



IJSO 2019

DOHA, QATAR

16th International Junior Science Olympiad

理論題測驗試題

December 7th, 2019

考試規則

1. 你不可以攜帶任何個人物品進入試場，除了水壺、個人所需要的醫藥用品或被認可的個人醫療設備。
2. 你必須坐在指定的位置。
3. 檢查大會提供的文具（筆、計算機和計算紙）。
4. 在“START”的訊號出現之前不可以開始作答。
5. 在考試期間，你不可以離開考場，除非有緊急狀況並在指導委員/工作人員/監考人員的陪同之下。
6. 如果你需要去上廁所，請舉起你的手。
7. 不可以干擾其他競賽者，若需要協助請舉手並且等待指導委員來協助。
8. 不可以討論試題。你必須留在你的位置上，直到考試結束，即使你已經完成作答。
9. 考試時間終了的時候，你將會聽到“STOP”的訊號，在這個訊號之後就不能在答案卷上書寫任何東西。將試題卷、答案卷及文具(筆、計算機和計算紙)整齊的放在你的桌面上，在全部的答案卷收齊之前不可離開試場。

考試說明

1. 在“START”的訊號之後，你會有 4 個小時的時間來作答。
2. 只可使用大會所提供的筆和鉛筆。
3. 在答案卷上寫下你的姓名、編號、國家名稱並在每一頁答案卷上簽名。如果你沒有答案卷，舉起你的手。
4. 試題總共有 27 頁，包含封面。如果你發現有任何缺頁，舉起你的手。
6. 只有答案卷會被評分。為了避免寫錯，在你把答案寫在答案卷之前，可以使用所提供的計算紙。
7. 各題的配分標示在題目上。
8. 總共有 5 題，每題各包含 3 個部分的題目，檢查考卷的頁數是否完整，如果你發現有任何缺頁，舉起你的手。
9. 第 4 和 5 頁提供了作答的有用資訊。
10. 一定要寫出你的計算過程，如果你沒有寫出計算過程，該題目就沒有分數。
11. 在你最後的答案要寫下合適的有效數字。

一般資訊

常數	
Acceleration due to gravity 重力加速度	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Universal gas constant 理想氣體常數	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$
Refractive index of air 空氣折射率	$n = 1$
Avogadro's constant 亞弗加厥常數	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Speed of light 光速	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Planck's constant 普朗克常數	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Specific heat capacity of water 水的比熱	$c_w = 4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Pressure 壓力	$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa}$
Density of water 水的密度	1 g/mL

IUPAC Periodic Table of the Elements

IUPAC Periodic Table of the Elements

1																	18																																																																
1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 He helium 4.0026																																																																
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122	Key: atomic number Symbol name atomic weight standard atomic weight										13	14	15	16	17																																																																	
11 Na sodium 22.990 [22.989, 22.991]	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974 [30.973, 30.975]	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948	19 K potassium 39.098 [39.096, 39.100]	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956 [44.955, 44.957]	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922 [74.921, 74.923]	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.901, 79.907 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)	37 Rb rubidium 85.468 [85.468, 85.469]	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 98	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29	55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids		72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon	87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids		104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

Key:
atomic number
Symbol
name
conventional atomic weight
standard atomic weight



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

57 La lanthanum 138.91 [138.91, 138.91]	58 Ce cerium 140.12 [140.12, 140.12]	59 Pr praseodymium 140.91 [140.91, 140.91]	60 Nd neodymium 144.24 [144.24, 144.24]	61 Pm promethium 145 [145, 145]	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96 [151.96, 151.96]	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93 [158.93, 158.93]	66 Dy dysprosium 162.50 [162.50, 162.50]	67 Ho holmium 164.93 [164.93, 164.93]	68 Er erbium 167.26 [167.26, 167.26]	69 Tm thulium 168.93 [168.93, 168.93]	70 Yb ytterbium 173.05 [173.05, 173.05]	71 Lu lutetium 174.97 [174.97, 174.97]	103 Lr lawrencium 260 [260, 260]	102 No nobelium 259 [259, 259]	101 Md mendelevium 258 [258, 258]	100 Fm fermium 257 [257, 257]	99 Es einsteinium 252 [252, 252]	98 Cf californium 251 [251, 251]	97 Bk berkelium 247 [247, 247]	96 Cm curium 247 [247, 247]	95 Am americium 243 [243, 243]	94 Pu plutonium 244 [244, 244]	93 Np neptunium 237 [237, 237]	92 U uranium 238.03 [238.03, 238.03]	91 Pa protactinium 231.04 [231.04, 231.04]	90 Th thorium 232.04 [232.04, 232.04]	89 Ac actinium 227 [227, 227]
--	---	---	--	--	--	---	--	--	---	--	---	--	--	---	---	---	--	--	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--	--

在”開始”的訊號之前
不可翻到下一頁。

QUESTION 1**Part 1:**

卡達是生產天然氣的最重要國家之一，天然氣是由海洋生物死亡、沉入海底並被沉積物覆蓋形成的，大多數死亡生物在被沉積物覆蓋之前已經腐爛，但是，其中一些與其他沉積物一起被掩埋。隨著時間的推移，沉積物越來越多，溫度逐漸升高，如果溫度上升的模式恰到好處，那麼一些死亡的生物就會轉變成天然氣和石油。



Qatar Gas LNG Tanker

<http://www.qatargas.com/english/operations/qatargas-chartered-fleet>

- i. 請寫出一個天然氣（CH₄）完全燃燒的平衡方程，已知產物也為氣體時燃燒焓為 -802.3 kJ / mol ? **(0.25)**
- ii. 將 60.0 mL 水從 25.0°C 升高到 40.0°C，需甲烷燃燒釋放多少能量？ **(0.5)**
- iii. 根據下表；計算 C-H 的鍵焓(Bond enthalpy)： **(0.5)**

	O=O	O-O	H-O	C-O	C=O
Bond enthalpy(kJ/mol)	498	142	464	358	841

Part 2:

在規模，服務和可靠性方面，卡達天然氣公司是一家獨特的全球能源運營商。該公司運營 14 個液化天然氣（LNG）廠，年總生產能力為 7700 萬噸。這使卡達天然氣成為世界上最大的液化天然氣生產商。

液化天然氣製程:

液化的第一步是從氣體中分離冷凝物。分離出的冷凝物被送到等待儲存的出口。然後天然氣流向液化系統，以加工成液化天然氣，在此過程的第一階段中，先分階段除去了硫化物，二氧化碳和水，然後使用丙烷 C_3H_8 冷卻。

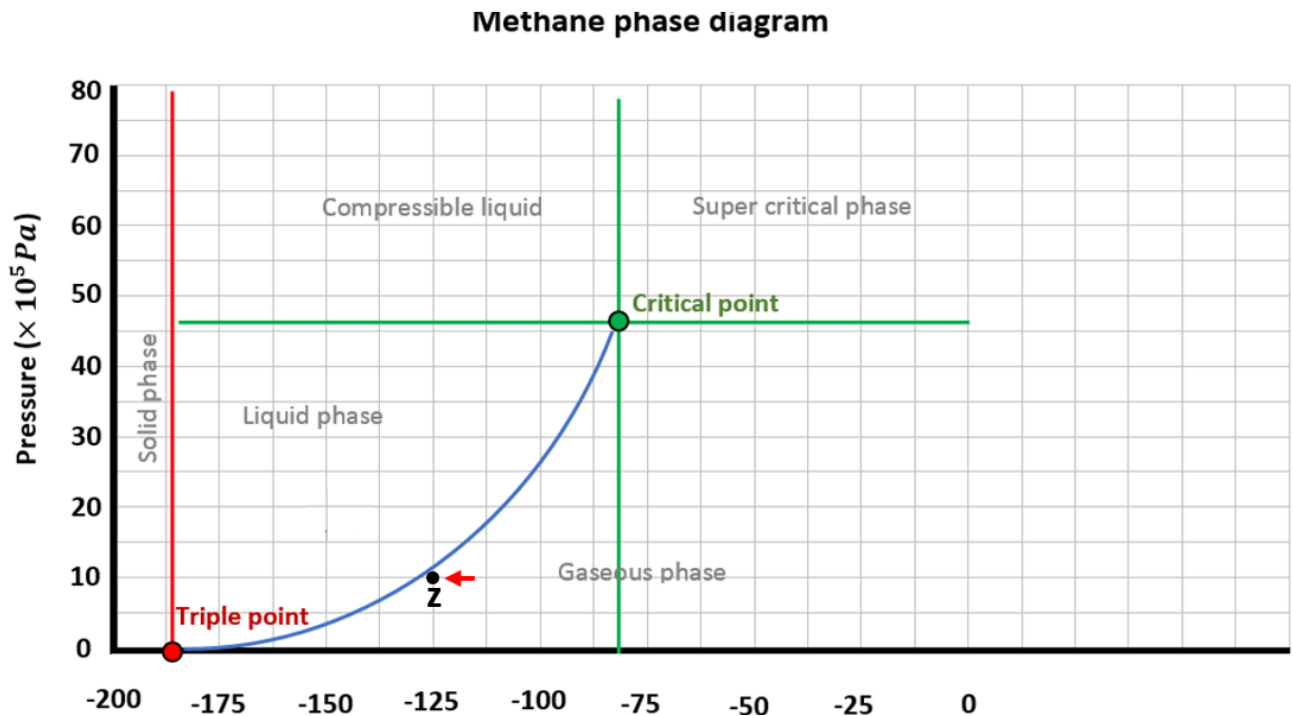
分離出重質烴，然後分餾成液化石油氣（LPG）和工廠冷凝液。然後，各列中的低溫主熱交換器將氣體冷卻到大約（ $-150^{\circ}C$ ），在此過程中將其液化。最後，當壓力降低到幾乎為零時，溫度降低到（ $-162^{\circ}C$ ），除去氮氣，在裝載到 LNG 容器之前，將 LNG 轉移到一個儲罐中。

氣體液化的主要目的是減少其的體積，使運送全球的過程變得容易有效。

此題是要看液化過程可使氣體體積減少的程度

一容器中裝有溫度為 $3.10 \times 10^2 \text{ K}$ 且壓力為 101 kPa 的氣體。

- i. 假設是理想氣體，求出 1.25 mol 氣體在容器中佔據的體積，以 m^3 為單位。 **(0.25)**
- ii. 假設在（i）題中的氣體分子可以近似為直徑為 $2.50 \times 10^{-10}m$ 的小球體，求該氣體分子所佔體積的比例。 **(0.5)**
- iii. 假設（i）題容器中的氣體是主要是甲烷，請使用下面的相變圖來計算圖上 Z 點（箭頭所示）在將液化前相對於（i）的體積變化百分比。 **(0.5)**



Part 3:

分解作用是協助物質循環的重要生物過程。此過程的速度取決於三個主要的因素:土壤中的生物、物理環境、有機物質的特性。分解者將死亡的有機體分解為簡單的化合物，下列是與分解過程相關的問題。

i. 下列何者不是分解過程中釋出的產物: (0.25)

- a. 二氧化碳(CO_2)
- b. 植物營養
- c. 再合成的有機碳化合物
- d. 氧 (O_2)

ii. 極端高溫可以減緩分解過程的原因是...(0.25)

- a. 酵素構形改變
- b. 酵素胺基酸序列改變
- c. 酵素活化能提高
- d. 提高酵素分子與反應物的結合力

iii. 下列哪些為影響分解的重要因子?選擇三個，並在答案卷中指出，若該因子為重要因子打(+)，若非重要因子打(0)(三個都對得 0.25 分)

- a. 溫度

- b. 氮
- c. 水
- d. 磷
- e. 氧
- f. 二氧化碳
- g. 光

因子	a	b	c	d	e	f	g
+/-							

iv. 在生態系中，能量流動以及物質循環的速度可以決定生態系的產量以及生物多樣性。下列哪一種生物體在此兩個過程都有效：(0.25)

- a. 蘑菇
- b. 駱駝
- c. 椰棗樹
- d. 昆蟲

v. 在食物鏈中生物放大作用使有毒化學物質累積，影響食物鏈上層所有的動物，生物放大作用通常發生在具有什麼特性的化學物質(0.25)

- a. 不容易降解及溶解於脂肪
- b. 不容易降解及溶解於水
- c. 容易降解及不溶解於水
- d. 容易降解及不溶解於脂肪

vi. 有一學生分別將兩個蘋果放置在玻璃杯中；其一放在空杯中，另一放在裝有蜂蜜的杯中。兩個玻璃杯都放置在空氣中讓蘋果腐壞。經過一個月，學生發現放在空杯中的蘋果被多種微生物感染，同時另一浸漬在蜂蜜中的蘋果外觀還完整沒有任何感染。

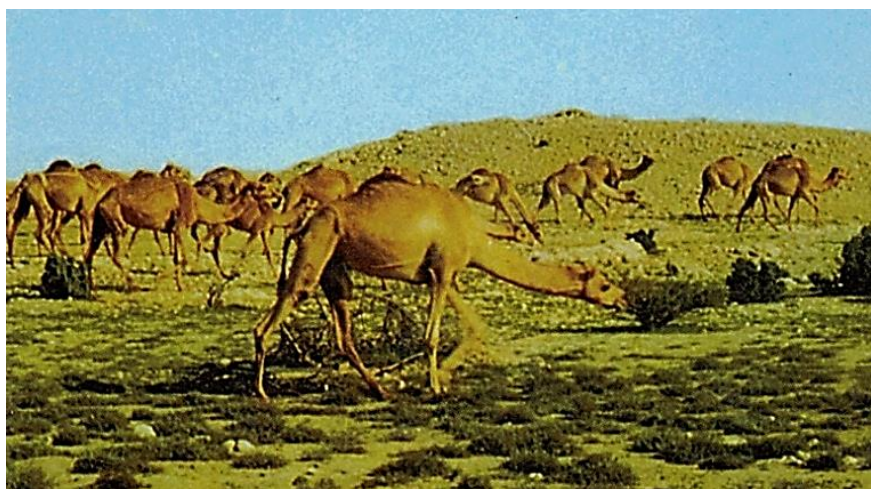
推測觀察到結果的原由是.... (0.25)

- a. 高濃度的糖導致細菌細胞壁的化學破壞
- b. 低濃度的營養給微生物生長
- c. 氧濃度低至百分之零
- d. 因為蜂蜜中高濃度的糖導致高滲透勢使微生物無法生長

QUESTION 2**Part 1:**

駱駝是卡達文化遺產與沙漠傳統的一部分。在汽車和其他交通工具進入之前，它們是卡達地區唯一的交通工具。有趣的是“駱駝”一詞源自阿拉伯語“Jamal”。駱駝可以在非常惡劣的氣候和環境中生存，並在生理上適應沙漠生活。

阿拉伯駱駝只有一個駝峰與亞洲駱駝有兩個駝峰不同。駝峰儲存脂肪硬脂精（分子量= 890 g / mol），如果食物不足，駝峰會提供營養，因為脂肪的氧化會產生水和能量。

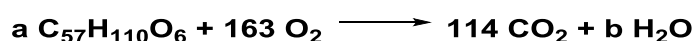


Arabian Camels Grazing in Qatar Desert

(Copyright Hala Al-Easa)

硬脂精是一種典型的動物脂肪，在燃燒 4.45 克硬脂精後，會產生 12.51 克二氧化碳和 4.98 克水。但是，有一種僅含碳和氫的未被發現過的新有機化合物（QI）從硬脂精和 QI 的混合物中分離出來並進行分析。當分離製備出 4.67 g 的純 QI，取一小部分在過量的氧氣中燃燒時，會產生 151.2 mg 的 CO₂ 和 69.62 mg 的 H₂O，在 25.0°C 和 1.00 atm 時，QI 的蒸氣密度為 4.668 g / L。在對 QI 與三硬脂精如何相互作用進行任何測試之前，我們需要測定純化出的 QI 化合物的分子式。

- 求出 QI 的分子式？(2.0)
- 如果駱駝在新陳代謝過程中燃燒儲存的脂肪硬脂精，如以下方程式所示，求出當中的反應係數（a，b）。(0.5)



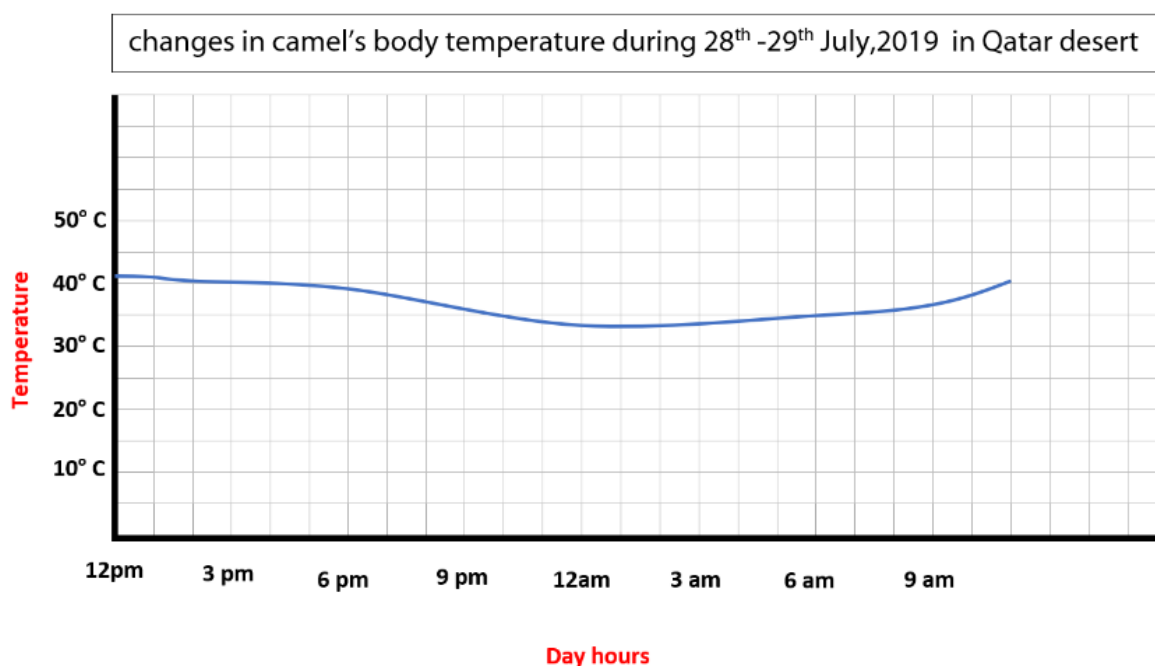
- iii. 駱駝有許多適應能力，可以應對炎熱和乾旱的沙漠條件。其中包括長時間不喝水的能力以及非常快速地喝大量水的能力。典型的駱駝可以在三分鐘內喝 200 升（53 加侖）的水。在一個高峰夏季的期間，駱駝透過硬脂精的氧化，可以利用駝峰中儲存的脂肪產生 3.8 升水，請計算硬脂精的質量與所產生的 ATP 分子數(number of ATP molecules)，假設一莫耳硬脂精產生 458 莫耳 ATP。(1.0)

Part 2 :

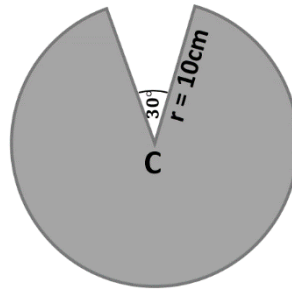
駱駝能承受相對較大的體溫變化。這使得駱駝可在環境溫度升高時，不排汗來保留水分。此為存活於旱區的重要特質。下圖為卡達沙漠中駱駝一天中典型的體溫的平均變化。

- i. 如果駱駝像人一般，使用排汗作為保持體溫恆定的機制，一隻 5.50×10^2 kg的駱駝為了在中午12點降低體溫到一天中的最低體溫，必須排汗的最大水量為何？(以公升為單位) 假設保持溫度的唯一方法是汗水蒸發。(0.5)

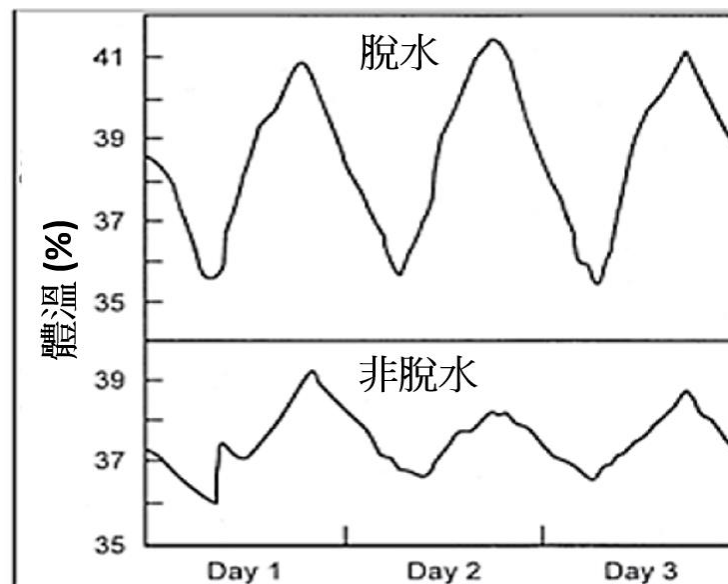
(注：哺乳動物的比熱約為 3.48×10^3 J/kg.K，在最低溫度下水汽化的潛熱為 2.42×10^6 J/kg)



- ii. 駱駝腳的結構為適應沙漠生活，分開遠可免陷入流沙，且每一隻腳的寬平表面可減少作用於沙地的壓力而防止沉入沙中。若駱駝腳的模型如下圖，計算沙地由於駱駝重量而承受的壓力。使用上題中駱駝的質量。(0.5)

**Part 3:**

如下圖所示，1 隻脫水和 1 隻非脫水的駱駝，在一天當中，體溫會有多達攝氏數度的波動，這可防止水分因蒸發作用而流失。此項機制可讓駱駝獲得約 2,900 kcal 的熱，使得 5 公升的水得以保留。日間貯存的熱得以在夜間消散(因而造成了劇烈的體溫波動) (Schmidt-Nielsen, 1997)。



脫水和非脫水駱駝的體溫波動 (Schmidt-Nielsen, 1997)

i. 依據上圖，何種狀態下體溫的波動較大？ (0.25)

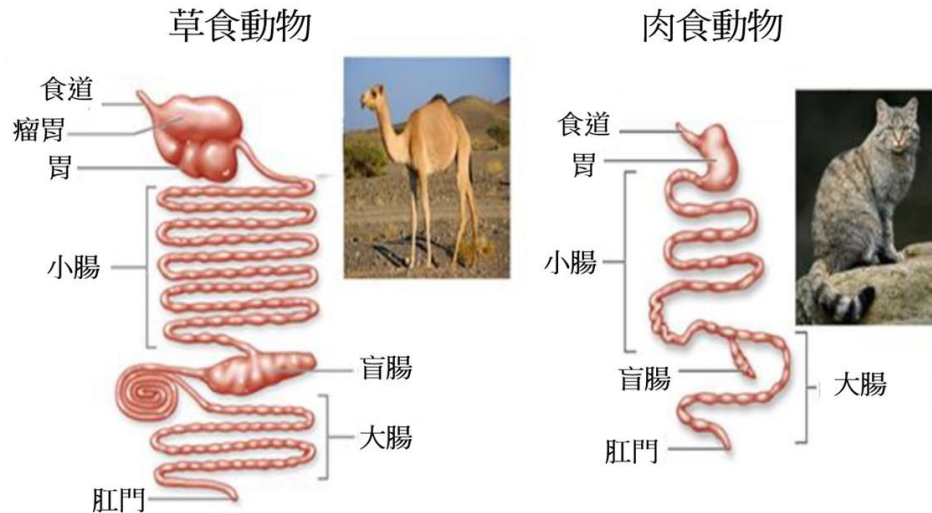
- a. 非脫水
- b. 脫水

ii. 在駱峰內分解飽和性脂肪後，會得出哪些產物？ (0.5)

- a. 脂肪酸、甘油
- b. 水、脂肪酸、葡萄糖
- c. 脂肪酸、胺基酸、二氧化碳
- d. 只有水

iii. 夏天時，駱駝毛會變厚且顏色變淺，牠也擁有纖細的腿，這些將有助於？... (0.25)

- a. 將來自沙子的大量幅射熱，隔阻在身體之外。
- b. 駱駝在沙漠中長時間步行
- c. 提供降溫方式，以調節體溫
- d. 以上皆對



上圖呈現草食和肉食動物的消化系統構造，例如卡達沙漠地區的亞拉伯駱駝及山貓。駱駝是一種草食動物，會嚼食青草及帶刺的植物；山貓則是肉食動物，會獵食啮齒類及小型哺乳類動物，山貓現被認定為瀕危物種。

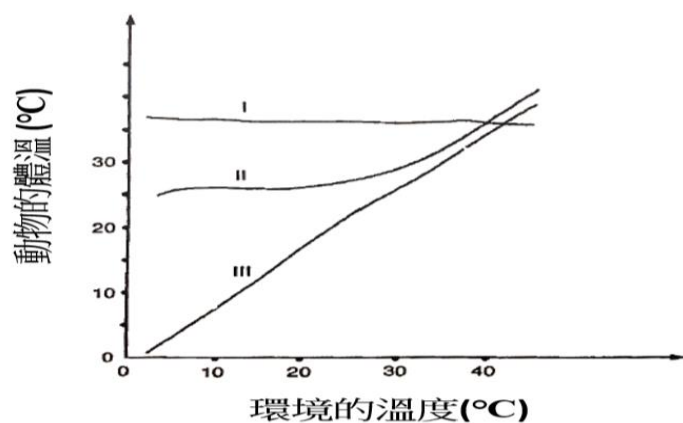
iv. 哪一個消化系統構造，可幫助貯存及消化粗糙及帶刺的食物？ (0.25)

- a. 食道
- b. 瘤胃
- c. 大腸
- d. 盲腸

v. 與肉食動物相比，草食動物的盲腸較大，因它有助於？... (0.25)

- a. 消化蛋白質
- b. 貯存糞便.
- c. 分解纖維素
- d. 分解脂肪

vi. 某實驗監測三種生物，在不同的環境溫度下的體內溫度，結果如下圖。



根據上圖，以及你習得的體溫調節知識，判別下列敘述何者錯誤？(0.5)

- 生物-I 可能是一隻鳥
- 當環境溫度處於 20°C 至 25°C 之範圍時，生物-II 可能會流汗或喘氣
- 當環境溫度處於 5°C 至 20°C 之範圍時，生物-II 體溫呈現變溫狀態
- 生物-III 可能是一條蛇

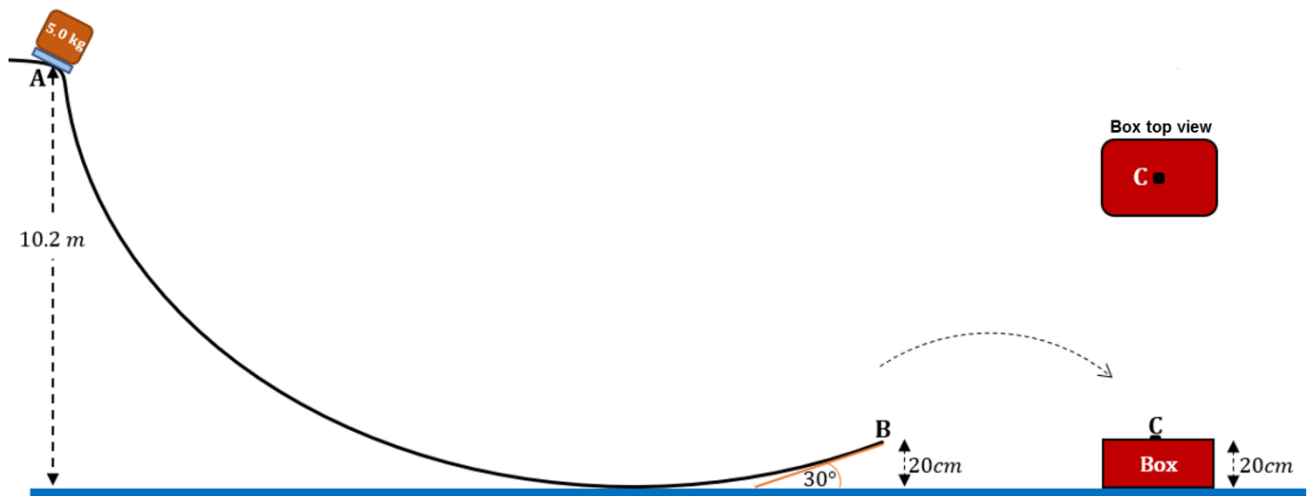
QUESTION 3

Part 1:

如圖所示，將 5.00 kg 的立方體木塊，從位置 (A) 點靜止釋放，使其沿粗糙軌道滑動到 (B) 點。為了減小木塊與粗糙軌道之間的摩擦力，將溫度 -5.00°C 且質量非常小 (0.500 g) 的薄冰附著在木塊底部。當運動到 (B) 點時，附著的冰恰完全融化，木塊進入空氣中移動。如果需要在遠離軌道上點 (B) 的點 (C) 放置盒子，以使木塊完全落在如圖所示的點 (C) 盒中。假設冰不與空氣和木塊進行熱交換，且不受空氣阻力，做以下計算：

- 木塊從 (B) 點到 (C) 點所花費的時間。 (1.0)
- 木塊上的點 (C) 到點 (B) 的距離。 (0.5)
- 木塊從點 (B) 到點 (C) 的過程中離地的最大高度。 (0.5)

注意：冰的比熱是 $2090 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ 。 0°C 時水的潛熱為 $3.33 \times 10^5 \text{ J/kg}$ 。



Part 2:

考慮質量 0.10 kg，溫度為 -255°C 的乾冰（固體 CO_2 ）。

i. 乾冰的冰點為 -78.5°C ，低於水的冰點 0°C 。下列陳述，何者最能使此事實合理化？（0.25）

- a. 乾冰沒有淨偶極矩，產生偶極-偶極交互作用
- b. 乾冰和水都具有倫敦分散力，但乾冰中的力較強，導致冰點降低
- c. 固體水是極性的，僅具有偶極-偶極交互作用
- d. 乾冰和固體水都具有極性鍵，倫敦分散力(凡得瓦爾力)，但僅固體水中有氫鍵

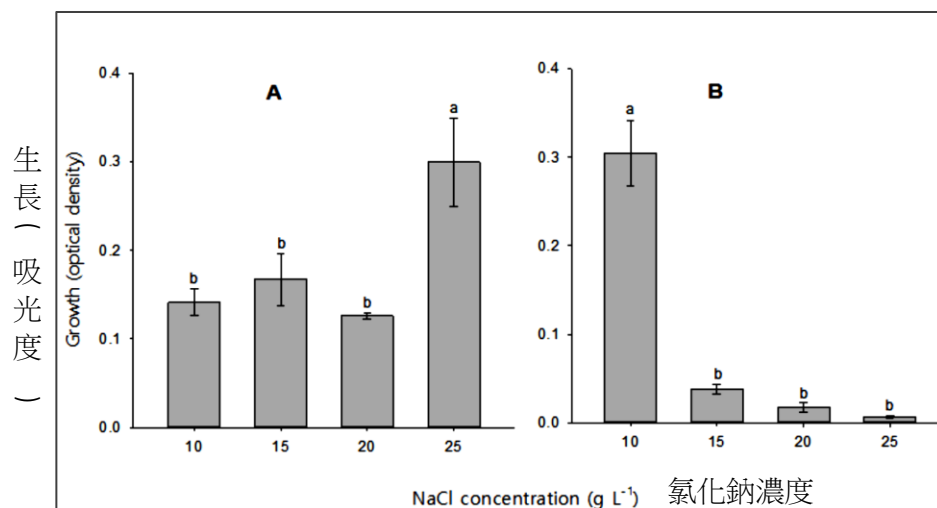
ii. 假設將溫度 -5.00°C ，0.500 g 的冰塊加熱到 150°C ，從而獲得 1559 J 的熱能，求冰與水蒸氣的比熱的比值。（1.0）

考慮 100°C 時水蒸發的潛熱為 $2.256 \times 10^6 \text{ J/kg}$

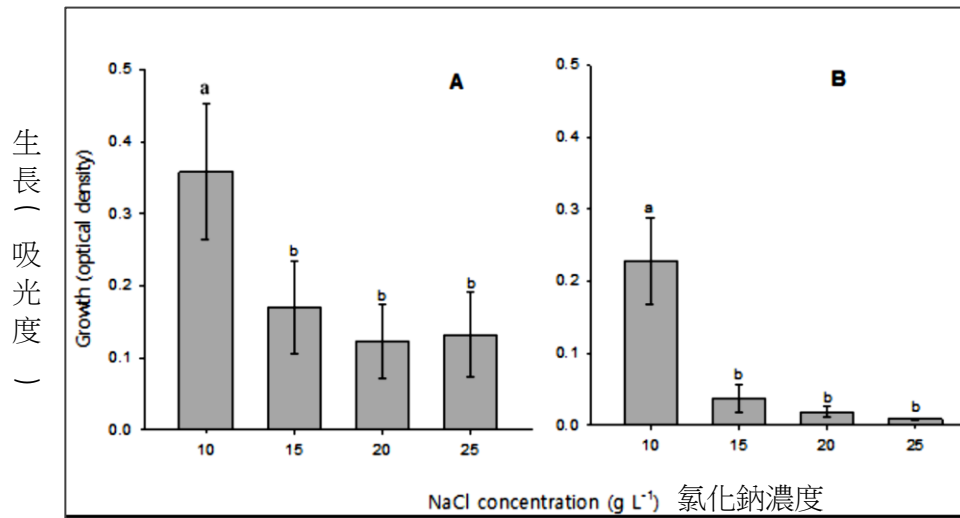
注意：冰的比熱是 $2.09 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。 0°C 時水的潛熱為 $3.33 \times 10^5 \text{ J/kg}$ 。

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)



Bacillus infantis (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)

- a. NaCl濃度
- b. 細菌菌株
- c. 細菌生長(吸光度)
- d. 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)

- a. 正確
- b. 錯誤

iii. 根據上圖中具顯著性的結果，下列何者錯誤(1.0)

- a. 有汞時，*A. schindleri*的生長看似被15, 20 or 25 g L⁻¹ NaCl抑制
- b. 無汞時，*A. schindleri*的生長，25 g L⁻¹顯著較低濃度的NaCl較快
- c. 整體上，兩種菌在無汞時都生長較好
- d. *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

- a. i and iii.
- b. iii and iv.
- c. 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)
- a. 於實驗室研究細菌在不同溫度下的存活率
 - b. 於實驗室研究細菌在不同濕度下的存活率
 - c. 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
 - d. 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)
- a. 新生長的細菌將失去其適應能力，不再對汞具有耐受性
 - b. 此細菌將維持其適應能力並將繼續對汞有耐受性
 - c. 新生長的細菌可能失去其適應能力，但對汞仍具有耐受性
 - d. 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)
- a. 物種 Y.
 - b. 物種 Z.
 - c. 物種 X.
 - d. 都含有相同毒性

QUESTION 4

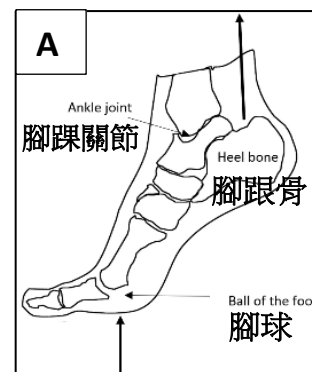


**FIFA WORLD CUP
Qatar 2022**

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

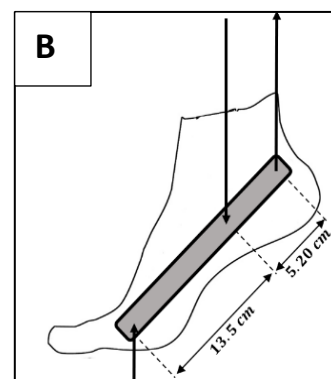


i. 具體張力：球員被要求盡可能提高身體，以一隻腳的腳球平衡，如圖（A）所示。

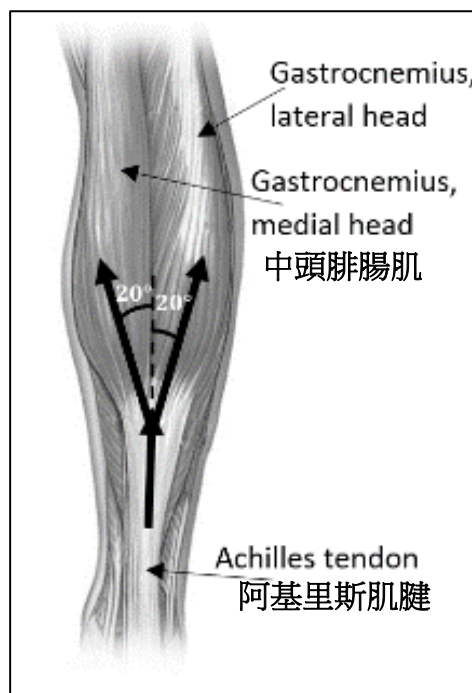
a. 如果球員僅單腳站立，腳跟上阿基里斯肌腱上的力是多少？

將所有腳骨視為一個剛體，如圖（B）所示。忽略腳骨的重力。（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）



側頭腓腸肌

中頭腓腸肌

阿基里斯肌腱

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似的人類脛骨。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.elpasochiropactorblog.com/2017/07/soccer-shin-](https://www.elpasochiropactorblog.com/2017/07/soccer-shin-)

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:

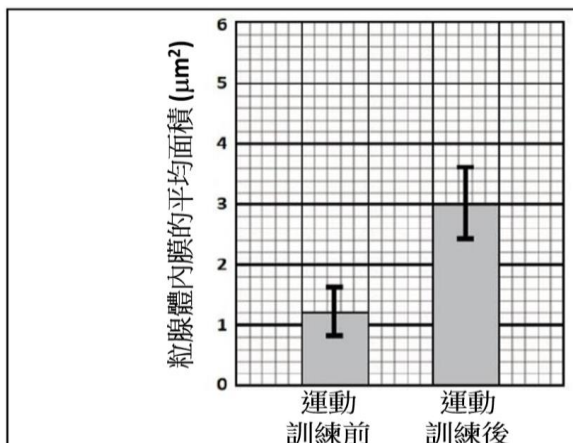
運動員常在運動時發生肌肉疲乏，使得肌肉產生力量的能力變弱。造成肌肉疲乏有兩種主要原因，(1) 神經性：因神經元本身的限制，因而不能產生一個持續的訊號。(2) 代謝性：是較常見的原因，源自肌肉收縮能力的減少。

- 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)
- a. 由於收縮過度、造成肌肉缺氧，而轉換成無氧呼吸
 - b. 肌肉血液循環(血流) 減少
 - c. 極端的天氣條件
 - d. 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。

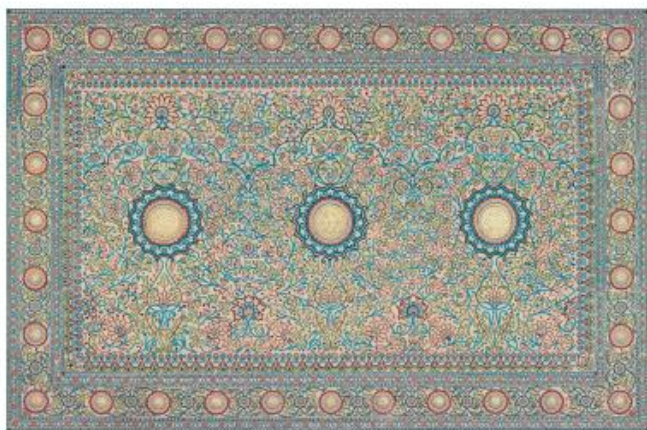


下列何者是運動訓練後的變化之最佳解釋(0.5)

- 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:**

i. 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.

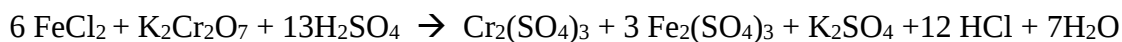
i. 在修復 Baroda 地毯的過程中，實驗室元素分析發現了一種未見過的菱鋅礦石（ ZnCO_3 ）與珍珠成分混合，當菱鋅礦和僅含 CaCO_3 的珍珠固體混合物加高熱時，放出二氧化碳氣體，得到 ZnO 和 CaO 的固體混合物，如果 30.00 g 的 ZnCO_3 和 CaCO_3 的混合物樣品產生 12.00 g 的 CO_2 ，請寫出平衡化學方程式並算出原始混合物中的新菱鋅礦的重量百分比是多少，請注意有效數字？(2.0)

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：



- 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)
- i. 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 $\text{Cr}^{+3/0} = -0.74\text{V}$ ，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)

結束