

類 科：醫學工程

科 目：生物輸送原理

考試時間：2 小時

座號：_____

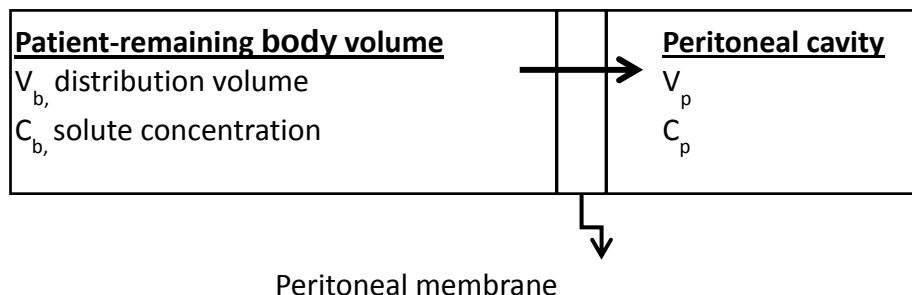
※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

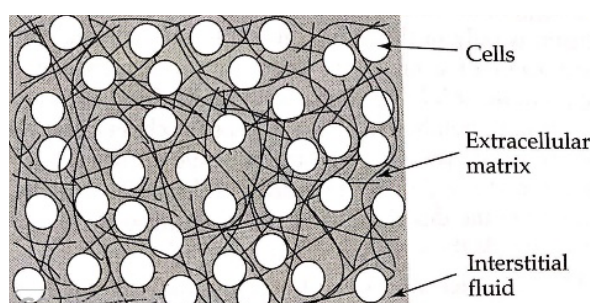
(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、當胰島素分泌細胞受到傷害時，由於細胞無法生長也無法自人體中進行置換，因此將長期接受胰島素注射治療。一直以來想嘗試以微膠囊形式包覆受贈的胰島素分泌細胞再植入體內，以輔助功能不全的胰臟，但挑戰之一為培養來自捐贈者器官的細胞。由於組織必須高度含氧，可行的方法之一為將組織切割為圓柱形（cylinder）並放入含全氟碳化物（Perfluorocarbons, PFC 具高溶氧度）的培養液中培養，此方式可得較高的氧氣濃度，其中細胞可利用的氧氣濃度為溶在培養液中與 PFC 中的總和。若有一半徑為 R ，長度為 L 的圓柱型組織（ $L \gg R$ ），氧氣消耗率為 Q ，組織表面的氧氣濃度為 C_0 。假設在穩態下（steady state）耗氧為零級反應（zero-order reaction），則徑向的氧氣濃度分布（radial concentration profile）如何表示？（10 分）同時最大可能的組織圓柱半徑（maximum radius）為何？（5 分）

二、接受血液透析的病患通常一週內必須幾次與體外透析器連接 3~4 小時進行液體交換，而腹膜透析則是一種常用的替代方案。主要為將體積為 V_p 且濃度與腹液相當的葡萄糖溶液注射至腹腔，約 5 小時後再以同體積（ V_p ）新鮮液體抽換體積，如下圖所示。假設 C_b 為常數，剛開始時（ $t=0$ ） $C_p=0$ 的狀況下，請寫出對固定體積 V_p ，膜兩側均為混合液體，且薄膜質傳係數為 k_0 ，質傳交換面積為 A_m 狀況下的 mass balance 表示式。（20 分）



三、在一僅含細胞，胞外間質纖維及組織液的不含血管組織中（如下圖所示），假設細胞及胞外間質纖維的直徑分別為 D_c 及 D_f ，單位體積內纖維長度及細胞數分別為 L 及 n 。假設纖維（圓柱型）與細胞（球型）皆為均勻分布於組織內，同時纖維為互相平行。請問此組織的孔隙度（porosity）為何（即細胞與纖維所占的總體積分率）？（15 分）



四、一般生物體內的反應無法得知反應速率常數，因此常以無因次反應摩數（dimensionless reaction modules, ϕ ）評估。例如細胞內粒腺體中富含許多酵素用以代謝氧氣以提供細胞所需，依據下列數據請問肌肉細胞及肝細胞在粒腺體內藉由酵素消耗氧氣反應是否為擴散限制（diffusion-limited）反應？（10 分）

$$\phi = \frac{R''L^2}{D_{eff}K_{av}C_0}$$

R_c	細胞半徑（cell radius）	$10 \mu\text{m}$
R_m	粒腺體半徑（mitochondrion radius）	$0.45 \mu\text{m}$
D_{eff}	氧氣擴散係數（diffusion coefficient of O_2 ）	$2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
Muscle Cells under exercise		
C_0	細胞外氧氣濃度（extracellular concentration of O_2 ）	$1.1 \times 10^{-8} \text{ mol cm}^{-3}$
R''	細胞吸收氧氣速率（observed rate of O_2 uptake by cells）	$2 \times 10^{-6} \text{ mol cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$
Liver cells		
C_0	細胞外氧氣濃度（extracellular concentration of O_2 ）	$10 \times 10^{-8} \text{ mol cm}^{-3}$
R''	細胞吸收氧氣速率（observed rate of O_2 uptake by cells）	$7 \times 10^{-8} \text{ mol cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$

五、請敘述下列問題：

- (一)當溶質 (solute) 半徑與薄膜孔洞半徑相去不大時，那兩種因素會特別影響使得溶擴散速率降低。(10 分)
- (二)以「擴散 (diffusion)」或「通透 (permeability)」探討溶質在微血管壁傳輸時，立論的最主要不同處為何？(10 分)
- (三)請寫出 (或畫出) 3 種體內外連通醫材 (extracorporeal device) 如血液透析器中，血液與流體接觸可產生物質交換的形式 (fluid contacting patterns)。(9 分)
- (四) Thiele modulus？(請解釋其意涵)(4 分)
- (五)對血液而言，如何定義降伏強度 (yield stress)？(3 分) 又有那些因子 (factors) 會影響血液降伏強度？(4 分)