

2007 年第四屆國際國中科學奧林匹亞競賽 一理論試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

問題 I：流體中的力

當一物體在流體中移動時，除了受到浮力外，還會受到流體的阻力。這阻力稱為拖曳力(F_D)。物體運動速度慢時， F_D 與物體相對於流體的速度(v)和物體的線性大小(R)成正比，即 $F_D=CvR$ ，式中 C 為比例常數，與流體的性質和物體的幾何形狀有關。(如果物體是球體， R 表示球半徑。) 假設在低速的情況下，解答下列各問題。

I-1 (1.0 分) C 的單位為何？(以 SI 單位：kg, s, m 表示)

I-2 (1.5 分) 承 I-1，有一半徑 $R = 3.0 \times 10^{-6}$ m 的灰塵顆粒，在 20°C 的空氣中墜落。此顆粒在 20°C 空氣中的 C 數值為 3.4×10^{-4} (SI 單位)。顆粒的密度 $\rho = 2.0 \times 10^3$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。假設此顆粒在下墜過程中沒有被地球表面擋住，最後將達等速運動狀態，稱為終端速率。若重力加速度 $g = 9.8\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ，而空氣密度為 1.2 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ，求灰塵顆粒的終端速率。

I-3 (1.0 分) 在生物或醫學實驗室，常使用離心機將樣品快速旋轉，作各種測試，圖 I-1 為離心機示意圖。樣品通常是含有生物分子的水溶液。考慮有一含有蛋白質的水溶液，蛋白質的密度為 1.3×10^3 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ，水的密度為 1.0×10^3 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。假設離心機的向心加速度是定值，為 g 值的 10^5 倍。圖 I-2 為樣品中蛋白質分子的分布隨時間 t 的變化；圖 I-3 為 h 與時間 t 的關係圖。(h 是蛋白質分子分布邊緣移動的距離。) 求此蛋白質分子(邊緣)的終端速率。

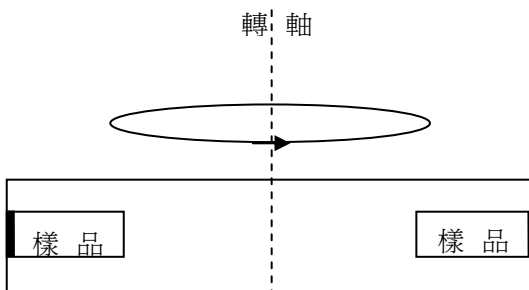


圖 I-1

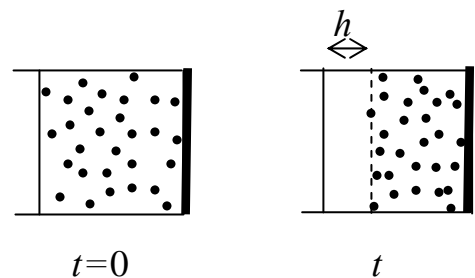


圖 I-2

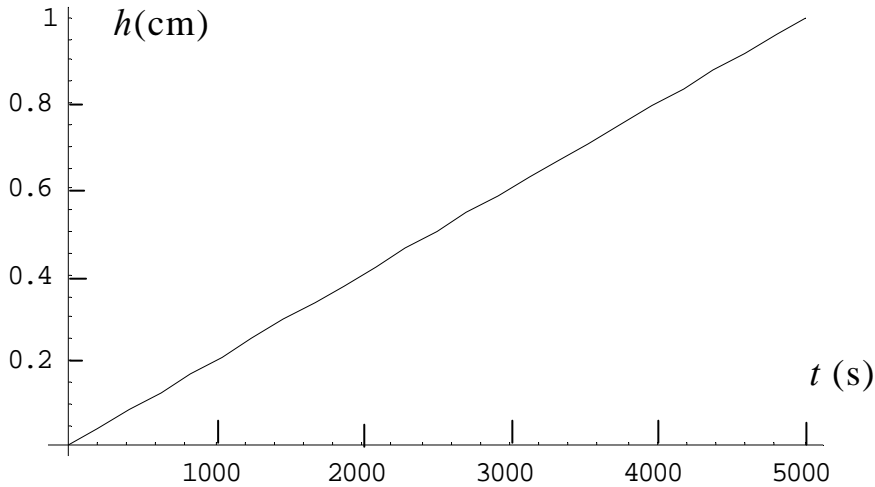


圖 I-3

I-4 (2.5 分)承 I-3，畫出一蛋白質分子所受水平方向所有作用力的力圖，並且計算一個蛋白質分子的質量。答案以原子質量單位 u 表示， $1u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。假設蛋白質分子可視為半徑 $R = 2.5 \times 10^{-6} \text{ m}$ 球體，且蛋白質分子在水中的 C 值為 4.0×10^{-5} (SI 單位)。(提示：此題中離心力的作用相當於重力，且比重力強很多。)

I-5 在不同的 pH 環境中，蛋白質分子會帶不同的淨電量，如圖 I-4 所示。圖中的等電點 (pI) 為蛋白質分子不帶電時的 pH 值。考慮三個蛋白質分子，分別標示為 D、E 和 F。三者的分子質量分別為 $60000u$ 、 $88000u$ 和 $160000u$ ；pI 值分別為 5.2、6.7 和 9.2。假設三者的 pH 值與所帶淨電量關係圖，具有相同的斜率。現將一滴含有 D、E、F、和中性分子 (標示為 N) 的水溶液，置入裝有 pH=8.3 水溶液的毛細管中心處，如圖 I-5 的上圖所示。在毛細管兩端的電極加大小相同但符號相反的電壓，液滴和溶液皆以等速度移動 (溶液因與管壁作用而移動)。經一段時間 t_0 ，置入的 1 滴點，發展成 4 滴點，分別標示為 1、2、3 和 4，如圖 I-5 的下圖所示。各滴點所對應的移動距離分別以 d_i 表示， i 為 1、2、3 或 4。忽略擴散和邊界的影響，也忽略蛋白質分子和中性分子之間的交互作用。假設這些蛋白質分子有相同的 C 值，且可視為密度相同的球體，回答下列問題：

I-5-A (1.2 分)令蛋白質分子 D、E、和 F 在溶液中所帶的電量分別為 Q_D 、 Q_E 與 Q_F 。將 Q_D 、 Q_E 、 Q_F 與 0 (零電荷) 依數值自大至小的順序排列。

I-5-B (2.0 分)分別指認出圖 I-5 中的各滴點為何種蛋白質分子，也就是將 1、2、3 和 4 與 D、E、F 和 N 配對。

I-5-C (0.8 分)以 t_0 和 d_i 表示溶液的平均流速。

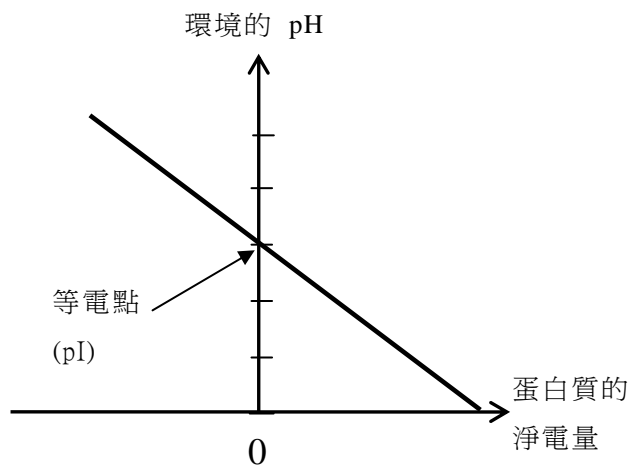


圖 I-4

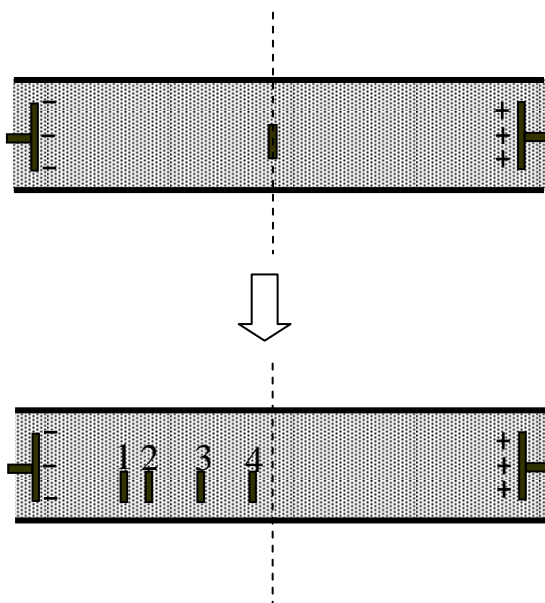


圖 I-5

問題 II：二氧化碳之化學

二氧化碳 (CO_2) 參與一些重要的生物及環境過程。 CO_2 在光合作用中用以製造葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 及氧氣 ($\text{O}_{2(g)}$)。製造 1 莫耳葡萄糖需要 2800 kJ 的能量。據估計地表陸地生物平均每年每平方公尺可將 370 克的 CO_2 全部轉換成葡萄糖。 CO_2 也是所有含碳燃料之最

終氧化產物；其在大氣中含量的增加導致全球暖化。葡萄糖代謝最終的產物為 $\text{CO}_{2(g)}$ 和 $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ ；代謝釋放的能量中約有 70% 可用於作功，所產生的 CO_2 則排出體外。呼出的氣體中在 37°C 通常含有 30.0 mmHg 的 CO_2 (1 大氣壓 = 760 mmHg)。將呼出的氣體通入石灰水($\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$ 之飽和水溶液)中，會使其變為乳白色混濁，可用以檢驗 CO_2 。 CO_2 另一個有用的特性是它可以和超氧化鉀($\text{KO}_{2(s)}$)反應，產生 $\text{O}_{2(g)}$ 供氧氣罩之用。根據上述資料回答下列問題。(原子量 ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$): $\text{H} = 1$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$; 氣體常數 $R = 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; 重力加速度 $g = 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

II-1 (0.7 分)寫出 CO_2 和 H_2O 進行光合作用形成葡萄糖之平衡反應式。

II-2 (2.2 分)若太陽每秒鐘可供給地表陸地每平方公尺約 1.0 kJ 的能量，則此能量有多少百分比用於製造葡萄糖？

II-3 (1.7 分)計算一個 60 公斤的人登上 1000 公尺的高山需代謝多少克的葡萄糖？假設此登山所消耗的能量是 5 倍於使 60 公斤的物體上升 1000 公尺所需要的功；而且此所需的能量完全來自葡萄糖的代謝。

II-4 (0.6 分)寫出 $\text{KO}_{2(s)}$ 和 $\text{CO}_{2(g)}$ 反應形成 $\text{K}_2\text{CO}_{3(s)}$ 和 $\text{O}_{2(g)}$ 之平衡反應式。

II-5 (1.7 分)計算 1 L 的呼出氣體中所含 CO_2 的質量。

II-6 (1.7 分)一個消防隊員每小時呼出 400 L 的氣體，假如該消防隊員帶著含有 KO_2 的氧氣罩，求該氧氣罩每小時可再生多少克的氧氣供他使用？假設氧氣罩中的氧氣可立即產生且反應完全。

II-7 (0.7 分)寫出 CO_2 與石灰水反應之平衡反應式。

II-8 (0.7 分)一個 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 分子中所含的電子總個數為多少？

問題 III：

III-1 植物生理學

某生在一個 250 cm^3 的三角錐瓶內加入 20 cm^3 的 5 mM KHCO_3 溶液以及 5 滴的廣用 pH 值指示劑 (圖 III-1)。他將葉子的葉柄基部在水中切斷，再移置入一含有足量水的小玻璃杯內，並使葉柄基部斷口處完全浸泡於水中。接著，他在小玻璃杯上綁一條線，再將之置入三角錐瓶內，然後用橡皮塞蓋緊三角錐瓶的瓶口並以石蠟膜封緊。裝置好後他隨即進行以下的實驗。

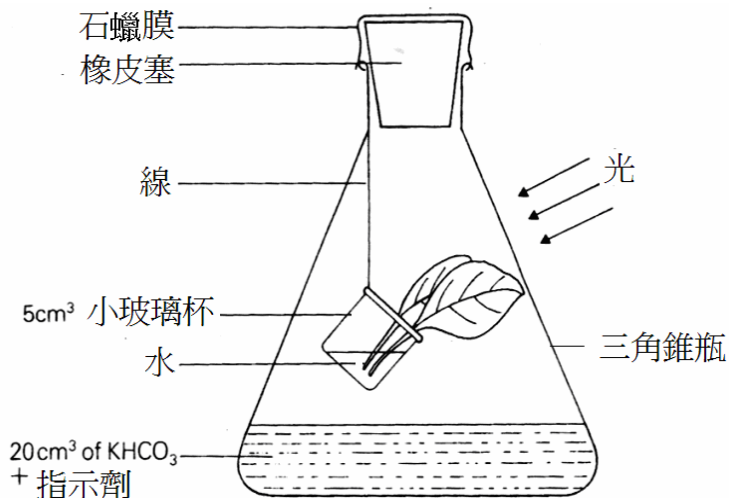


圖 III-1

請從表 III-1 中選取正確答案的相關代碼，填入答案卷中的相關空格中。表 III-1 中的答案可能不只出現一次，也可能不會被選上。(每一格 0.3 分；共 4.2 分)

表 III-1:

1: 上升	2: 下降	3: 不變	4: 光合作用
5: 呼吸作用	6: 蒸散作用	7: O ₂	8: CO ₂
9: K ⁺	10: HCO ₃ ⁻	11: OH ⁻	12: H ⁺

III-1-A 他將此三角錐瓶置於距離一個 60 瓦燈泡約 30 cm 處，並打開燈源，靜置 3 小時。在這 3 小時中，他觀察到三角錐瓶內溶液的 pH 值會 a，其原因是葉片進行 b 作用，而消耗 c，並促使溶液中的 d 與 e 兩種離子濃度 f。

III-1-B 其後他關閉燈源，將三角錐瓶靜置於黑暗中 3 小時。在這 3 小時中，他觀察到三角錐瓶內溶液的 pH 值會 a，其原因是葉片進行 b 作用，而釋放 c，並導致溶液中的 d 與 e 兩種離子濃度 f。

III-1-C 他將三角錐瓶內的 KHCO₃ 溶液，改成 20 cm³ 的 5 mM NaOH 溶液，並換成新鮮葉子，重新將三角錐瓶的瓶口封緊，再將燈源打開，靜置 3 小時。在這 3 小時中，他觀察到三角錐瓶內葉片進行的 a 作用會先降低，之後葉片進行的 b 作用也降低了。

III-2 血糖的恆定

人體的內在環境維持在一定的範圍內，這種現象稱為恆定性。血糖(血液中的葡萄糖)濃度的維持是恆定性的一個例子，血糖恆定是藉由激素調節在一定範圍的。

陳先生依下列流程檢驗血糖：首先，他在晚上 6:00 吃醫院提供的晚餐，然後禁食並被要求休息，直到隔天早上 8:00。晚餐後馬上抽血檢驗，接下來八小時內每隔一小時測一次血糖濃度，圖 III-2 是陳先生血糖檢驗的結果。圖的縱軸是血糖濃度，橫軸是每小時的時間間隔，並將結果區分成三個階段。根據一系列驗血及健康檢查結果，醫生認為他身體正常沒有糖尿病。

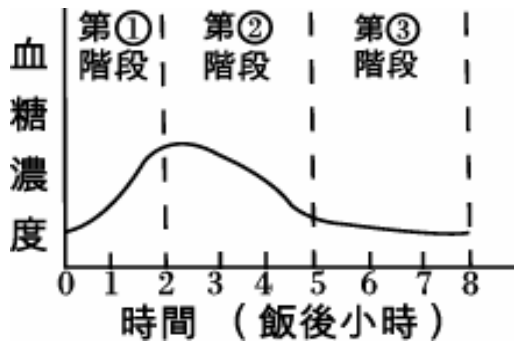


圖 III-2

根據上述資料，下列問題請用表 III-2 (1 至 6) 名詞的數字代號及表 III-3 (a 至 e) 敘述的字母代號，選一正確答案填寫在答案卷上。

表 III-2: 與調節血糖濃度相關的激素

1. 甲狀腺素
2. 胰島素
3. 腎上腺素
4. 昇糖素
5. 生長激素
6. 皮質醇

表 III-3: 與血糖濃度變化相關的敘述

- a. 血糖被肝細胞吸收
- b. 血糖被胰臟細胞吸收
- c. 肝糖分解的產物被釋放至血液中
- d. 食物被消化，並在小腸中被吸收進入血液
- e. 血糖由尿液排出

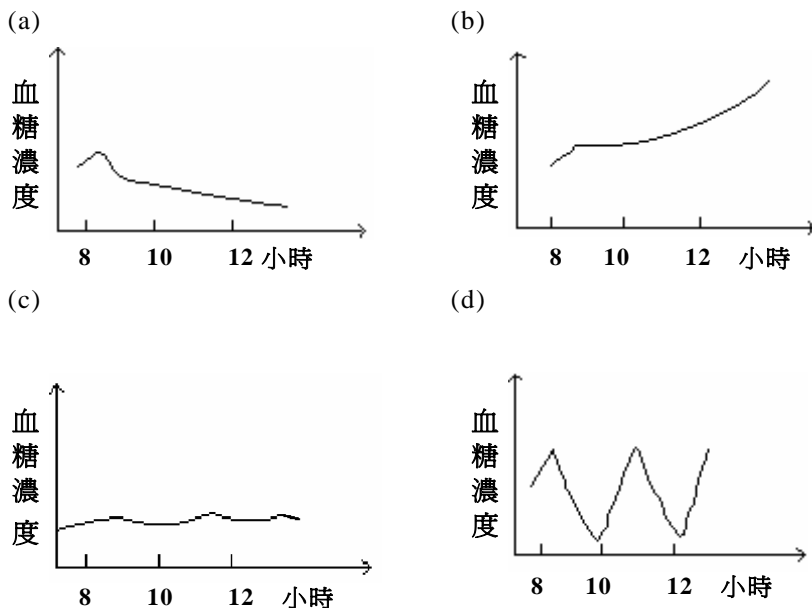
III-2-A (0.3 分)表 III-3 哪一敘述可以解釋陳先生飯後在第 1 階段血糖濃度上升的原因？

III-2-B

III-2-B-a (0.3 分)表 III-3 哪一敘述可以解釋陳先生在第 2 階段中血糖濃度有下降的趨勢？

III-2-B-b (0.3 分)表 III-2 的哪一種激素控制第 2 階段所呈現的現象？

III-2-C (0.3 分)下列哪一圖最可能是陳先生在第 3 階段之後 6 小時內(晚飯後第 8 至 14 小時)的血糖濃度變化圖？(下列四圖縱軸的血糖濃度尺標與圖 III-2 相同)



III-2-D

III-2-D-a (0.3 分)承上題，陳先生第 3 階段之後的血糖濃度變化曲線最可能是由表 III-2 的哪一種激素所調節？

III-2-D-b (0.3 分)承上題，表 III-3 的哪一種敘述的作用與第 3 階段之後的血糖濃度變化曲線最相關？

III-2-E (0.6 分)王先生是輕度糖尿病患者，他也是晚上 6:00 吃醫院相同的晚餐，餐後禁食，每隔一小時測定血糖濃度。請預測王先生晚餐後八小時內的血糖濃度的可能變化。為了與陳先生的血糖濃度變化做比較，請直接用筆在答案卷上的圖 III-2 陳先生的血糖濃度變化圖上畫出王先生的血糖濃度變化曲線。

III-2-F (2.4 分，每個空格 0.2 分)王先生排出的尿液內被檢驗出含葡萄糖。已知尿液中的葡萄糖分子是依下列的路徑產生的：葡萄糖分子先由小腸吸收後，經心血管系統及排泄系統的輸送，最後，它被送至尿液內。請將表 III-4 中各種構造的數字代號(1~14)，填入答案卷 a~l 的空格中作答。

表 III-4

1. 肺動脈
2. 肺靜脈
3. 左心房
4. 右心房
5. 左心室
6. 右心室
7. 肝動脈
8. 肝靜脈
9. 肝門靜脈
10. 腎動脈
11. 腎靜脈
12. 尿道
13. 輸尿管
14. 膀胱

葡萄糖分子由小腸絨毛吸收進入血液後，經 a 被送到肝臟，再經由 b 被送至下腔大靜脈，隨血液流入心臟的 c；接著，心臟的 d 收縮將其內的血液帶離心臟，經由 e 流入肺臟，再由 f 送回心臟；通過心臟的 g 和 h 後，血液被壓出至主動脈。當血液經由 i 流入腎臟時，葡萄糖被過濾到腎臟內，尿液含有未被再吸收的葡萄糖，經由 j 送入 k 儲存，最後由 l 排出體外。

III-3 水稻田裏的害蟲

杜小姐爲了減少水稻田裏的蟲害，她連續幾年在田裏施灑固定量的「X 殺蟲劑」。每年她都會在水稻田裏進行害蟲的數量調查，圖 III-3 是她的田間害蟲數量/ m^2 調查結果。

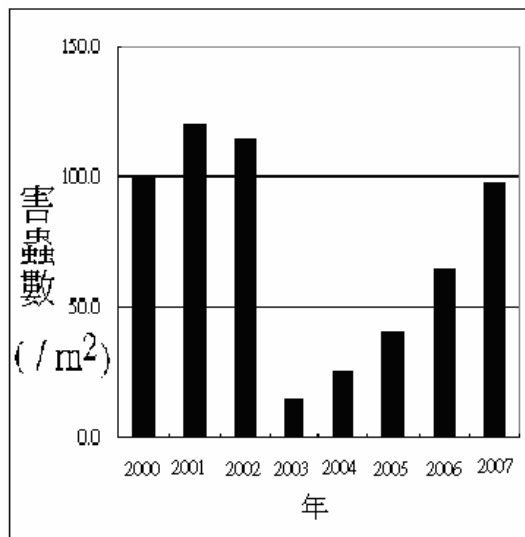


圖 III-3

根據調查結果，杜小姐提出結論：『「X 殺蟲劑」在使用最初幾年很有效，但到後幾年就沒甚麼效了！』。試依上述資料回答下列問題：

III-3-A (0.4 分)按照圖 III-3 田間調查的結果，杜小姐最有可能是在哪一年開始施灑「X 殺蟲劑」？

III-3-B (0.3 分)針對杜小姐上述的結論，下列哪一選項解釋最合理？

- (a) 杜小姐種植的水稻發生突變，吸引大量其他不同種類的害蟲
- (b) 害蟲衍生出抗藥性，水稻田中具抗藥性的害蟲比例逐年增高
- (c) 農藥公司的品質管制不良，所生產「X 殺蟲劑」殺蟲效果不佳
- (d) 杜小姐灑完「X 殺蟲劑」後，遭逢下雨，以致殺蟲劑的藥效降低

III-3-C (0.3 分)根據杜小姐的結論，要有效延長「X 殺蟲劑」的殺蟲年期，下列哪一種建議最佳？

- (a) 逐年降低「X 殺蟲劑」的使用劑量
- (b) 逐年倍增「X 殺蟲劑」的使用劑量
- (c) 變動「X 殺蟲劑」的使用劑量以「一年高、一年低」的輪替模式
- (d) 另外挑選他種有效的殺蟲劑，與「X 殺蟲劑」每年輪換使用