

<i>Nome</i>	<i>Cognome</i>	<i>Matricola</i>	<i>Data</i> 9 Giugno 2022
-------------	----------------	------------------	------------------------------

## **ESAME di BIOINGEGNERIA CHIMICA**

### Esercizio 1 (9 punti)

Un paziente in uno stato di insufficienza renale acuta viene messo in dialisi mediante un dializzatore co-corrente per rimuovere un eccesso di calcio nel sangue.

Sapendo che al momento di inizio del processo il paziente ha una concentrazione di calcio nel sangue di 1,8 mg/ml:

- Stimare la concentrazione di calcio nel sangue del paziente dopo il primo ciclo di dialisi.
- Dopo aver spiegato cosa si intende per Clearance di un dializzatore, stimare il valore di Clearance per il calcio del dispositivo utilizzato in questo caso.
- Valutare se è possibile riportare la concentrazione di calcio al valore fisiologico (tipicamente 0,50 mg/ml) in un tempo totale di 3 ore, e valutare inoltre se è necessario in questo tempo effettuare un cambio del liquido dializzate.

Le specifiche tecniche del dializzatore utilizzato sono riportate in tabella 1.

*Tabella 1: Specifiche tecniche del dializzatore a disposizione.*

$R_{TOTALE}$	60 min/cm
$R_D$	10% $R_{TOTALE}$
$R_M$	20% $R_{TOTALE}$
A	1 m <sup>2</sup>
$Q_B$	200 ml/min

### Esercizio 2 (6 punti)

Ad un paziente deve essere impiantato un pacemaker il cui stadio di uscita, collegato ad un elettrocatteter con resistenza di un 1 k $\Omega$ , è approssimabile ad un condensatore con capacità di 24  $\mu$ F. Sapendo che l'impulso di stimolazione dura 1,2 ms e che trasferisce al catetere una energia di 4  $\mu$ J calcolare la tensione ai capi del condensatore a fine stimolo.

### Esercizio 3 (9 punti)

Supposto che un ossigenatore abbia in ingresso ed uscita i parametri classici della respirazione umana determinare

- a) l'area dell'ossigenatore per avere una perfetta ossigenazione sanguigna;
- b) l'area dell'ossigenatore per avere una completa rimozione della anidride carbonica;
- c) calcolata l'area ottimale determinare la pressione in ingresso di ossigeno per avere una perfetta ossigenazione del sangue.

Si supponga  $K=100$  cm/min.

### Esercizio 4 (6 punti)

Il candidato classifichi le membrane utilizzate nei dispositivi biomedicali, descrivendone le tipologie, le metodiche realizzative, i principi di funzionamento ed i settori applicativi.

$$C_B = C_{Bi} e^{-KA/Q_B} \quad \text{Esercizio 1}$$

$$Q_B = 175 \text{ ml/min} \quad (1)$$

$$K_{TOT} = 60 \text{ min/cm}$$

$$= 1,8 e^{-0,449}$$

$$K = 1/K_{TOT} = \frac{1}{60} \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 0,016 \text{ cm/min}$$

$$\rightarrow \frac{KA}{Q_B} = \frac{0,016 \cdot \text{cm}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \cdot 10^4 \text{ cm}^2}{200 \text{ cm}^3} \cdot \text{min} = 0,8$$

$$\frac{KA}{Q_B} = 0,8$$

$$= 1,8 \cdot 0,449 = 0,81 \text{ mg/ml}$$

$$C = Q_B \left( \frac{C_{Bi} - C_{Bo}}{C_{Bi}} \right) = 200 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \left( 1 - \frac{C_{Bo}}{C_{Bi}} \right) = \frac{200 \text{ ml}}{\text{min}} \left( 1 - e^{-\frac{KA}{Q_B}} \right)$$

$$= \frac{200 \text{ ml}}{\text{min}} \cdot (1 - 0,449) = \frac{200 \text{ ml}}{\text{min}} \cdot 0,551 = 110,2 \text{ ml/min}$$

$$C_B(t) = C_B(0) e^{-\frac{Q_B(\beta-1)t}{V}}$$

$$= 1,8 \text{ mg/ml} e^{-\frac{Q_B(\beta-1)t}{V}}$$

$$\beta = e^{-\frac{KA}{Q_B}} = 0,449$$

$$t = \ln \left( \frac{C_B(t)}{C_B(0)} \right) \frac{V}{Q_B(\beta-1)}$$

$$= \ln \left( \frac{0,5}{1,8} \right) \cdot \frac{5000 \text{ ml}}{200 \text{ ml/min} \cdot (-0,551)}$$

$$\approx -1,28 \cdot \frac{5000}{200 \cdot (-0,551)} = 58,11 \text{ min}$$

$$C_{Bi} = 1,8 \rightarrow 0,9 \mid 0,9$$

$$0,9 \rightarrow 0,5$$

senza un cambio

$$1,8 \rightarrow 0,9$$

$$0,9 \rightarrow 0,5$$

$$C = 24 \mu F$$

$$R_s = 1 k\Omega$$

$$\Delta t = 1,2 \text{ msec}$$

$$E_c = 54 \text{ J}$$

$$V_f = ?$$

$$E_c = E_i - E_f = 54 \text{ J}$$

$$E_i = \frac{1}{2} C V_i^2$$

$$E_f = \frac{1}{2} C V_f^2$$

$$V_f = V_i e^{-t/\tau} \quad \text{tensão de circuito}$$

$$\tau = R_s C = 24 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 1 \cdot 10^3 \Omega = 24 \text{ msec}$$

$$\frac{\text{kg}^2 \cdot \text{m}^4}{\text{s}^6 \cdot \text{A}^2} = \text{V}^2$$

$$\frac{1}{2} C V_i^2 - \frac{1}{2} C V_f^2 = 54 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2} C (V_i^2 - V_i^2 e^{-2t/\tau}) = 54 \text{ J}$$

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2}$$

$$V_i^2 (1 - e^{-2t/\tau}) = \frac{54 \text{ J} \cdot 2}{C} = \frac{5 \cdot 24 \text{ J}}{24 \mu \text{ F}} = 0,42 \text{ V}^2$$

$$V_i = \frac{5 \cdot 24 \text{ J}}{C} \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 10^{-6}}}\right) \rightarrow 1 - e^{-10} \approx 0,91$$

$$V_i^2 = 0,42 \text{ V}^2$$

$$\begin{aligned} \cancel{V_i} (1 - e^{-2t/\tau}) &= \frac{0,42}{1 - e^{-\frac{2 \cdot 1,2 \text{ m sec}}{24 \text{ m sec}}}} \\ &= \frac{0,42}{1 - e^{-2,4/24}} \\ &= 4,66 \end{aligned}$$

$$V_i = 2,15$$

$$V_f = V_i e^{-t/\tau} = 2,15 e^{-\frac{1,2 \text{ m sec}}{24 \text{ m sec}}}$$

$$= 2,15 e^{-1,2/24}$$

$$= 2,15 e^{-0,05}$$

$$= 2,04 \text{ V}$$

Esercizio 3.

Applico l'equazione del logaritmo medio

④

1)

$$W = KA \frac{(P_{Gi} - P_{Bi}) - (P_{Go} - P_{Bo})}{\ln \frac{(P_{Gi} - P_{Bi})}{(P_{Go} - P_{Bo})}}$$

$$P_{Gi} O_2 = 760 - 47 = 713 \text{ mmHg}$$

$$P_{Go} O_2 = 760 - 64 = 696 \text{ mmHg} = 699 \text{ mmHg}$$

$$P_{Bi} O_2 = 40 \text{ mmHg}$$

$$P_{Bo} O_2 = 104 \text{ mmHg}$$

$$W_{O_2} = 250 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

$$K_{O_2} = 390 \frac{\text{ml}}{\text{min} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{atm}}$$

Sostituisco ed ho

$$250 = 390 \cdot A \frac{(713 - 40) - (699 - 104)}{\ln \frac{(713 - 40)}{(699 - 104)}}$$

$$250 = 390 A \frac{128}{760 \ln 1.23} = \frac{390 \cdot 128}{760 \cdot 0.21} A$$

$$A_{O_2} \approx 0.8 \text{ m}^2$$

$$2) W = 200 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

$$K_{\text{CO}_2} = 2070 \frac{\text{ml}}{\text{min} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{atm}}$$

$$P_{\text{GiN CO}_2} = 0 + 47 = 47 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{Gout CO}_2} = 47 + 6 = 53 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{Bin CO}_2} = 46 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{Bout CO}_2} = 40 \text{ mmHg}$$

$$200 = 2070 \cdot A \cdot \frac{(47 - 46) - (53 - 40)}{\ln \frac{1}{13}} = 2070 \cdot A \frac{(-12)}{-2.56}$$

$$200 = A \cdot 9634 \quad A_{\text{CO}_2} = 0.02 \text{ m}^2$$

$$3) A_{\text{TOT}} = \frac{A_{\text{O}_2} + A_{\text{CO}_2}}{2} = \frac{0.82}{2} = 0.41 \text{ m}^2$$

Per avere perfetta ossigenazione  $P_{\text{Fin}} = 106 \text{ mmHg}$   
 appl. a whole body

$$P_{\text{F}} = P_{\text{i}} e^{-\frac{KA}{\text{O}_B}}$$

$$K: 100 \frac{\text{cm}}{\text{min}}$$

$$\text{O}_B = 5 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 5000 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$P_{\text{i}} = P_{\text{F}} e^{\frac{KA}{\text{O}_B}}$$

$$\frac{KA}{\text{O}_B} = \frac{200}{5000} \cdot 0.41 \cdot 10^4 = 164$$

$$e^{\frac{KA}{\text{O}_B}} P_{\text{F}} = 1,75 \cdot 10^{73} \text{ mmHg} =$$

valore elevato perciò non è possibile ottenere  
 con un sistema artificiale una perfetta ossigenazione.

Esercizio 4

Vedere appunti e video in rete.

(5)