

2019 年第十六屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --理論題試題 (下)

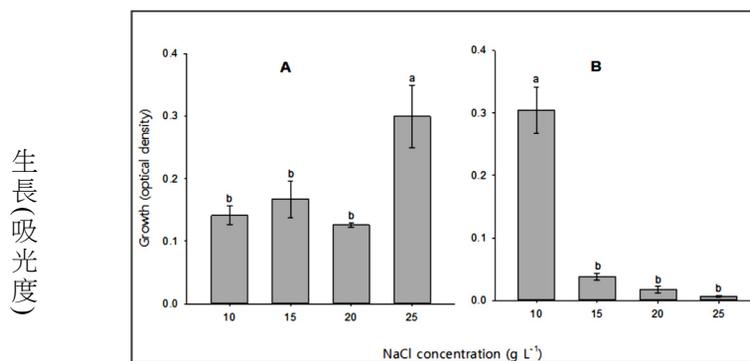
國立臺灣師範大學 科學教育中心

時間：3 小時

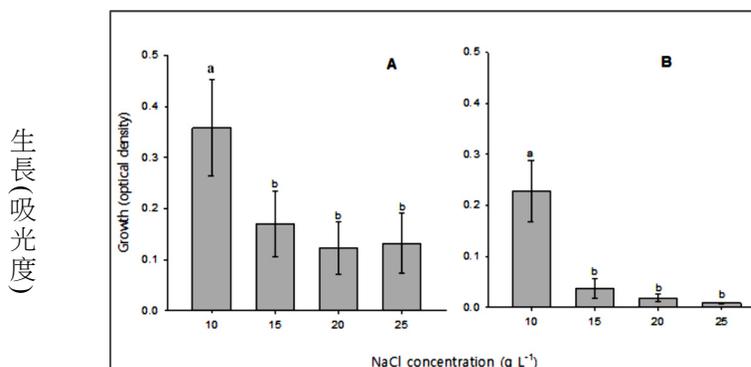
分數：30 分

Part 3:

卡達大學 Abu-Dieyeh et al (2019) 帶領的最新研究，為模擬自然沙漠環境的生物降解作用，研究者自卡達海岸地區分離出對汞具有耐受性的菌株。調查在不同鹽梯度下有潛能細菌的生長。下圖為其部分研究成果。



Acinetobacter schindleri (菌株)



從卡達海岸地區分離的兩種細菌菌株在培養基中的生長受鹽(NaCl濃度)的影響，在沒有汞(A)以及10 ppm HgCl₂ (B)，在各圖中，相同英文字母表示其平均值在 $P \leq 0.05$ 的信心水準下無顯著差異。誤線差呈現平均值處取樣值N為5的標準差。

- i. 這個實驗中的應變變因為何? (0.5)
- NaCl 濃度
 - 細菌菌株
 - 細菌生長(吸光度)
 - 固定的實驗條件
- ii. 根據上圖結果，在沒有汞的條件下，*Acinetobacter schindleri* 對高鹽($\geq 25 \text{ g L}^{-1}$)更有耐受性? (0.25)
- 正確
 - 錯誤
- iii. 根據上圖中具顯著性的結果，下列何者錯誤(1.0)
- 有汞時，*A. schindleri* 的生長看似被 15, 20 or 25 g L⁻¹ NaCl 抑制
 - 無汞時，*A. schindleri* 的生長，25 g L⁻¹ 顯著較低濃度的 NaCl 較快
 - 整體上，兩種菌在無汞時都生長較好
 - B. infantis* 菌株較被推薦作為改善乾旱土壤汞汙染的生物清除植物
- iv. 研究者為何要在卡達的環境調查鹽的因素，下列何者是最適合的答案? (0.5)

i	研究者對研究抗熱細菌有興趣
ii	研究者尋找對鹽有耐受性的細菌
iii	研究者尋找對鹽沒有耐受性的細菌
iv	研究者對沙漠環境汞的生物清除有興趣

- i and iii.
- iii and iv.
- ii and iv.
- d. ii and iii.

- v. 研究者引領他們的實驗，以從受廢棄螢光燈炮的污染環境中尋找具有生物吸收汞潛能的菌株。若研究者決定進一步研究以確認從卡達化(高鹽)土壤分離菌株的存活率及潛能，他們應該如何進行? **(0.5)**
- 於實驗室研究細菌在不同溫度下的存活率
 - 於實驗室研究細菌在不同濕度下的存活率
 - 於實驗室研究細菌在兩個因子合併(溫度和濕度)下的存活率
 - 進行短期以及長期的野外實驗，研究細菌在卡達化土壤的存活率及潛能
- vi. 如果上述提到的某一細菌被報導為對汞具有適應能力可建立耐受性，有一科學家想要於培養基中培養此細菌，推論下列敘述何者最可能正確: **(0.25)**
- 新生長的細菌將失去其適應能力，不再對汞具有耐受性
 - 此細菌將維持其適應能力並將繼續對汞有耐受性
 - 新生長的細菌可能失去其適應能力，但對汞仍具有耐受性
 - 對新生長的細菌預測對汞能有耐受性是困難的
- vii. 在某一湖泊中有汞(Hg)的汙染，並發現有下列食物鏈:
- 植物性浮游生物 → 動物性浮游生物 → 小魚 (物種 X) → 大魚 (物種 Y) → 最大魚 (物種 Z) → 水鳥
- 你的朋友要購買一公斤的鮮魚，並因為要獲得最小的毒性尋求你的建議，你會如何建議你的朋友哪一個物種? **(1.0)**
- 物種 Y.
 - 物種 Z.
 - 物種 X.
 - 都含有相同毒性

QUESTION 4



**FIFA WORLD CUP
Qatar 2022**

Part 1:

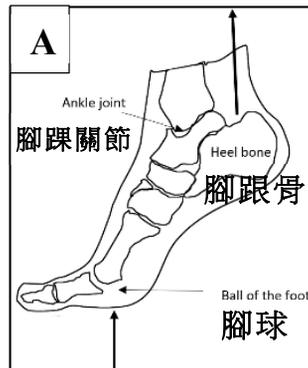
為備戰 2022 年在卡達的世足賽，一些體育俱樂部做案例研究，以計算其最好球員的小腿肌肉的具體張力（每單位面積的最大張力）。首先，他們記錄一些解剖資料如下：

-體重 = **72.0 kg**

-小腿橫截面面積（平均） = **23.0 cm²**

-從腳球到腳踝關節的距離 = **13.5 cm**

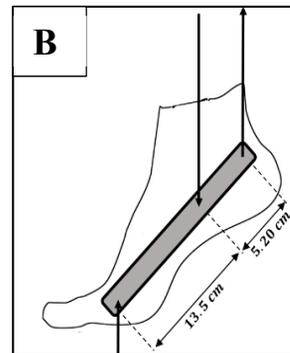
-從腳跟骨到腳踝關節的距離 = **5.20 cm**



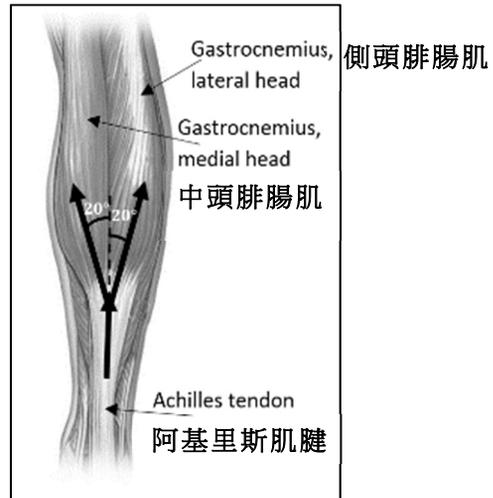
i. 具體張力：球員被要求盡可能提高身體，以一隻腳的腳球平衡，如圖（A）所示。

a. 如果球員僅單腳站立，腳跟上阿基里斯肌腱上的力是多少？將所有腳骨視為一個剛體，如圖（B）所示。忽略腳骨的重量。（1.0）

b. 計算小腿肌肉的具體張力。（0.5）



- c. 如果兩個腓腸肌（側和中頭）對腳跟上阿基里斯肌腱施加的力為總力的 60%，且貢獻相等。計算這兩個肌肉在肌腱上各貢獻的力。（0.5）



- ii. 骨骼強度：

對於一個健康的足球員來說，在骨折之前，脛骨可以承受大約每 $4.90 \times 10^2 \text{ mm}^2$ 最大力 36.0 N 。圖中顯示了球員（A）試圖踢球，但不幸踢中了球員（B）。結果，完全踢在球員（B）的脛骨上（假設他的脛骨在碰撞前靜止）。碰撞後，球員（B）的脛骨以 4.25 m/s 的速度後退。若其腿的質量是 3.20 kg ，衝擊時間為 55.0 ms ，影響區域是 $6.20 \times 10^2 \text{ mm}^2$ 。



你認為球員（B）的脛骨是否能承受這種衝擊而不破裂呢？（0.25）

選擇：（ ）是或（ ）否

考慮球員（B）的腿未受其他外力，詳細列出計算過程。（1.0）

- iii. 開發一個足球護墊。

許多體育公司開發小腿護墊，以吸收在足球賽中嚴重碰撞時可能造成傷害的衝擊力。在比較不同護墊性能的實驗中，每個小腿護墊覆蓋了類比的人類脛骨。踢裝置（衝擊器）用於模仿攻擊球員的腳。力感應計放置在護墊下方，以測量對脛骨的影響。下表為測試結果。



[HTTps://www.elpaso
chiropractorblog.com
/2017/07/soccer-](https://www.elpasochiropractorblog.com/2017/07/soccer-)

護墊	影響持續時間 (毫秒)	踢力 (N)	感應器力 (N)
品牌 (1)	15	1066	11.5
品牌 (2)	15	867	11.2
品牌 (3)	17	846	17.8
品牌 (4)	20	778	8.8
品牌 (5)	13	622	9.0
品牌 (6)	13	1096	6.6
品牌 (7)	17	550	32.5

為了幫助球員(B) 選擇最佳護墊，請對表中的品牌從最高性能(最高保護)到最低性能，進行排序，從單位時間能吸收最多量力的護墊開始。(1.0)

Part 2:

藥物濫用在體育運動中是指運動員與競爭對手使用能提高表現的禁藥。禁藥的種類繁多，包括但不限於興奮劑，合成代謝類固醇，氨基酸等。可以在血液和尿液樣本中進行藥物濫用的測試。許多技術可以用來檢測藥物濫用。

- i. 用於檢測藥物濫用的技術之一是使用離子選擇電極(ISE)。顧名思義，這些電極對某些離子具有選擇性。甲基苯丙胺(Methamphetamine, MA)是一種中樞神經系統(CNS)刺激物，也是世界上濫用最多的藥物，MA 離子選擇電極遵循等式 $E(V) = \text{constant}(\text{常數}) + 0.059 \log [MA^+]$ 。當將電極浸入 0.100M MA⁺溶液中時，可得電壓為 -0.430V，如果測得 $E(V) = -0.300 V$ 時，則[MA]濃度為多少？(0.5)

Part 3:

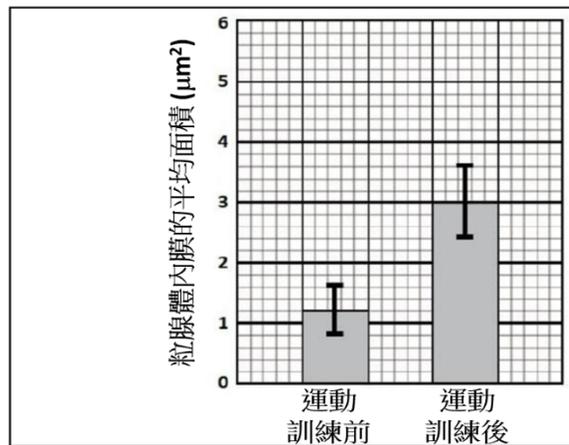
運動員常在運動時發生肌肉疲乏，使得肌肉產生力量的能力變弱。造成肌肉疲乏有兩種主要原因，(1) 神經性：因神經元本身的限制，因而不能產生一個持續的訊號。(2) 代謝性：是較常見的原因，源自肌肉收縮能力的減少。

- i. 以下何者(哪些)，是造成代謝性疲乏的主因？只可填寫一個選項 (0.25)
- 由於收縮過度、造成肌肉缺氧，而轉換成無氧呼吸
 - 肌肉血液循環(血流) 減少
 - 極端的天氣條件
 - a & b 皆正確

ii. 可對骨骼肌取樣進行組織檢測，判別某人是否為長跑選手。最重要的判別依據為？
(0.25)

- a. 肌肉細胞的顏色
- b. 每顆肌肉細胞中，粒線體的數量
- c. 每顆肌肉細胞中，顆粒狀內質網的數量
- d. 肌肉細胞的大小

iii. 下圖的實驗數據，為經歷運動訓練後，一群足球運動員的肌肉細胞內，粒線體內膜的平均面積。仔細閱讀該圖，並回答下列問題。



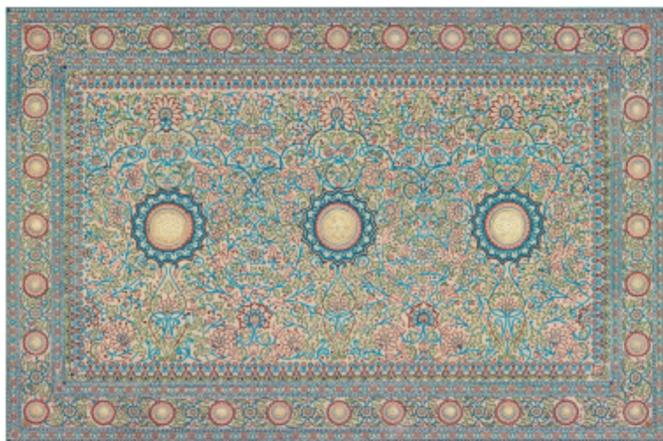
下列何者是運動訓練後的變化之最佳解釋(0.5)

- a. ATP 的生成量，會隨著粒線體內膜面積的增加而增加
- b. ATP 的生成量，會隨著粒線體內膜面積的增加而減少
- c. ATP 的生成量維持不變，與粒線體內膜的平均面積，並無關聯
- d. ATP 的生成量，與圖中的結果並無顯著關聯

QUESTION 5

Part 1:

卡達國家博物館 (NMoQ) 中最壯觀的文物之一就是 Baroda 的珍珠地毯，這是珍珠貿易的真實證明。它由 Baroda 的大公 (Maharaja) 於 1865 年委託建造。地毯一直以來被認為是非凡的藝術品。Baroda 地毯是用超過 150 萬阿拉伯灣的珍珠以及紅寶石，祖母綠，藍寶石和鑽石製成的。



The Baroda Carpet.

- i. 在修復 Baroda 地毯的過程中，實驗室元素分析發現了一種未見過的菱鋅礦石 (ZnCO_3) 與珍珠成分混合，當菱鋅礦和僅含 CaCO_3 的珍珠固體混合物加高熱時，放出二氧化碳氣體，得到 ZnO 和 CaO 的固體混合物，如果 30.00 g 的 ZnCO_3 和 CaCO_3 的混合物樣品產生 12.00 g 的 CO_2 ，請寫出平衡化學方程式並算出原始混合物中的新菱鋅礦的重量百分比是多少，請注意有效數字？(2.0)
- ii. 在卡達國家博物館附近的杜哈濱海公路，有一綿延七公里的美麗海岸。隨著海水污染物的增加（例如重金屬），可能危害海洋生物及其棲息地，因人類發展，海灣地區水域的污染增加了許多危險污染物，包括重金屬，例如鉻。自然界的鉻 (Cr) 由四個穩定的同位素組成。 ^{50}Cr ， ^{52}Cr ， ^{53}Cr 和 ^{54}Cr ，其中 ^{52}Cr 最豐富（自然豐度為 83.789%）。

Main isotopes of chromium (Cr)		
Isotope	Fractional molar abundance	half-life ($t_{1/2}$)
^{50}Cr	4.345%	stable
^{51}Cr	artificial radioisotope	27.7025 d
^{52}Cr	83.789%	stable
^{53}Cr	9.501%	stable
^{54}Cr	2.365%	stable

- a. 使用穩定同位素的豐度來計算鉻的相對原子質量。(0.25)
- b. 250 kg 鉻酸鐵 (FeCr_2O_4) 中含有多少克 (^{53}Cr) ? (0.25)
- iii. 鐵 (II) 可用重鉻酸鹽在含硫酸的介質中依據以下公式配合適當的指示劑直接標定：
- $$6 \text{FeCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 13\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 12 \text{HCl} + 7\text{H}_2\text{O}$$
- a. 寫出氧化半反應方程式(0.25)
- b. 寫出還原半反應方程式(0.25)
- iv. 鉻也可用於與鋅和銅形成合金，其在醫學和工業上都有重要用途。已知還原電位 $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr} = -0.74\text{V}$ ，下列哪些元素可用於構成以鉻為陽極(anode)的賈法尼電池(galvanic cell)，請計算兩個電池的 E_{cell} ？
- a. 銅 Copper (還原電位 = +0.34 V) (0.25)
- b. 鋅 Zinc (還原電位 = -0.76 V) (0.25)

Part 2:

卡達位於阿拉伯半島東側海岸的一個半島，在波斯灣西側的海岸，卡達使用珍珠進行貿易。珍珠形成自海水或淡水的軟體動物，是一群動物包含牡蠣、貽貝、蛤蜊、海螺以及腹足綱動物。如果一小沙粒，或一小塊貝殼進入動物的殼內，就會被層層包覆，最後形成珍珠。

- i. 你認為這些動物為何產生珍珠? **(0.25)**
 - a. 避免掠食者
 - b. 當一個刺激物被陷入在軟體動物體內時保護自己
 - c. 使動物看起來漂亮
 - d. 反射光線使動物能在夜間移動

- ii. 在蛤蜊及其他雙殼貝珍珠形成的過程中，同時此類動物其攝食方式是: **(0.25)**
 - a. 團塊攝食
 - b. 過濾攝食
 - c. 液體攝食
 - d. 花蜜攝食

- iii. 珍珠形成的過程可以描述為下列何者的互動... **(0.25)**
 - a. 生物和非生物因子
 - b. 貝殼碎塊和土壤顆粒
 - c. 非生物因子和土壤顆粒
 - d. 生物因子和軟體動物的殼

- iv. 做為水生無脊椎動物，蛤蜊及其他雙殼貝氣體交換是用... **(0.25)**
 - a. 肺
 - b. 皮膚
 - c. 鰓
 - d. 嘴

- v. 考量下列食物鏈: (0.25)

浮游生物 → 雙殼貝 → 海星 → 海獺 → 海豚

海豚習慣攝食大型魚類，但是由於過度取食，海豚轉為取食海獺。如果取食大型魚類持續發生，對於雙殼貝的結果為何

- a. 雙殼貝族群密度將上升
 - b. 雙殼貝族群密度將下降
 - c. 對雙殼貝族群密度無明確影響
 - d. 海豚改取食雙殼貝
- vi. 許多軟體動物作為許多脊椎動物的食物，例如海星、魚類、鳥類及海鷗。軟體動物與海鷗的關係為何? (0.25)
- a. 互利共生
 - b. 掠食
 - c. 片利共生
 - d. 寄生

Part 3:

鉻合金鋼製造的懸索和線，用於許多領域，如建築起重機，電梯和運動器材。

- i. 計算導致長度 2.0 米、橫截面面積 2.0mm^2 的鉻鋼絲增長 0.5mm 時，掛在繩子上的重量為何？已知楊氏模數 Y 是 220 GPa。(0.5)
- ii. 鉻鋼合金的兩根電纜長度比為 1:3，直徑比為 3:1，如果它們被相同的力拉伸，其長度增加的比為何？(0.5)
- iii. 具有楊氏模數 Y ，線性膨脹係數 α 的鉻鋼合金棒夾在兩個剛體支撐物之間。如果合金棒的長度為 L ，橫截面面積 A ，若其溫度增加 ΔT ，寫出合金棒對支撐物施加的力。以 ($Y, A, L, \alpha, \text{ and } \Delta T$) 表之。忽略由於熱量而導致的橫截面面積的變化。(0.5)

【完】