

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。

- 一、血液為非牛頓流體，其流變行為可以 Casson equation 描述： $\tau^{1/2} = \tau_y^{1/2} + s(\dot{\gamma})^{1/2}$ ，其中  $\tau, \tau_y, \dot{\gamma}$  分別為流體所受之 shear stress, yield stress 及 shear rate。
- (一)請說明造成血液之  $\tau_y > 0$  之原因，和血容比之高低如何影響其  $\tau_y$  值。(10分)
- (二)何種情況下，血液之流動性質可被視同為牛頓流體？血液在生理環境下，其流動行為可否以牛頓流體加以描述？理由為何？(10分)
- (三)何種血漿蛋白對  $\tau_y$  值之影響最顯著？請說明其原因。(5分)
- 二、血液在動脈系統之流動呈現脈衝流 (pulsatile flow) 特性。假設動脈血管之直徑為  $D$ ，血液之密度、黏度及平均流速分別為  $\rho$ 、 $\mu$  及  $U$ ，脈衝頻率為  $f$ 。試問：
- (一)此脈衝流之 Womersley number ( $N_w$ ) 定義及物理意義為何？(8分)
- (二)脈衝波在血管之傳遞速率受到那些血流及血管壁性質之影響？如何影響？(8分)
- (三)如何以非侵入方式，藉由偵測脈衝波傳遞行為，量測血液之流速？(9分)
- 三、假設  $k_f, v, \rho, \beta, \mu, C_{p,f}$  分別代表體外流體介質之熱傳導係數、流速、密度、熱膨脹係數、黏度及比熱。 $k_b, \rho_b, C_{p,b}$  分別代表體表生物組織之熱傳導係數、密度及比熱。 $\sigma$  為 Stefan Boltzmann 常數。 $e$  為體表輻射熱放射係數 (emissivity)。 $T_b$  及  $T_f$  分別為體表及環境之溫度。
- (一)假設  $A_r$  為體表輻射熱之有效面積，請說明如何估算體表輻射熱之逸散速率？試比較白種人與黑人在極地環境下，何者之輻射熱通量較高？在近  $50^\circ\text{C}$  之環境中，何者之輻射熱通量較高？(15分)
- (二)請說明體表之強制熱對流係數及自然熱對流係數分別受到本題中所提示之那些參數影響？(10分)
- 四、某藥物分子之等效半徑為  $a$ ，將之以靜脈注射方式送入循環系統中。假設在某局部組織中，微血管的半徑為  $R$ ，管壁厚為  $h$ ，血管外週邊組織之平均半徑為  $R_t$ 。血液密度、黏度分別為  $\rho$  及  $\mu$ ，已知 Boltzmann 常數為  $k$ 。
- (一)假設  $R$  遠大於藥物分子之自由路徑長度，請根據已知資訊，評估該藥物分子在血液中擴散係數值  $D_{AB}$  之大小。(10分)
- (二)假設該藥物分子在血管壁及週邊組織中之擴散係數值分別為  $D_{AB,vessel}$  及  $D_{AB,tissue}$ 。請估計該藥物分子離開血管後，藉由擴散方式均勻到達週邊組織所需之時間長短為何？(10分)
- (三)假設藥物分子在血管壁與組織液 (或血漿) 中之分佈係數為  $S$ ， $S = C_{liquid}/C_{vessel}$ ，代表藥物分子在平衡狀態下，其在組織液 (或血漿) 中之濃度與在血管壁中之濃度比值。若藥物分子跨血管壁之傳輸為擴散控制，請問跨過血管壁之質傳通透係數值 ( $P$ ) 為何？(註： $J = P\Delta C$ ，其中  $J$  為質傳通量， $\Delta C$  為膜兩側之液體濃度差。)(5分)