

<i>Nome</i>	<i>Cognome</i>	<i>Matricola</i>	<i>Data</i> 17 Luglio 2023
-------------	----------------	------------------	-------------------------------

ESAME di ORGANI ARITIFICIALI

Esercizio 1 (9 punti)

Un individuo con presunta insufficienza renale viene sottoposto ad un esame per valutare la velocità di filtrazione glomerulare, e quindi la funzionalità renale.

- Sapendo che viene prelevato un campione di sangue pari a 5ml e un campione di urina pari a 5ml prodotta in 2 minuti, in cui le quantità di creatinina sono risultate rispettivamente pari a 10mg nel sangue e 300mg nell'urina, stimare la velocità con cui il sangue viene depurato dalla creatinina e valutare se il paziente si trova in uno stato di insufficienza renale;
- Supponendo di dover sottoporre il paziente a dialisi e di dover scegliere tra un dializzatore a co-corrente e contro-corrente, calcolare la frazione di creatinina che entrambi i sistemi sono in grado di rimuovere e selezionare il dispositivo migliore;
- Supposto che lo stesso individuo abbia una sodemia elevata (180mmol/L) rispetto a quella fisiologica (70mmol/L), dire dopo quanto tempo è possibile staccare il paziente dal dispositivo selezionato al punto precedente, e quando, se necessario, deve essere cambiato il liquido dializzante. Si ipotizzi che il sodio sia assente nel liquido dializzante.

Tabella 1. Dati utili allo svolgimento dell'esercizio

A	1.04 m ²
R _B	16 min/cm
R _M	15 min/cm
R _D	24 min/cm
Q _B	200 ml/min
Q _D	800 ml/min

Esercizio 2 (6 punti)

Sia un paziente laringectomizzato con necessità di una protesi fonatoria:

- Determinare il range di lunghezza della protesi fonatoria (priva della valvola unidirezionale) affinché le perdite di carico siano comprese tra 0.01Pa e 0.5Pa, non considerando gli effetti di imbocco.
- Determinare come varia la lunghezza media considerando anche gli effetti di imbocco.

Si ipotizzi che il diametro della protesi sia pari a 5mm, quello della trachea pari a 17mm, e che il flusso d'aria sia pari a 9l/min.

Tabella 2. Dati utili allo svolgimento dell'esercizio

	<i>k</i>
Ingresso smussato in un tubo	0.05
Restringimento	0.45 (1-β)
Allargamento	$[(1/\beta)-1]^2$
Orifizio	$2.7 (1-\beta) (1-\beta^2) / \beta^2$
Gomito a 90° smussato	0.4 - 0.9
Gomito a 90° aguzzo	1.3 - 1.9
Gomito a 45°	0.3 - 0.4

Esercizio 3 (9 punti)

Si descriva, modellizzi e risolva il modello di ossigenazione del globulo rosso in condizioni stazionarie.

Si indichi quali sono le limitazioni del modello in queste condizioni

Esercizio 4 (6 punti)

Dato un array di 6 sensori potenziometrici per l'analisi glicemica nel sangue, supposto che la lettura fornisca i seguenti dati a temperatura ambiente ($T=20^{\circ}\text{C}$):

Sensore	Tensione di lettura (mV)
1	1.315
2	1.378
3	1.441
4	1.504
5	1.567
6	1.630

e sapendo che

1) l'acido gluconico si scinde in:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 \leftrightarrow \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7 + \text{H}^+$ e che la costante di dissociazione è pari a $K_m = 5 \cdot 10^{-3}$

2) che la costante di Faraday è pari a 96500 C/mol

3) che il pH è proporzionale alla glicemia, nel range fisiologico a $\text{pH}=7$ si ha una glicemia di 80 mg/dl ed a $\text{pH}=7.4$ si ha una glicemia di 120 mg/dl

4) che la tensione $E_0=0.1\text{mV}$

determinare quali letture sono valide e quali no.

ESERCIZIO 1

DATI

$$V_{\text{songue}} = 5 \text{ ml}$$

$$V_{\text{vena}} = 5 \text{ ml}$$

$$t_{\text{vena}} = 2 \text{ min}$$

$$q_{\text{songue}} = 10 \text{ mg}$$

$$q_{\text{vena}} = 300 \text{ mg}$$

1)

$$[\text{creatinina}]_{\text{songue}} \cdot \overset{?}{V_{\text{songue}}} = [\text{creatinina}]_{\text{vena}} \cdot V_{\text{vena}}$$

$$[\text{creatinina}]_{\text{songue}} = \frac{10 \text{ mg}}{5 \text{ ml}} = 2 \text{ mg/ml}$$

$$[\text{creatinina}]_{\text{vena}} = \frac{300 \text{ mg}}{5 \text{ ml}} = 60 \text{ mg/ml}$$

$$V_{\text{vena}} = 5 \text{ ml} / 2 \text{ min} = 2.5 \text{ ml/min}$$

$$V_{\text{songue}} = \frac{[\text{creatinina}]_{\text{vena}} \cdot V_{\text{vena}}}{[\text{creatinina}]_{\text{songue}}} = \frac{60 \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \cdot 2.5 \frac{\text{ml}}{\text{min}}}{2 \text{ mg/ml}} = \left(\frac{75 \text{ ml}}{\text{min}} \right)$$

↓
insufficienza renale!

2) Calcolo la frazione di creatinina estratta E:

$$E = \frac{C_{Bi} - C_{Bo}}{C_{Bi}} = 1 - \frac{C_{Bo}}{C_{Bi}}$$

$$\rightarrow \left(\frac{C_{Bo}}{C_{Bi}} = 1 - E \right)$$

①

CO-CORRENTE:
$$E_{co-co} = \frac{1 - e^{-N_T(1+z)}}{1+z}$$

CONTRO-CORRENTE:
$$E_{contro-co} = \frac{1 - e^{-N_T(1-z)}}{1 - z e^{-N_T(1-z)}}$$

• $z = a_B/a_D = \frac{200 \text{ ml/min}}{800 \text{ ml/min}} = 0.25$

• $N_T = kA/a_B = \frac{0.18 \text{ cm/min} \cdot 1.04 \times 10^4 \text{ cm}^2}{200 \text{ ml/min}} = 0.936$

$k = \frac{1}{R_B + R_U + R_D} \approx 0.18 \frac{\text{cm}}{\text{min}}$

CO-CO:
$$E_{co-co} = \frac{1 - e^{-(0.936)(1+0.25)}}{1+0.25} = 0.551$$

$\hookrightarrow C_{B0}/C_{Bi} = 1 - E_{co-co} = 0.449$

CONTRO-CO:
$$E_{contro-co} = \frac{1 - e^{-(0.936)(1-0.25)}}{1 - 0.25 e^{-0.936(1-0.25)}} = 0.575$$

$\hookrightarrow C_{B0}/C_{Bi} = 1 - E_{contro-co} = 0.425$

↑

Scego CONTRO-CORRENTE
in quanto la
~~proprietà~~ di C_{B0} è
~~rispetto~~ inferiore
rispetto al CO-CORRENTE

②

3)

$$C_{B_i} = 180 \text{ mmol/L}$$

$$C_{B_{\text{fisiologica}}} = 70 \text{ mmol/L}$$

Calcolo la C_{eq} :

$$C_{eq} = \frac{C_{B_i} + C_{D_i}}{2} = \frac{180 \text{ mmol/L} + 0 \text{ mmol/L}}{2} = 90 \text{ mmol/L}$$

Assumi il liquido dializzante dovrà essere cambiato per tornare a 70 mmol/L.

- Calcolo il tempo per raggiungere C_{eq} :

$$C_{B_f} = C_{B_i} e^{-k_A/V_B (\beta-1)t}$$

$$t_1 = \ln(C_{B_f}/C_{B_i}) \frac{V_B}{k_A} \frac{1}{\beta-1} =$$

$$\beta = e^{-k_A/V_B} = 0.392$$

$$= \ln\left(\frac{90}{180}\right) \frac{5000 \text{ ml}}{200 \text{ ml/min}} \left(\frac{1}{0.392-1}\right) \approx 28.5 \text{ min}$$

- Calcolo il tempo per tornare a 70 mmol/L:

$$t_2 = \ln\left(\frac{70}{90}\right) \frac{5000 \text{ ml}}{200 \text{ ml/min}} \left(\frac{1}{0.392-1}\right) = 10.33 \text{ min}$$

Assumi il paziente potrà essere sostituito dopo:

$$t_{TOT} = t_1 + t_2 \approx 39 \text{ min}$$

3

ESERCIZIO 2

$$\Delta P \in [0.01 - 5] \text{ Pa}$$

$$D_p = 5 \text{ mm}$$

$$D_t = 17 \text{ mm}$$

$$Q = 9 \text{ l/min}$$

1) In assenza di effetti di imbocco,

$$\Delta P = h_f \rho_{\text{aria}}$$

dove $h_f = 2 f \frac{L}{D} \bar{v}^2$

quindi

$$L = \frac{h_f D}{2 f \bar{v}^2}$$

Per trovare f , calcolo Reynolds:

$$Re = \frac{\rho_{\text{aria}} D \bar{v}}{\mu_{\text{aria}}} = \frac{1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 7.6 \text{ m/s}}{1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}} \approx 2534$$

$$\rho_{\text{aria}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{aria}} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$D_p = 5 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\bar{v} = \frac{Q}{A} = \frac{9 \text{ l/min}}{\pi (2.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = \frac{9/60 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (2.5)^2 \text{ m}^2 \times 10^{-6}} \approx 7.6 \text{ m/s}$$

(1)

Poiché $Re = 2533$ possiamo prendere come approssimazione:

$$\varphi = 16/Re$$

da cui si ha

$$\varphi \approx 0.0063$$

Quindi otteniamo:

$$L = \frac{h_f D}{2\varphi \bar{v}^2} = \frac{\Delta P D}{2\varphi \bar{v}^2 \rho_{\text{aria}}}$$

$$h_f = \Delta P / \rho_{\text{aria}}$$

- $\Delta P = 0.01 \text{ Pa}$

$$L_{\text{min}} = \frac{0.01 \text{ Pa} \cdot 5 \times 10^{-3} \text{ m}}{2 \cdot 0.0063 \cdot (7.6)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 \cdot 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.057 \text{ mm}$$

- $\Delta P = 0.5 \text{ Pa}$

$$L_{\text{max}} = \frac{0.5 \text{ Pa} \cdot 5 \times 10^{-3} \text{ m}}{2 \cdot 0.0063 \cdot (7.6)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 \cdot 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \approx 2.9 \text{ mm}$$

2) In presenza di effetti di imbocco si ha:

$$\Delta P = (h_{fD} + h_{fL}) \rho_{\text{aria}}$$

Quindi

$$\downarrow$$
$$\frac{\kappa \bar{v}^2}{2}$$

Quindi

$$\Delta P = \left(\frac{\kappa \bar{v}^2}{2} + \frac{2\varphi L \bar{v}^2}{D} \right) \rho_{\text{aria}}$$

(2)

$$L = \frac{D}{2\psi\bar{v}^2} \left(\frac{\Delta P}{\rho_{\text{aria}}} - \frac{\rho\bar{v}^2}{2} \right)$$

Nel caso di un orifizio:

$$K = \frac{2.7(1-\beta)(1-\beta^2)}{\beta^2}$$

dopo

$$\beta = \frac{\text{area sezione piccola}}{\text{area sezione grande}} =$$

$$= \frac{\pi (2.5 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2}{\pi \left(\frac{17 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \text{ m}^2} \approx 0.294$$

quindi

$$K = \frac{2.7(1-0.294)(1-(0.294)^2)}{0.294^2} \approx 20.15$$

Da cui si ricava:

$$\overline{\Delta P} = 0.255 \text{ Pa}$$

$$L = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ m}}{2 \cdot 0.0063 \cdot (7.6)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \left(\frac{0.255 \text{ Pa}}{1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} - \frac{20.15 (7.6)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2} \right) =$$

$$\approx -0.4 \text{ mm}$$

↳ IMPOSSIBILE, le perdite di carico localizzate non sono negative.

(3)

Esercizio n° 3.

Ordinare descritto e modellando o risolto il modello di ossigeno che
protra nel globulo rosso in condizioni normali, cioè $\frac{d}{dt} \approx 0$ e

$DHb = 0$, e cinetica inversa nulla.

Il modello funziona solo nei punti intermedi di vita dell'individuo
o nell'ottacco dell'ossigenatore al parameb.

Esercizio n° 4.

L'equazione del senso potenziometrico è

$$E = E_0 + \frac{RT}{zF} \ln a$$

$$E_0 = 0.1 \text{ mV}$$

$$T = 10^\circ \text{C} \approx 293 \text{ K}$$

$z = 1$ poiché vedo o considero
la liberazione di $10 \text{ m} \cdot \text{H}^+$

$$F = 96500 \frac{\text{C}}{\text{mol}} \quad R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

poiché l'attività a è uguale alla $[\text{H}^+]$.

$$E = E_0 - \frac{RT}{zF} \log_{10} [\text{H}^+] = E_0 - 2.3 \frac{RT}{zF} \log_{10} [\text{H}^+]$$

$$= E_0 - 2.3 \frac{RT}{zF} \text{pH}$$

poiché so che nel range fisiologico pH varia tra 7 e 7.4
ovvero che E varia tra

$$E_{\text{pH}=7} = E_0 - 2.3 \frac{RT}{zF} 7 = -0.32 \text{ V}$$

$$E_{\text{pH}=7.4} = E_0 - 2.3 \frac{RT}{zF} 7.4 = -0.33 \text{ V}$$

perciò notare l'effetto
val. ΔE .