{60 \text{ s}} = 5,31 \frac{\text{ml}}{\text{s}} \text{ eli: } PRU_{\text{iho}} = \frac{98 \text{ mmHg}}{5,31 \text{ ml/s}} = 18,456 \text{ PRU}$$

$$\text{Muun kudoksen virtaus, aikana: } \dot{Q}_{\text{muu}} = \frac{98 \text{ mmHg}}{1,1 \text{ PRU}} = 89,0909 \text{ ml/s} = 5345 \text{ ml/min}$$

Ihon kautta: $\dot{Q}_{\text{iho}} = 9160 \text{ ml/min} - 5345 \text{ ml/min} = 3815 \text{ ml/min}$ eli:

$$PRU_{\text{iho}} = \frac{98 \text{ mmHg} \cdot 60 \text{ s}}{3815 \text{ ml}} = 1,5413 \text{ PRU}$$

PRU_{iho} pienenee 18,456 PRU – 1,5413 PRU = 16,91 PRU ≈ 17 PRU (Tai muu loogisesti etenevä ja oikeaan tulokseen johtava ratkaisutapa)

Galenos: 406, 410, 430–432, 453–454

Henkilötunnus: _____

Sukunimi: _____

Etunimet: _____

Nimikirjoitus: _____

(korjauksen merkintöjä)

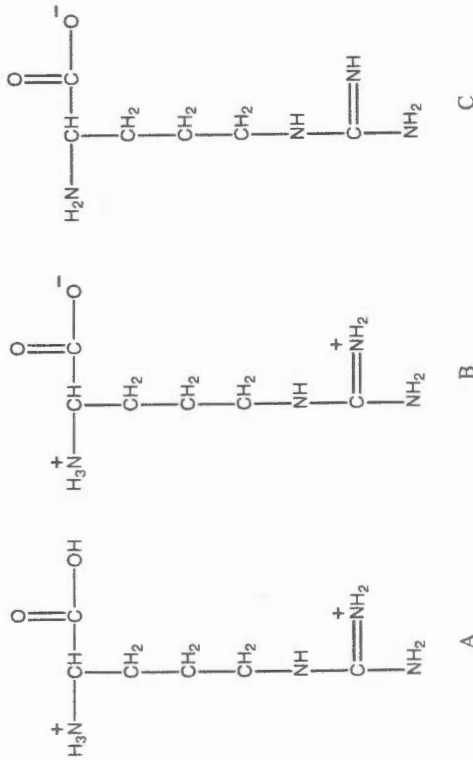
Tehtävä 5

10 pistettä

a) Pohdi mitä fysiologisia vaikutuksia sydämen toiminnan kannalta typpioksidilla voi olla saunomisen aikana. (4 p)

Sydämen kuormitus ja energiantarve lisääntyvät saunomisen aikana sykeihyeyden kasvun ja minuuttitilavuuden kasvun (yli 10-vuotiailla lapsilla ja aikuisilla) vuoksi. Typpioksidin muodostuminen lisääntyminen saunomisen aikana saa aikaan verisuonien, myös sepevaltimoiden laajenemisen. Sepevaltimoiden laajeneminen lisää sydänlihaksen energian- ja hapensaantia. Verisuonien laajeneminen vähentää veren virtausvastusta ja pyrkii osaltaan pienentämään sydämen kuormitusta.

b) Piirrä täydellinen rakennekaava arginiiniin siitä muodosta, joka on vallitseva vesiliuoksessa pH:n arvolla A) 1, B) 7 ja C) 13,5. Vihje: arginiiniin sivuketjun protonoituminen tapahtuu kaksoisidokselliseen tyypeen. (6 p)



Galenos: 15-16, 18-24, 40-43, 52-61, 272, 420, 445, 446, 455, 528

Aineisto

Henkilötunnus: _____ - _____
 Sukunimi: _____
 Etunimet: _____
 Nimikirjoitus: _____

(korjauksen merkintöitä)

Tehtävä 10

Laske tehtävämønisteessä mainituissa koetilanteessa olevien vakioiden ja mittaustulosten perusteella alkuperäisen näytteen hormoni-konsentraatio. Oleta, että vapaiden hormonien (Hor ja Hor^{*}) konsentraatio reaktiooskessa ei muutu merkittävästi niiden sitounessa A:han (ylimäärä Hor^{*}:a ja Hor:a suhteessa A:han) eli C_{Hor^{*}} ≈ [Hor^{*}] ja C_{Hor} ≈ [Hor]. Vihje: ratkaisu saadaan C_A:n lausekkeesta.

$$K_1 = \frac{[\text{Hor}^* \text{A}]}{[\text{Hor}^*][\text{A}]} \Leftrightarrow [\text{A}] = \frac{[\text{Hor}^* \text{A}]}{[\text{Hor}^*] K_1}$$

$$K_2 = \frac{[\text{HorA}]}{[\text{Hor}][\text{A}]} \Leftrightarrow [\text{HorA}] = K_2 [\text{Hor}][\text{A}]$$

Yllä olevan perusteella saadaan

$$[\text{HorA}] = K_2 [\text{Hor}][\text{A}] = \frac{K_2 [\text{Hor}][\text{Hor}^* \text{A}]}{[\text{Hor}^*] K_1} = \frac{[\text{Hor}][\text{Hor}^* \text{A}]}{[\text{Hor}^*]}$$

Sijoitetaan yhtälöön

$$C_A = [\text{A}] + [\text{Hor}^* \text{A}] + [\text{HorA}] \Leftrightarrow C_A = \frac{[\text{Hor}^* \text{A}]}{[\text{Hor}^*] K_1} + [\text{Hor}^* \text{A}] + \frac{[\text{Hor}][\text{Hor}^* \text{A}]}{[\text{Hor}^*]}$$

$$\Leftrightarrow [\text{Hor}^* \text{A}] = \frac{C_A [\text{Hor}^*]}{[\text{Hor}^*] K_1} - \frac{1}{K_1} - [\text{Hor}^*]$$

$$\Leftrightarrow [\text{Hor}^* \text{A}] = \frac{1,00 \cdot 10^{-16} \text{ mol/l} - 3,00 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}}{3,74 \cdot 10^{-17} \text{ mol/l} - 3,00 \cdot 10^9 \text{ l/mol}} - 3,00 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$\Leftrightarrow [\text{Hor}^* \text{A}] = 1,69 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

Näyte laimeni, kun sitä lisättiin reaktiooskseen:

$$\text{alkuperäisen näytteen hormoni-konsentraatio} = 1,000 \text{ ml} / 0,200 \text{ ml} \cdot [\text{Hor}^* \text{A}] = 1,000 / 0,200 \cdot 1,69 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l} = 8,45 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

Galenos: 52-54, 75, 142, 212

Henkilötunnus: _____ - _____
 Sukunimi: _____
 Etunimet: _____
 Nimikirjoitus: _____

(korjauksen merkintöitä)

Tehtävä 11

18 pistettä
 a) Kruas korvataan sähkökuikaalla, jossa kolme identtistä vastusta on kukin erikseen kytketty 230 V teholliseen jännitteeseen. Kuinka suuri pitää kunkin vastuksen resistanssin olla, jotta lämmitys aika pysyisi samana? (5 p)

$$P = UI, U = RI \Rightarrow I = U/R, P = U^2/R, E/3 = Pt = U^2 t/R \Rightarrow R = 3 \cdot U^2 t/E$$

$$E = 22 \text{ MJ} = 22 \cdot 10^6 \text{ J}, U = 230 \text{ V}, t = 65 \text{ min} = 60 \cdot 65 \text{ s}$$

$$R = \frac{3 \cdot (230 \text{ V})^2 \cdot 60 \cdot 65 \text{ s}}{22 \cdot 10^6 \text{ J}} = 28,1331 \dots \Omega \approx 28 \Omega$$

b) Jos saunan ilma on täysin kuivaa ja ilmanpaine saunassa on 105 kPa kun saunomislämpötila saavutetaan, niin kuinka suuri osuus lämmitykseen käytetystä energiasta on kulunut sillä hetkellä saunassa olevan ilman lämmittämiseen? Tässä oletetaan, että ilman lämpötila on kaikkialla saunassa sama. $c_{p,\text{ilma}} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $\rho_{\text{ilma}}(85^\circ \text{C}) = 1,02 \text{ kg}/\text{m}^3$ (5 p)

$$W = \chi E, W = c_{p,\text{ilma}} \cdot m_{\text{ilma}} \cdot \Delta T = c_{p,\text{ilma}} \cdot \rho_{\text{ilma}} \cdot V_{\text{ilma}} \cdot \Delta T \Leftrightarrow \chi = \frac{c_{p,\text{ilma}} \cdot \rho_{\text{ilma}} \cdot V_{\text{ilma}} \cdot \Delta T}{E}$$

$$\Delta T = 85^\circ \text{C} - 22^\circ \text{C} = 63 \text{ K}, E = 22 \text{ MJ} = 22 \cdot 10^6 \text{ J}, V_{\text{ilma}} = 7,28 \text{ m}^3$$

$$c_{p,\text{ilma}} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 1,0 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}), \rho_{\text{ilma}}(85^\circ \text{C}) = 1,02 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\chi = \frac{1,0 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 1,02 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 7,28 \text{ m}^3 \cdot 63 \text{ K}}{22 \cdot 10^6 \text{ J}} = 0,02126 \dots \approx 0,021 \Leftrightarrow \chi \approx 2,1 \%$$

c) Mikäli kuikaalle heitetään 2,5 dl vettä (22 °C), joka höyrystyy kokonaan, ja oletetaan, ettei ilma (hetkellisesti) pääse poistumaan saunasta sekä odotetaan, kunnes lämpötila ja ilmankosteus saunan sisällä ovat tasaantuneet, niin kuinka paljon ilmanpaine saunassa on noussut löylynhettoa edeltävään hetkeen verrattuna? Voit käsitellä sekä ilmaa että vesihöyryä ideaalikaasuna ja voit olettaa niiden olevan kaikkialla saunassa 85 °C lämpötilassa. (8 p)

$$\text{Dalton} \Rightarrow P_{\text{tot}} = P_{\text{ilma}} + P_{\text{vesihöyry}} \Rightarrow \Delta p = P_{\text{vesihöyry}}, P_{\text{vesihöyry}} V_{\text{vesihöyry}} = n_{\text{vesihöyry}} RT$$

$$n_{\text{vesihöyry}} = \frac{m_{\text{vesihöyry}}}{M_{\text{vesihöyry}}} = \frac{m_{\text{vesi}}}{M_{\text{vesi}}} = \frac{\rho_{\text{vesi}} V}{M_{\text{vesi}}}$$

$$T = 85^\circ \text{C} = (85 + 273,15) \text{ K} = 358,15 \text{ K}, R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}), V_{\text{vesihöyry}} = 7,28 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{vesi}} = 2,5 \text{ dl} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \rho_{\text{vesi}}(22^\circ \text{C}) = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$M_{\text{vesi}} = 2 \cdot M_{\text{H}} + 1 \cdot M_{\text{O}} = 2 \cdot 1,0 \text{ g}/\text{mol} + 1 \cdot 16,0 \text{ g}/\text{mol} = 18,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{mol}$$

$$\Delta p = P_{\text{vesihöyry}} = \frac{\rho_{\text{vesi}} \cdot V_{\text{vesi}} \cdot R \cdot T}{M_{\text{vesi}} \cdot V_{\text{vesihöyry}}} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 358,15 \text{ K}}{18,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{mol} \cdot 7,28 \text{ m}^3}$$

$$= 5,6808 \dots \cdot 10^3 \text{ J}/\text{m}^3 \approx 5,7 \text{ kPa}$$

Galenos: 127, 163, 375, 376, 379, 521, 522