



Čas reševanja: 120 minut.

Dovoljeni pripomočki: računalno, ravnilo, kotomer, šestilo, kemični svinčnik, svinčnik, radirka.

## Merila za ocenjevanje

**Splošno navodilo:** Za rešitve brez enote, z napačno enoto ali ekstremnim številom decimalnih mest, odštejemo 0,5 točke. Sestavljene naloge brez postopka ocenimo z 0 točkami.

1. Obkrožite vse pravilne odgovore.

1.	A	B				F	G
----	---	---	--	--	--	---	---

Vsak pravilni odgovor je vreden 0,5 točke, skupaj 2 točki. Če kandidat obkroži več kot štiri odgovore, za vsak nepravilni odgovor odštejemo 0,5 točke.

**Skupaj: 2 TOČKI**

2. Obkrožite pravilne odgovore.

2.1	A			
2.2		B		
2.3				D

Vsak pravilni odgovor je vreden 1 točko, skupaj 3 točke. Če kandidat pri katerem vprašanju obkroži več kot en odgovor, dodelimo 0 točk.

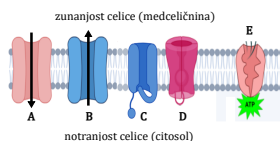
**Skupaj: 3 TOČKE**

3.1 Izračunajte, koliko bi teoretično znašal mirovni potencial prek membrane, če bi bila prepustna le za kalijeve ione.

$$E = 2,3 \frac{RT}{zF} \log \frac{c_1}{c_2} = 2,3 \frac{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 310 \text{ K}}{1 \cdot 96487 \text{ As}} \log \frac{140 \text{ mM}}{4 \text{ mM}} = 95 \text{ mV} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ točka}}$$

Štejemo vse smiselne odčitke  $c_1$  in  $c_2$  z grafa. Rezultat ima lahko tudi negativen predznak.

3.2 Med mirovanjem živčne celice so odprti  $\text{Na}^+$ -kanali in  $\text{K}^+$ -kanali. V spodnjo sliko v ustrezna kanala vrišite puščici, ki bosta pravilno prikazovali prehajanje  $\text{Na}^+$  in  $\text{K}^+$  med mirovanjem.



Vsaka pravilno vrisana puščica je vredna 1 točko, skupaj 2 točki. Če kandidat vriše več kot dve puščici, za vsako napačno odštejemo 1 točko. Ne moremo dodeliti manj kot 0 točk.

**3.3-3.5** Obkrožite pravilne odgovore.

<b>3.3</b>		B							
<b>3.4</b>				D					
<b>3.5</b>	A		C			G			J

Vsak pravilni odgovor je vreden 1 točka, skupaj 6 točk. Če kandidat pri vprašanjih 3.3 ali 3.4 obkroži več kot en odgovor, dodelimo 0 točk. Če kandidat pri vprašanju 3.5 obkroži več kot štiri odgovore, za vsakega nepravilnega odštejemo 1 točko.

**Skupaj: 9 TOČK**

**4.1** Izračunajte število piramidnih celic v 1 g sive skorje, maso celotne sive skorje ter število vseh živčnih celic v celotni sivi skorji. Vse rezultate zaokrožite na celo število.

**Prostornina 1 grama sive skorje:**  $V = \frac{m}{\rho} = \frac{1\text{ g}}{1,03\text{ g cm}^{-3}} = 0,9709\text{ cm}^3$  ..... 0,5 točke

**Število piramidnih celic:**  $0,9709\text{ cm}^3 \cdot 30\,000\text{ celic mm}^{-3} = 29\,127\,000\text{ celic}$  ..... 0,5 točke

**Prostornina sive skorje:**  $2\,000\text{ cm}^2 \cdot 0,25\text{ cm} = 500\text{ cm}^3$  ..... 0,5 točke

**Masa sive skorje:**  $500\text{ cm}^3 \cdot 1,03\text{ g cm}^{-3} = 515\text{ g}$  ..... 0,5 točke

**Število vseh piramidnih celic:**  $515\text{ g} \cdot 29\,127\,000\text{ celic g}^{-1} = 1,5 \cdot 10^{10}$  ..... 0,5 točke

**Število vseh živčnih celic:**  $\frac{1,5 \cdot 10^{10}}{0,8} = 1,875 \cdot 10^{10}$  ..... 0,5 točke

**4.2** Izračunajte gostoto piramidnih celic na 1 g sive skorje. Rezultat zaokrožite na celo število.

**Izračun premer vidnega polja pri 600-kratni povečavi:**  $2r = 1200\ \mu\text{m} : 4 = 300\ \mu\text{m}$ . ..... 1 točka

**Izračun površine vidnega polja:**  $\pi r^2 = 3,1416 \cdot (150\ \mu\text{m})^2 = 0,0707\text{ mm}^2$  ..... 1 točka

**Izračun prostornine vidnega polja:**  $0,0707\text{ mm}^2 \cdot 0,01 = 0,000707\text{ mm}^3$  ..... 0,5 točke

**Izračun gostote piramidnih celic na 1 mm<sup>3</sup>:**  $\frac{21}{0,000707} = 29\,709\text{ celic mm}^{-3}$  ..... 0,5 točke

**Izračun prostornine 1 g tkiva:**  $\frac{1\text{ g}}{1,03\text{ g cm}^{-3}} = 0,9709\text{ cm}^3 = 971\text{ mm}^3$  ..... 0,5 točke

**Izračun števila celice na 1 g tkiva:**  $971\text{ mm}^3 \cdot 29\,709\text{ celic mm}^{-3} = 28\,847\,439\text{ celic}$  (**29 milijonov celic**) 0,5 točke

**Skupaj: 7 TOČK**

**5.1** Zapišite urejeno enačbo kemijske reakcije med glukozo in kisikom, s katero možgani in druga tkiva pridobivajo energijo.

**C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 6 O<sub>2</sub> → 6 CO<sub>2</sub> + 6 H<sub>2</sub>O** ..... 1 točka

**5.2** Izračunajte, koliko molekul glukoze porabijo možgani v enem dnevu.

$Q = Pt = 20\text{ J s}^{-1} \cdot 86\,400\text{ s} = 1,73\text{ MJ}$  ..... 1 točka

$m = \frac{Q}{\Delta H_r} = \frac{1,73\text{ MJ}}{16\text{ kJ g}^{-1}} = 108\text{ g}$  ..... 1 točka

$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{108\text{ g}}{180,16\text{ g mol}^{-1}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1} = 3,61 \cdot 10^{23}$  ..... 1 točka

**5.3** Izračunajte hitrost kemijske reakcije (v mol ℓ<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) porabe kisika v sivi skorji.

$n = 0,4 \cdot 0,6\text{ mol dan}^{-1} = 0,24\text{ mol dan}^{-1}$  ..... 0,5 točke

$n(\text{O}_2) = 6n = 1,44\text{ mol dan}^{-1}$  ..... 0,5 točke

$v = 6n = \frac{1,44\text{ mol dan}^{-1}}{86\,400\text{ s dan}^{-1} \cdot 0,5\ \ell} = 3,33 \cdot 10^{-5}\text{ mol ℓ}^{-1}\text{ s}^{-1}$  ..... 1 točka

**Štejemo tudi rezultate z uporabo jokerja.**

**5.4** Kolikšen volumski pretok krvi je potreben za zagotavljanje zadostne količine glukoze, da možgani iz nje pridobivajo 20 J energije na sekundo?

$\Delta\gamma_{\text{glukoza}} = \Delta c M = (5,0\text{ mM} - 4,5\text{ mM}) \cdot 180,16\text{ g mol}^{-1} = 0,090\text{ g ℓ}^{-1}$  ..... 1 točka

$\Phi_m = \frac{20\text{ J s}^{-1}}{16\text{ kJ g}^{-1}} = 1,25\text{ mg s}^{-1}$  ..... 1 točka

$\Phi_v = \frac{\Phi_m}{\Delta\gamma_{\text{glukoza}}} = 0,0139\text{ ℓ s}^{-1} = 833\text{ ml min}^{-1}$  ..... 1 točka

5.5 V arterijski krvi (pred vstopom v možgane) izračunajte razmerje med količino kisika, ki je raztopljen v krvni plazmi, in količino kisika, ki ga prenaša hemoglobin.

$$c_{\text{plazma}} = p H_s = 0,11 \text{ bar} \cdot 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol } \ell^{-1} \text{ bar}^{-1} = 0,1254 \text{ mM} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$c_{\text{oddani}} = c_{\text{porabljeni}} = 0,5 \text{ mM} \cdot 6 = 3,00 \text{ mM} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$c_{\text{celokupni}} = \frac{c_{\text{oddani}}}{0,35} = 8,57 \text{ mM} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

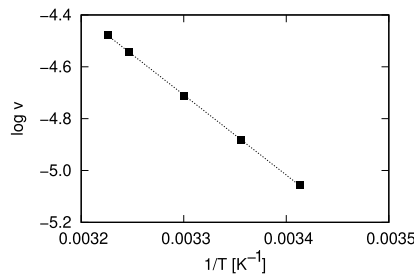
$$\frac{c_{\text{plazma}}}{c_{\text{hemoglobin}}} \approx \frac{c_{\text{plazma}}}{c_{\text{celokupni}}} = \frac{0,1254 \text{ mM}}{8,57 \text{ mM}} = 0,015 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

5.6 Izračunajte hitrost kemijske reakcije porabe kisika pri vsaki temperaturi. Nato narišite graf odvisnosti desetiškega logaritma izračunanih hitrosti od obratne vrednosti temperature, torej  $\log v$  od  $\frac{1}{T}$ . Z grafa ocenite aktivacijsko energijo reakcij,  $E_A$ , ki potekajo v možganih.

Temperatura možganov ( $^{\circ}\text{C}$ )	Obratna vrednost temperature ( $\text{K}^{-1}$ )	Čas do nastanka trajnih poškodb (min)	Hitrost reakcije, $v$ ( $\text{mol } \ell^{-1} \text{ s}^{-1}$ )	Logaritem hitrosti reakcije, $\log v$
37	0,003226	5,0	$3,333 \cdot 10^{-5}$	-4,47756
35	0,003247	5,8	$2,871 \cdot 10^{-5}$	-4,54201
30	0,003300	8,6	$1,936 \cdot 10^{-5}$	-4,71308
25	0,003356	12,7	$1,311 \cdot 10^{-5}$	-4,88238
20	0,003413	18,9	$8,810 \cdot 10^{-6}$	-5,05505

Vsako pravilno izpolnjeno polje je vredno 0,1 točke, skupaj 1,5 točke.

Štejemo tudi rezultate z uporabo jokerja.



Pogoj za ocenjevanje grafa sta pravilno izbrani odvisna in neodvisna spremenljivka ter primerno *usmerjeni* osi. Graf, ki ima napačno izbrani osi, ocenimo z 0 točkami. Ostali kriteriji: (i) graf mora biti narisana na milimetrskem papirju, (ii) pravilno označeni osi, (iii) pravilno izbrani enoti, (iv) pravilno vrisane točke, (v) pravilna vrisana povezava med njimi. Za vseh pet izpolnjenih kriterijev: 1,5 točk; za štiri ali tri izpolnjene kriterije 1,0 točka, za dva izpolnjena 0,5 točke, sicer 0 točk.

Naklon grafa iz skrajnih točk ali prilegajoče premice:  $k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = -3092,1 \text{ K} \dots\dots\dots 0,5 \text{ točke}$

$$E_A = -2,3 \cdot kR = -2,3 \cdot -3092,1 \text{ K} \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 59,1 \text{ kJ mol}^{-1} \dots\dots\dots 0,5 \text{ točke}$$

5.7 Koliko toplote ustvarijo možgani v 10 minutah intenzivnega miselnega dela?

$$Q = Pt = 12 \text{ kJ} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

5.8 Za koliko stopinj se kri segreje?

$$\Delta T = \frac{P}{\Phi_v \rho c_p} = \frac{20 \text{ W}}{0,0139 \ell \text{ s}^{-1} \cdot 1,00 \text{ kg } \ell^{-1} \cdot 4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 0,34 \text{ K} \dots\dots\dots 2 \text{ točki}$$

Štejemo tudi rezultate z uporabo jokerja.

5.9 Ocenite, za koliko stopinj bi se v 10 minutah povišala temperatura sive skorje.

$$Q_{\text{skorja}} = 0,4 \cdot Pt = 4,8 \text{ kJ} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$m_{\text{skorja}} = \rho V = 515 \text{ g} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\Delta T = \frac{Q_{\text{skorja}}}{mc} = 2,6 \text{ }^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

5.10 Izračunajte, kolikokrat več hidroksilnih ionov kot oksonijevih ionov je v krvi.

$$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-(14-7,4)}}{10^{-7,4}} = 6,3 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

5.11-5.12 Obkrožite pravilna odgovora.

5.11	A		
5.12		C	

Vsak pravilni odgovor je vreden 1 točko.

Skupaj: 26 TOČK

**6.1** Izračunajte energijo svetlobe, ki v 12 ms vstopi v zenico.

$$P_{\text{lučka}} = j_0 S_{\text{lučka}} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ W} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\frac{\pi r_z^2}{4\pi r_L^2} = \frac{3,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}{452 \text{ m}^2} = 8,5 \cdot 10^{-8} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$P_{\text{oko}} = 8,5 \cdot 10^{-8} P_{\text{lučka}} = 1,7 \cdot 10^{-14} \text{ W} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$W = P_{\text{oko}} t = 2,04 \cdot 10^{-16} \text{ J} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

**6.2** Ali človek lučko zazna? Odgovor utemeljite.

**Da, ker v zenico vstopi več energije kot  $1,5 \cdot 10^{-16} \text{ J}$ .**  $\dots\dots\dots 1 \text{ točka}$

**6.3** Kako hitro informacija pride v možgane (čas potovanja informacije)?

**Čas potovanja svetlobe do očesa je zanemarljiv (oziroma  $t = 2,0 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ )**  $\dots\dots\dots 1 \text{ točka}$

**Čas prenosa živčnega impulza:  $t_1 = \frac{L}{v} = 0,002 \text{ s} = 2 \text{ ms}$**   $\dots\dots\dots 1 \text{ točka}$

**Čas potovanja informacije:  $t = t_1 + t_z = 10 \text{ ms} + 2 \text{ ms} = 12 \text{ ms}$**   $\dots\dots\dots 1 \text{ točka}$

**6.4** Koliko znaša največja razdalja, pri kateri bi bil takšen kratek blisk še zaznaven?

$$W = P_{\text{oko}} t = \frac{\pi r_z^2}{4\pi r_L^2} j_0 S_{\text{lučka}} t \rightarrow W \propto \frac{1}{r^2} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$\frac{W_{\text{min}}}{W} = \frac{r_L^2}{r_{\text{max}}^2} \rightarrow r_{\text{max}} = r_L \sqrt{\frac{W}{W_{\text{min}}}} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$r_{\text{max}} = 7,0 \text{ m} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

**6.5** Privzemimo, da lučka seva pretežno zeleno svetlobo z valovno dolžino 550 nm, kar ustreza območju največje občutljivosti človeškega očesa. Izračunajte energijo enega fotona te svetlobe. Najmanj koliko fotonov mora vstopiti v oko, da je zaznava zanesljiva?

$$W_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = 3,61 \cdot 10^{-19} \text{ J} \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

$$N_f = \frac{W_{\text{min}}}{W_f} = 415 \dots\dots\dots 1 \text{ točka}$$

**Skupaj: 13 TOČK**

---

**Skupaj vseh dosegljivih točk: 60 TOČK**