

HKDSE 生物 Paper 2 選修單元模擬卷 | 2 題 · 40 分 · 1 小時

中四至中六 (HKDSE) 生物 | 時限：60 分鐘 | 總分：40 分 | 共 2 題

甲部：E1 人體生理學 (20 分)

選修單元題：本卷為 Paper 2 其中兩個選修單元 (E1、E2)，每題 20 分；作答須列出計算步驟、寫出單位並在解釋題使用生物學詞彙。全卷 40 分。

1. 一名成年人接受腎功能檢查，數據如下：腎小球濾過率 (GFR) $125 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ 、每日尿量 1.5 dm^3 、血漿葡萄糖濃度 5.5 mmol dm^{-3} (葡萄糖摩爾質量 180 g mol^{-1})。另在運動測試中，其心搏量為 70 cm^3 、心率 72 min^{-1} 。(a) 假設全日 24 小時濾過率不變，求每日產生的濾液體積，以 dm^3 表示。(2 分)

(b) 由此求腎小管與集合管重吸收水分的百分比，取 1 位小數。(2 分) (c) 求每日濾過的葡萄糖摩爾數，以 mmol 表示。(2 分) (d) 若某人血漿葡萄糖濃度升至 $12.0 \text{ mmol dm}^{-3}$ ，而腎小管最大葡萄糖重吸收速率為 $990 \text{ mmol day}^{-1}$ ，求每日隨尿液排出的葡萄糖摩爾數及質量 (g)。(3 分) (e) 由運動測試數據求心輸出量 ($\text{dm}^3 \text{ min}^{-1}$)；若腎臟接受心輸出量的 20%，求每分鐘流經腎臟的血漿體積。(3 分) (f) 解釋缺水時抗利尿激素 (ADH) 如何改變尿量，並指出滲透壓感受器及激素分泌的部位。(3 分) (g) 利尿劑 furosemide 抑制髓袢上升支的 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - 2\text{Cl}^-$ 同向轉運體。解釋它為何能增加尿量，並說明用藥期間為何要監測血鉀濃度。(3 分) (h) 解釋血糖長期未受控的糖尿病患者為何會出現多尿。(2 分)

答案：(a) 每日濾液 = $125 \times 1440 = 180,000 \text{ cm}^3 = 180 \text{ dm}^3$ 。(b) 重吸收水分 = $(180 - 1.5) \div 180 \times 100\% = 99.2\%$ ，即約 99.2% 的水被重吸收回血液，只有 1.5 dm^3 成為尿液。(c) 濾過葡萄糖 = $5.5 \text{ mmol dm}^{-3} \times 180 \text{ dm}^3 = 990 \text{ mmol}$ 。(d) 濾過量 = $12.0 \times 180 = 2160 \text{ mmol}$ ；排出量 = $2160 - 990 = 1170 \text{ mmol} = 1.17 \text{ mol}$ ；質量 = $1.17 \times 180 = 210.6 \text{ g}$ 。(e) 心輸出量 = $70 \times 72 = 5,040 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} = 5.04 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ ；腎血漿流量 = $5.04 \times 20\% = 1.008 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ (約 $1.01 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ ，即每分鐘約 1008 cm^3)。(f) 缺水時血液滲透壓上升，下視丘的滲透壓感受器受刺激，腦下垂體後葉釋出更多 ADH；ADH 增加集合管細胞膜上水通道 (AQP2) 的數目，使更多水被重吸收回血液，尿液因而濃縮、量減少；反之水分過多時 ADH 分泌減少，尿量增加。(g) 髓袢上升支的 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - 2\text{Cl}^-$ 同向轉運體受抑制後，髓質的鹽濃度梯度無法建立，髓袢與集合管便不能有效進行逆流倍增與水的滲透性重吸收，大量 Na^+ 、 Cl^- 與水留在管腔內排出，故尿量增加。由於 Na^+ 到達遠曲小管的量增加，促進 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 交換， K^+ 由尿中流失，可能引起低血鉀 (心律不整、肌肉無力)，所以用藥期間要監測血鉀。(h) 血糖超過腎臟的葡萄糖閾值後，濾過的葡萄糖無法全部重吸收，留在管腔內的葡萄糖提高濾液的滲透壓，妨礙水的重吸收 (滲透性利尿)，於是尿量與排尿次數增加。

乙部：E2 應用生態學 (20 分)

選修單元題：本卷為 Paper 2 其中兩個選修單元 (E1、E2)，每題 20 分；作答須列出計算步驟、寫出單位並在解釋題使用生物學詞彙。全卷 40 分。

2. 一個淡水池塘每年總初級生產量 (GPP) 為 $48,600 \text{ kJ m}^{-2}$ ，呼吸作用消耗 $36,200 \text{ kJ m}^{-2}$ 。附近工廠排放含汞廢水，水中汞濃度 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mg dm}^{-3}$ ；藻類的生物濃縮係數 (BCF) 為 10,000，此後每升一個營養級汞濃度約增加 5 倍。本港食物安全標準為 0.5 mg kg^{-1} (濕重)。(a) 求淨初級生產量 (NPP)；若能量傳遞效率為 10%，求可供初級消費者使用的能量。(3 分) (b) 若三級消費者每年需要 $1,000 \text{ kJ m}^{-2}$ ，求所需的最低 NPP，並解釋為何食物鏈通常只有四至五級。(3 分) (c) 求藻類、小魚、大魚體內的汞濃度 (mg kg^{-1} 濕重)，並判斷大魚超標多少倍。(4 分) (d) 一名 60 kg 成人每週進食 0.3 kg 大魚，求每週每公斤體重的汞攝入量 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)；世界衛生組織暫定每週容許攝入量為 $1.6 \mu\text{g kg}^{-1}$ 體重，求超出倍數。(3 分) (e) 在 12 公頃棄耕地上造林，每公頃每年固定 8.5 噸二氧化碳。求每年固定量，並以人均年排放 4.5 噸計算可抵銷多少人一年的排放。(3 分) (f) 若生境面積減少 75%，而 $z = 0.25$ ，求原有 100 種生物剩下多少種，取 1 位小數。(2 分) (g) 提出兩項減少汞進入食物鏈的措施，並解釋為何頂級捕食者體內污染物濃度最高。(2 分)

答案：(a) $\text{NPP} = \text{GPP} - \text{呼吸} = 48,600 - 36,200 = 12,400 \text{ kJ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ；初級消費者可得 $= 12,400 \times 10\% = 1,240 \text{ kJ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 。(b) 三級消費者屬第三個傳遞步驟，故 $\text{NPP} \times 0.1^3 = 1,000$ ， $\text{NPP} = 1,000 \div 0.001 = 1,000,000 \text{ kJ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 。每升一級能量只剩 10%，第四、五級之後的能量已不足以支持一個可持續的族群，所以食物鏈一般只有四至五級。(c) 藻類 $= 2.0 \times 10^{-5} \times 10,000 = 0.20 \text{ mg kg}^{-1}$ ；小魚 $= 0.20 \times 5 = 1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ；大魚 $= 1.00 \times 5 = 5.00 \text{ mg kg}^{-1}$ 。大魚超標 $5.00 \div 0.5 = 10$ 倍。(d) 每週攝入 $= 5.00 \times 0.3 = 1.50 \text{ mg} = 1500 \mu\text{g}$ ；每公斤體重 $= 1500 \div 60 = 25.0 \mu\text{g kg}^{-1}$ ；超出 $25.0 \div 1.6 = 15.6$ 倍，故不宜長期每週吃這麼多大魚，孕婦與幼童尤須避免。(e) 每年固定 $= 12 \times 8.5 = 102$ 噸 CO_2 ；可抵銷 $102 \div 4.5 \approx 22.7$ 人，即約 23 人的年排放。(f) 剩餘面積比例 $= 0.25$ ； $S = cA^z$ ，故物種數比 $= 0.25^{0.25} = 0.7071$ ；剩下 $100 \times 0.7071 \approx 70.7$ 種，即失去約 29.3 種。(g) 措施：工廠廢水先經沉澱 / 離子交換或活性炭吸附處理達標才排放；改用無汞工藝或回收含汞廢物；在受污染水體定期的魚類監測並限制捕撈。頂級捕食者壽命長、體積大，污染物難以排出而在脂肪 / 肌肉中累積，加上每一級都再濃縮一次 (生物放大)，故濃度最高。