

2016 年第十三屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --理論試題(1)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

理論試題：

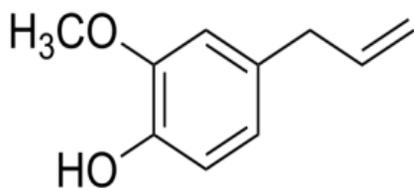
時間：3 小時

分數：30 分

I. 丁香精油與初榨椰子油 (VCO)

丁香酚 (Eugenol) 是一種酚丙烯，在其丙烯鏈上取代一個癒創木酚(圖 I.1(a))。丁香酚是一種苯丙烷類化合物，它是一種無色到淺黃色油狀物(圖 I.1(b))可萃取自丁香、肉豆蔻、肉桂、羅勒、月桂葉的精油之中。它在丁香花蕾油中的含量為 80-90%，在丁香葉油中的含量為 82-88%(圖 I.1(c))，直到近代丁香只生長在摩鹿加群島中的幾個小島，如今印尼、馬達加斯加、桑給巴爾、巴基斯坦與斯里蘭卡為主要的丁香輸出產地。

丁香酚被使用於香水、香料與精油，它也是局部防腐劑與麻醉劑，丁香酚可以與氧化鋅結合形成一種名為氧化鋅丁香酚 zinc oxide eugenol (ZOE) 的礦物，可以用於牙科中的修復與假牙，例如氧化鋅丁香酚可用在根管治療。



(a)



(b)



(c)

圖 I.1. 丁香酚的化學結構(a)，丁香精油(b)，丁香葉與花 (c)

【問題】

I.1 [1.5 分]

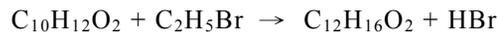
丁香酚(圖 I.1.a)為一單質子弱酸 $K_a = 6.5 \times 10^{-11}$ ，如果 1.64g 的丁香酚(分子量 164 g mol^{-1}) 溶於水中且最終體積為 1 L，請問此溶液的 pH...

I.2 [0.5 分]

由丁香萃取的丁香酚含有元素碳、氫、氧依比例 6.0g 氫、60.0g 碳與 16.0 g 氧，如果一丁香酚樣品已知含有 128.0 g 氧，請計算此樣品所含氫與碳的克數。

I.3 [0.5 分]

一個密閉的反應錐形瓶內含有丁香酚與溴乙烷($\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$)重量為 41.0 g，根據以下反應，在反應後容器內生成乙基丁香醚($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_2$)與溴化氫(HBr)。



請判定反應後內含物質的錐形瓶重量。

I.4 [1.0 分]

丁香酚為一單質子弱酸 $K_a = 6.5 \times 10^{-11}$ ，如果等體積的 0.02 M 丁香酚水溶液與 0.02 M HCl 水溶液，求出混合溶液的 pH 值。

I.5 [1.5 分]

丁香酚 $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ 可與硫酸二乙酯 diethylsulphate, $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{SO}_4$ 進行化學計量比為 1:1 的反應，如果 82.0g 的丁香酚與 115.5g 的硫酸二乙酯混合進行反應，請問當反應完成後，有多少 g 的未反應物質剩下來？(C=12, S=32, O=16, H=1)

初榨椰子油(VCO)是由新鮮成熟(授粉後 12 個月)的椰子果仁經由機械或自然方法，加熱或不加熱的方式達到油質不變所得到的油。初榨椰子油(VCO)是不經過化學精鍊、漂白或除臭等步驟，它可以在天然狀態下使用無需進一步加工。VCO 主要由中等長度碳鏈的三酸甘油酯構成可以抵抗過氧化反應，VCO 中的脂肪酸與動物性的長鏈飽和脂肪酸不相同，VCO 是無色無沉澱且具有天然椰香，不會有油耗味。

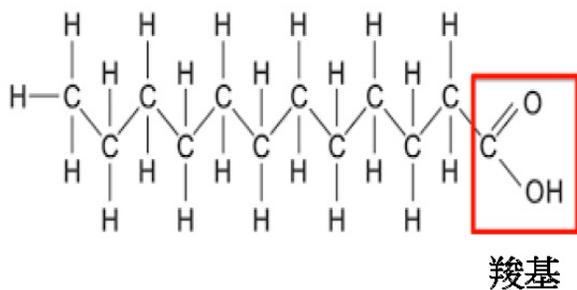


圖 I.2. 月桂酸 (lauric acid)的化學結構 (初榨椰子油 VCO 中含量最豐富脂肪酸)

【問題】

I.6 [1.5 分]

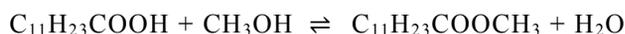
為測定椰子油的酸價，2.0g 的樣品與 30 mL 0.25M 的 KOH 溶液混合，待反應完全後，過量的 KOH 以 0.25M HCl 逆滴定需用 10.0 mL，如果酸價的定義為中和一克物質所需用掉的 KOH 重量(單位：mg)，請計算此樣品的酸價。(K=39, O=16, H=1)

I.7 [1.0 分]

VCO 中主要的飽和脂肪酸分別為月桂酸 lauric acid ($C_{11}H_{23}COOH$)(圖 I.2.)、肉豆蔻酸 myristic acid ($C_{13}H_{27}COOH$)與棕櫚酸 palmitic acid ($C_{15}H_{31}COOH$)，如果以薄層層析法 TLC (thin layer chromatography)來分離這些脂肪酸，將極性吸附劑塗於板上，使用非極性溶劑，請由低到高排序這三個脂肪酸的滯留因子(R_f)。

I.8 [1.5 分]

VCO 中含量最豐富脂肪酸為月桂酸，如果 100g 的月桂酸($C_{11}H_{23}COOH$)與 160mL 甲醇(CH_3OH)反應生成月桂酸甲酯 methyl laurate ($C_{11}H_{23}COOCH_3$)，其反應如下：



如果此反應的平衡常數 $K_{eq} = 0.9$ (H_2O 要包含於平衡常數式中)，計算生成月桂酸甲酯的質量。(C=12, H=1, O=16；甲醇密度= 0.8g/mL)

I.9 [1.0 分]

聚氯乙烯(PVC)常用於製造裝各種液體(例如 VCO)的容器，製造 PVC 的原料 C_2H_3Cl 係根據下列反應： $C_2H_2 + HCl \rightarrow C_2H_3Cl$ 如果 26.0g 的 C_2H_2 與 40.0g HCl 混合，請計

算反應完成後有多少克的 C_2H_3Cl 可以被生成。($H = 1, C=12$ and $Cl = 35$)

II. 水中潛水的物理

潛水是一種水下運動，特別在海面下可享受海中的美景。巴里島有些美麗的潛水點，例如在土浪板(Tulamben)的 USS 自由號沈船(Liberty Wreck)，吉利坦伯宮(Gili Tepekong)，藍夢島(Nusa Lembongan)等。由於潛水在水中有潛在危險，潛水應有教練同行，切勿單獨潛水。

潛水運動分二種

- 1) 裝備潛水(SCUBA diving)，和
- 2) 自由潛水(Free diving)。

裝備潛水是一種水下潛水方式，潛水者在水下使用自我充填水下呼吸裝備(SCUBA)來呼吸。裝備是潛水者身上背著空氣鋼瓶。見圖 II.1.(a)。

而自由潛水則未使用任何複雜裝置。在入水前，自由潛水者在水面上深呼吸，入水後閉氣。見圖 II.1.(b)。



圖 II.1.(a)裝備潛水者在身上背著空氣鋼瓶。(圖片來源：https://en.wikipedia.org/wiki/Scuba_diving)



圖 II.1.(b)自由潛水者不使用空氣鋼瓶。(圖片來源：<http://www.freediveutila.com>)

二種潛水的主要差異整理如下：

- 裝備潛水時，潛水者必須正常呼吸，與在水面上相似，入水後在水下不閉氣。潛水者由鋼瓶吸入空氣，而呼出到水中。
- 自由潛水時，潛水者入後必須閉氣，不呼氣。

此外，二種潛水者為了在水中的舒適，都會使用一些配備，例如：為了有效行動的腿鰭和罩住眼鼻的面具。

在任何狀況下，空氣中、人體肺部或鋼瓶中的所有氣體，皆可視為理想氣體。理想氣體方程式為

$$pV = nRT$$

此處， p = 壓力， V = 體積， n = 莫耳數， R = 氣體常數 = $8.31 \text{ J}/(\text{K mol})$ ， T = 溫度。

當潛水者潛入較深處，水壓隨之增加。為免體內危險，體內(如肺部，鼻腔)的空氣壓力必須和周圍環境的水壓相同。此時潛水者應施行所謂的“平衡”技術，使耳膜內外的壓力相等。

以下是一些物理常數。

- 重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$
- 海水密度 $\rho_{sw} = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $1.00 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

[問題]

II.1 [1.0 分]

若海平面的大氣壓力為 $P_{\text{atm}} = 1.00 \text{ atm}$ ，求在海面下深 20.0 m 處的總壓力為何？

II.2 [2.0 分]

潛水裝備的鋼瓶中，有一可自動調整來自鋼瓶的空氣壓力的特殊閥門，以確保在所有時間，來自鋼瓶的氣壓總是等於水中總壓力。鋼瓶的體積為 $1.50 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 充填著壓力為 150 atm 的壓縮空氣。假設潛水者從鋼瓶的空氣消耗率 r 約為每分鐘 20.0 L ，若潛水者不變地潛在水深 10.0 m 處，計算其最長的潛水時間(以分鐘為單位)。假定潛水期間鋼瓶溫度保持恆定。

II.3 [1.5 分]

由於長時間逗留海中且身體與海水的溫度不同(海水較人體冷)，SCUBA 裝備潛水者為免熱量傳導入海，應該使用特別以 R-值指定質料的潛水服裝。R-值定義為：材料內外部間溫差每相差 1 度，透過每單位面積的質料，所傳导出熱功率的倒數。此處，材料的內外分別是人體和海水。

編號	國際單位
1	$\frac{Jm^2 K}{s}$
2	$\frac{m^2 Ks}{J}$
3	$\frac{s}{Jm^2 K}$
4	$\frac{J}{m^2 Ks}$

II.3.a

由上表，選出 R-值的正確的國際單位。

某些潛水衣質料的 R-值列於下表。最好的潛水衣質料是使人體到海水的總熱轉換儘可能越小越好。

編號	質料名(縮寫)	R-值
1	A	1.0
2	C	3.7
3	G	4.5
4	N	5.5

II.3.b

由以上數據，選出最好的潛水衣質料？

II.4 [1.0 分]

若自由潛水者進入海中深度下降太快，耳膜內部的壓力仍保持在大氣壓力下，而外部壓力隨水深增加而增加。在足夠的深度時，內外的壓力差可使耳膜破裂。只要壓力差達 35.0 kPa，就可使耳膜破裂。求發生此壓力差的海水深度為何？

II.5 [1.0 分]

自由潛水者在潛入海水前，做最後的深呼吸，然後閉氣。假設閉氣後潛水者肺部體積為 6.00 L。假設潛水者平衡技術很好，其肺部內的壓力等於外部的總壓。假設肺

內溫度不變，潛水者 沒有呼出空氣，計算在 30.0 m 深處，潛水者肺部的體積為何？

II.6 [2.0 分]

潛水者由海面靜止釋放一顆石頭，石頭初速為零。石頭掉入水中受到反向的拖曳力可表示為

$$F_a = -bv$$

此處 b 是不隨時間改變的正數， v 是石頭的速度(取向下為正)。之後潛水者發現石頭的終端速度是 $v_t = 8.00\text{m/s}$ 。若石頭的質量與密度依序分別為 $7.50 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 和 $2.60 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ，求 b 的值為何？

II.7 [1.5 分]

潛水者在面下注意到日落即將發生。若水和空氣的折射率依序分別為 1.33 和 1.00，則潛水者所見日光與鉛垂線的最大夾角為何？

(待續)