

2019 年第十六屆國際國中科學奧林匹亞競賽

--理論題試題(上)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

時間：3 小時

分數：30 分

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	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm}/\text{mol} \cdot \text{K}$
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	$c_w = 4.18 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$
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

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	18 He helium 4.0026				
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]		4 Be beryllium 9.0122		Key: atomic number Symbol name elemental atomic weight standard atomic weight												13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.999, 16.003]	17 F fluorine 18.998 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990		12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.086 [28.084, 28.089]	15 P phosphorus 30.974	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	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	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	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)				
37 Rb rubidium 85.468	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	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 [200.59, 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 oganeson				
57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97							
89 Ac actinium 227.04	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium							



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(CH_4)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。

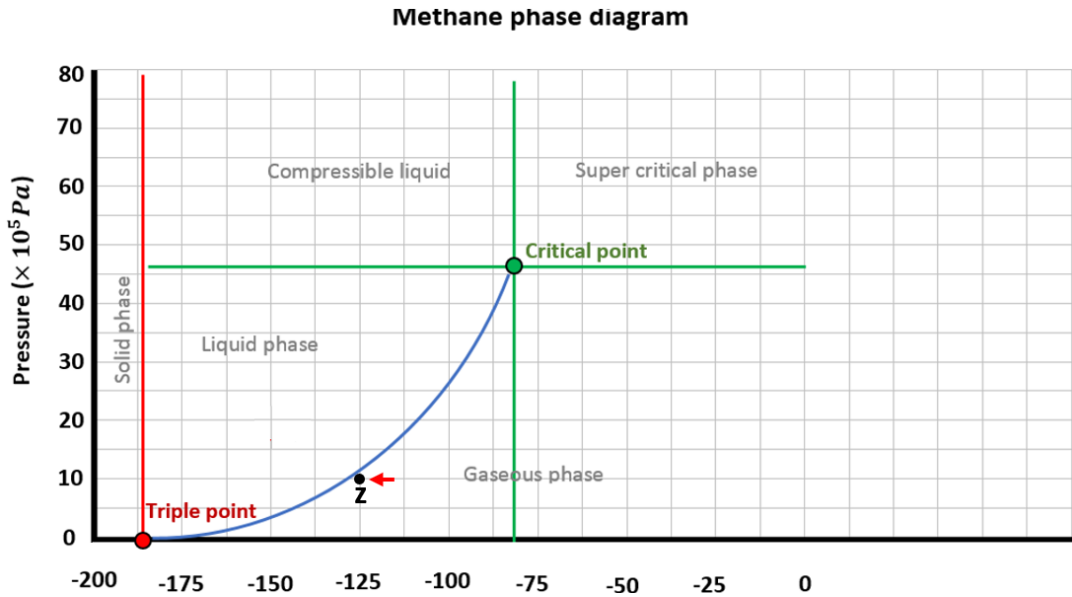
分離出重質烴, 然後分餾成液化石油氣 (LPG) 和工廠冷凝液。然後, 各列中的低溫主熱交換器將氣體冷卻到大約 (-150°C), 在此過程中將其液化。最後, 當壓力降低到幾乎為零時, 溫度降低到 (-162°C), 除去氮氣, 在裝載到 LNG 容器之前, 將 LNG 轉移到一個儲罐中。

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 $2.50 \times 10^{-10} \text{ m}$ 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
b. 氧	f. 二氧化碳	g. 光	

因子	a	B	c	d	e	f	g
+ / 0							

- 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)**
- 蘑菇
 - 駱駝
 - 椰棗樹
 - 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)**
- 不容易降解及溶解於脂肪
 - 不容易降解及溶解於水
 - 容易降解及不溶解於水
 - 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)

- 高濃度的糖導致細菌細胞壁的化學破壞
- 低濃度的營養給微生物生長
- 氧濃度低至百分之零
- 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。

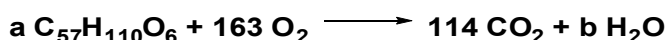


Arabian Camels Grazing in Qatar Desert

(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。

- i. 求出 QI 的分子式？(2.0)
- ii. 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)

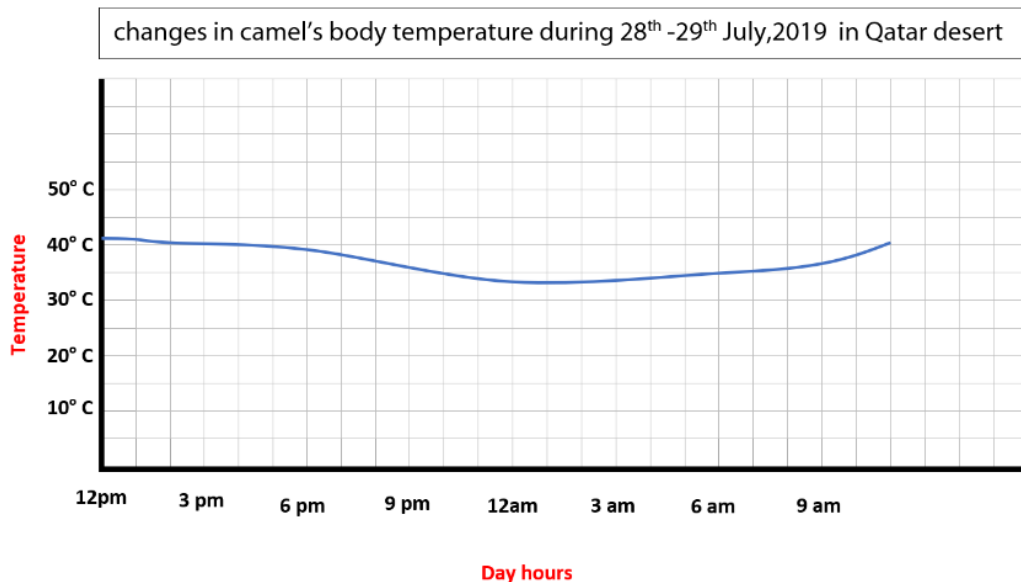
Part 2 :

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。

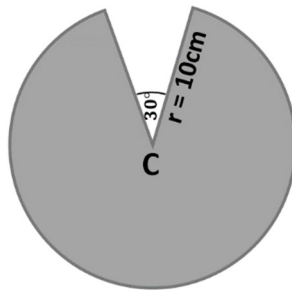
- i. 如果駱駝像人一般，使用排汗作為保持體溫恆定的機制，一隻 5.50×10^2 kg 的駱駝為了在中午 12 點降低體溫到一天中的最低體溫，必須排汗的最大水量為何？(以公升為單位)

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)

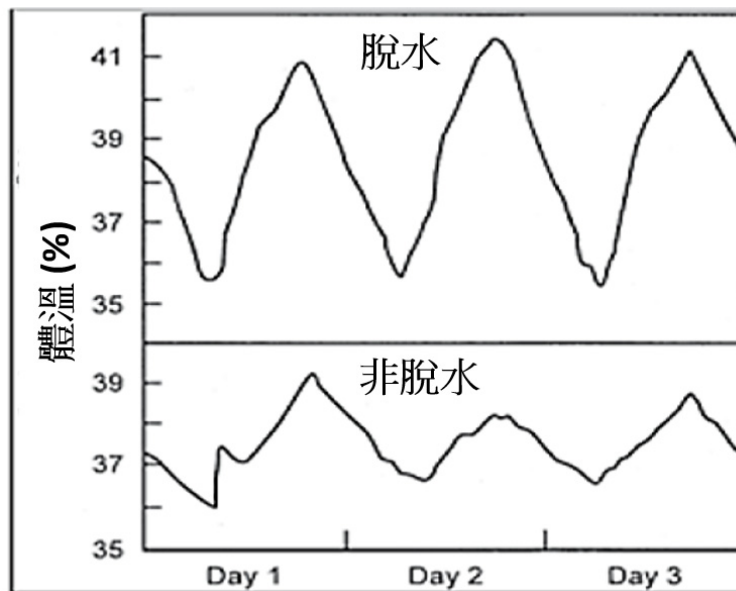


- ii. 駱駝腳的結構為適應沙漠生活，分開遠可免陷入流沙，且每一隻腳的寬平表面可減少作用於沙地的壓力而防止沉入沙中。若駱駝腳的模型如下圖，計算沙地由於駱駝重量而承受的壓力。使用上題中駱駝的質量。(0.5)



Part 3:

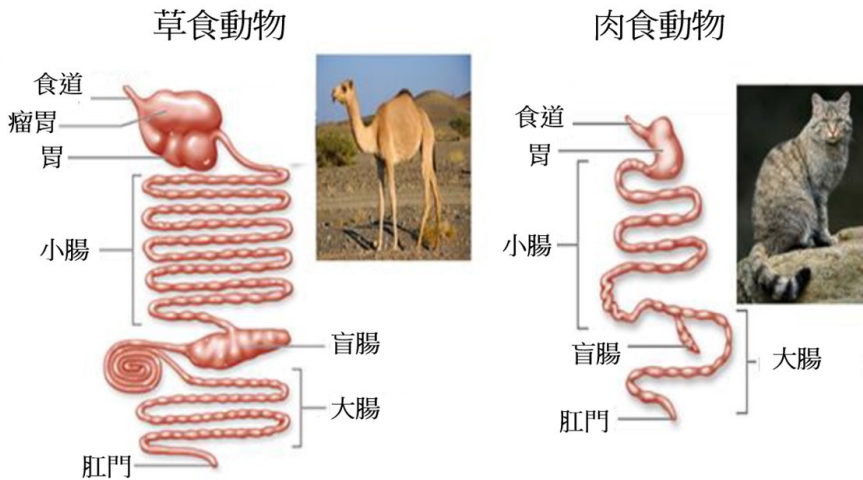
如下圖所示，1 隻脫水和 1 隻非脫水的駱駝，在一天當中，體溫會有多達攝氏數度的波動，這可防止水分因蒸發作用而流失。此項機制可讓駱駝獲得約 2,900 kcal 的熱，使得 5 公升的水得以保留。日間貯存的熱得以在夜間消散(因而造成了劇烈的體溫波動) (Schmidt-Nielsen, 1997)。



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. 在駝峰內分解飽和性脂肪後，會得出哪些產物？(0.5)
- 脂肪酸、甘油
 - 水、脂肪酸、葡萄糖
 - 脂肪酸、胺基酸、二氧化碳
 - 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)
- 將來自沙子的大量幅射熱，隔阻在身體之外。
 - 駱駝在沙漠中長時間步行
 - 提供降溫方式，以調節體溫
 - 以上皆對

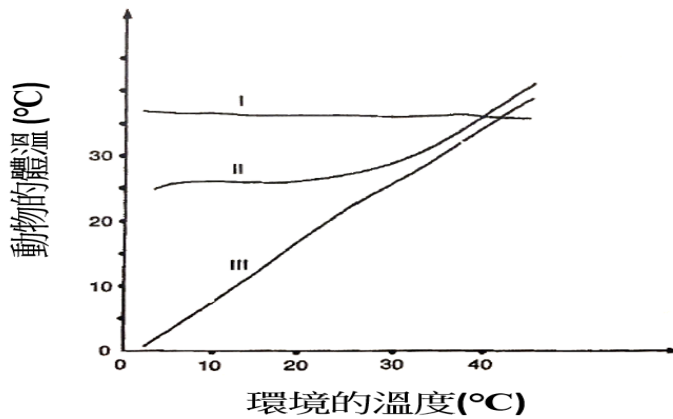


上圖呈現草食和肉食動物的消化系統構造，例如卡達沙漠地區的亞拉伯駱駝及山貓。駱駝是一種草食動物，會嚼食青草及帶刺的植物；山貓則是肉食動物，會獵食嚙齒類及小型哺乳類動物，山貓現被認定為瀕危物種。

- 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)
- 食道
 - 瘤胃
 - 大腸
 - 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)

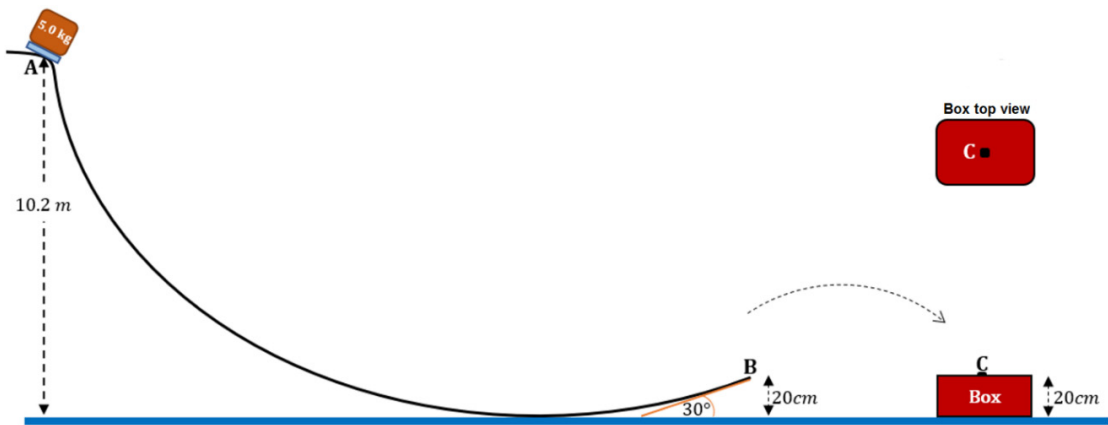
- a. 生物-I 可能是一隻鳥
- b. 當環境溫度處於 20°C 至 25°C 之範圍時，生物-II 可能會流汗或喘氣
- c. 當環境溫度處於 5°C 至 20°C 之範圍時，生物-II 體溫呈現變溫狀態
- d. 生物-III 可能是一條蛇

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：

- i. 木塊從 (B) 點到 (C) 點所花費的時間。(1.0)
- ii. 木塊上的點 (C) 到點 (B) 的距離。(0.5)
- iii. 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 $-5.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， 0.500 g 的冰塊加熱到 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 時水蒸發的潛熱為 $2.256 \times 10^6\text{ J/kg}$

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

【待續】