

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)可以使用電子計算器，須詳列解答過程。

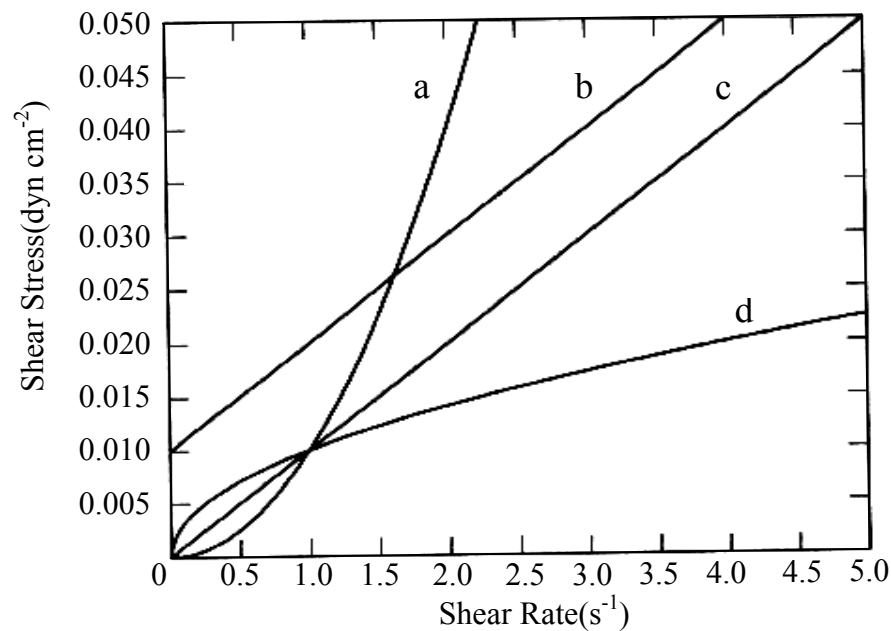
(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(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、假設一個半徑為 r 不含微血管的球形腫瘤組織，表面覆蓋微血管以供應濃度為 C_{O_2} 的氧氣，並以速率 R_{O_2} 被腫瘤組織吸收利用。當氧氣濃度為零時，腫瘤組織會壞死 (necrosis)。試計算當氧氣消耗速率為 $120 \text{ nmol cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ ，此腫瘤組織在壞死之前的大小 (r)。(15 分)

其中氧氣擴散係數 $D = 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$; $C_{O_2} = 2 \times 10^{-2} \text{ M}$

二、請在下圖 a-d 曲線中分別標示出 Newtonian fluid; Bingham Plastic; Power Law fluid ($n > 1$) 及 Power Law fluid ($n < 1$)。並敘述各流體基本特性。(20 分) 另外，滑囊液 (synovial fluid) 及血液 (blood) 又分別較適合以何種流體形式描述。(6 分)



三、生理系統中蛋白質平均大小約 10^{-8} m ，但人的身高約 10^0 m ，相差 10^8 倍。因此非單一傳輸現象可以涵蓋所有生理系統發生的狀況。擴散 (diffusion) 可用以描述短距離的傳輸現象，但當距離較長時，則以對流 (convection) 描述較為恰當。試問：

(一)以那個物理量可以評估「擴散與對流」的差異 (the significance of diffusion versus convection) ? (7 分)

(二)如果葡萄糖和 IgG 的擴散係數分別為 2×10^{-6} 及 $2 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ，對流速度為 $0.2 \text{ } \mu\text{m s}^{-1}$ ，則下列條件下的輸送現象主要為擴散或對流？(12 分)

1. 葡萄糖傳送超過 $150 \text{ } \mu\text{m}$ 距離
2. 葡萄糖傳送超過 $0.15 \text{ } \mu\text{m}$ 距離
3. IgG 傳送超過 $150 \text{ } \mu\text{m}$ 距離
4. IgG 傳送超過 $0.15 \text{ } \mu\text{m}$ 距離

(請接背面)

類 科：醫學工程
科 目：生物輸送原理

四、培養微生物製造重組蛋白時會釋放熱量，因此放大製程時常需額外的冷卻系統。現在將 *Escherichia coli* 以 10 g L^{-1} 的密度培養於 aqueous broth，且每克的細菌會產生 5 kJ 的熱量；同時反應器為隔熱裝置，亦即所產生的熱都被水吸收。假設 broth specific heat capacity 為 $4 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，密度為 1000 kg m^{-3} ；開始培養前溫度為 25°C 則在穩態 (steady-state) 下培養後，反應器的溫度將是多少？(15分)

五、Murray 於 1926 年曾對血管提出一 cost function，如下所示：

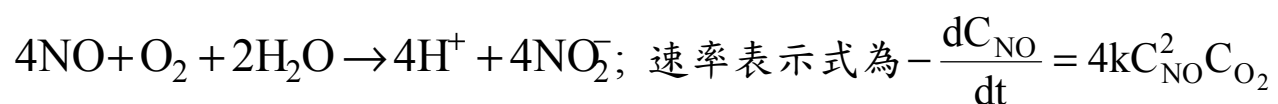
$$\text{cost function} = \frac{8\mu L}{\pi a^4} Q^2 + K\pi a^2 L$$

對一管長 L ，流量 Q 的血管而言，存在一最適當管徑 R 。請推導出：

(一)最適當管徑 R 與流量 Q 的關係式。(10分)

(二)在此狀態下的 cost function 為何？(5分)

六、NO 的濃度可調整血管的擴張程度，也會影響血紅蛋白 (hemoglobin) 功能及肌肉細胞的生長；因此已有許多方式估算 NO 在不同組織內的濃度。NO 也同時會與氧氣產生下列反應：



反應速率常數 k 在 25°C 時為 $2 \times 10^6 \text{ M}^{-2} \text{ S}^{-1}$

利用上述公式計算在 NO 初始濃度為 $0.1 \mu\text{M}$ ，氧氣濃度為 $100 \mu\text{M}$ 狀況下，NO 消耗半衰期。(10分)