

2022 年第十九屆國際國中科學奧林匹亞競賽 -- 實驗題試題(上)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

一般資訊

constant	
Acceleration due to gravity	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Universal gas constant	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$
Refractive index of air	$n = 1$
Avogadro's constant	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Speed of light	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Planck's constant	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Specific heat capacity of water	$c_w = 4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Periodic Table of the Elements

1 H Hydrogen 1.01																	2 He Helium 4.00
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.01											5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.01	7 N Nitrogen 14.01	8 O Oxygen 16.00	9 F Fluorine 19.00	10 Ne Neon 20.18
11 Na Sodium 22.99	12 Mg Magnesium 24.31											13 Al Aluminum 26.98	14 Si Silicon 28.09	15 P Phosphorus 30.97	16 S Sulfur 32.07	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.95
19 K Potassium 39.10	20 Ca Calcium 40.08	21 Sc Scandium 44.96	22 Ti Titanium 47.87	23 V Vanadium 50.94	24 Cr Chromium 51.99	25 Mn Manganese 54.94	26 Fe Iron 55.85	27 Co Cobalt 58.93	28 Ni Nickel 58.69	29 Cu Copper 63.55	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.72	32 Ge Germanium 72.63	33 As Arsenic 74.92	34 Se Selenium 78.97	35 Br Bromine 79.90	36 Kr Krypton 84.80
37 Rb Rubidium 84.47	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.91	40 Zr Zirconium 91.22	41 Nb Niobium 92.91	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.91	44 Ru Ruthenium 101.07	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 127.6	53 I Iodine 126.90	54 Xe Xenon 131.25
55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.95	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.09	79 Au Gold 196.97	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium (208.98)	85 At Astatine 209.99	86 Rn Radon 222.02
87 Fr Francium 223.02	88 Ra Radium 226.03	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [298]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown
57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.91	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25	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 173.06	71 Lu Lutetium 174.97			
89 Ac Actinium 227.03	90 Th Thorium 232.04	91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uranium 238.03	93 Np Neptunium 237.05	94 Pu Plutonium 244.06	95 Am Americium 243.06	96 Cm Curium 247.07	97 Bk Berkelium 247.07	98 Cf Californium 251.08	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.10	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.10	103 Lr Lawrencium [262]			

實驗 一：嗅覺感覺神經元的電子模型

嗅覺是通過鼻子中的器官感知氣味或氣味的能力。在不同動物門的多種動物中，此過程涉及一種特殊而複雜的組織，位於鼻腔頂部稱為嗅覺上皮的組織，(圖 1.1)。

嗅覺感知過程中的主要細胞是嗅覺感覺神經元 (OSN, 圖 1.2 中標示為綠色)，它具有特殊的雙極形態，鼻腔內有一個突起，伸出許多與粘液接觸的纖毛。

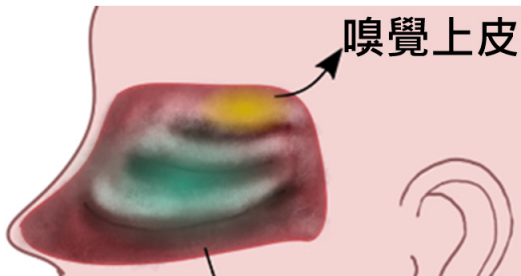


圖 1.1 鼻腔

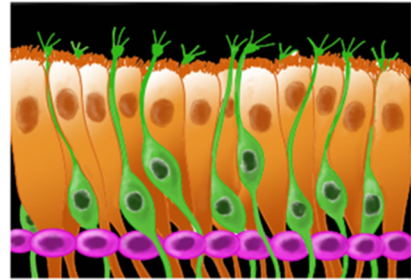
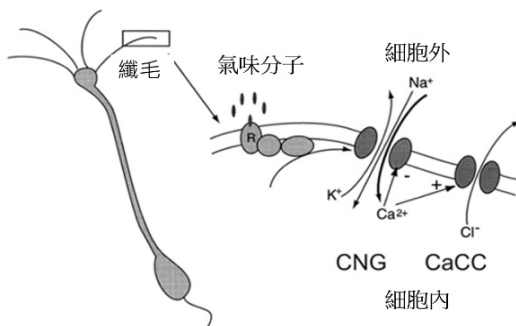


圖 1.2 嗅覺上皮

每個細胞的細胞膜上都有電位差 (電壓)。在神經電學實驗中，細胞外部的電位被定義為零。當鼻子裡沒有氣味刺激，纖毛外部沒有信號時，跨細胞膜的電壓恆定且為負。

纖毛處的細胞膜 (圖 1.3) 是氣味分子與其蛋白質受體 (R) 結合的地方，在纖毛的細胞質中產生許多生化反應並改變局部的膜電壓。發生這種變化是因為膜中離子通道 (允許離子穿過膜的蛋白質) 打開。通道有兩種不同的類型：

- 可讓陽離子通過的環核苷酸門控通道 (CNG)
- 鈣依賴性氯離子通道 (CaCC)，可讓氯離子通過



兩個通道的跨膜電壓變得比靜止時更為不負。這種電壓變化沿著樹突 (III) 向細胞體傳播，見圖 1.4。

在這個實驗中，你將有機會製作一個嗅覺神經元模型，檢查突起處纖毛 (II) 和細胞體 (IV) 層次的電壓行為。在圖 1.4 中，給出了靜止時 OSN 簡化模型的等效電路圖。

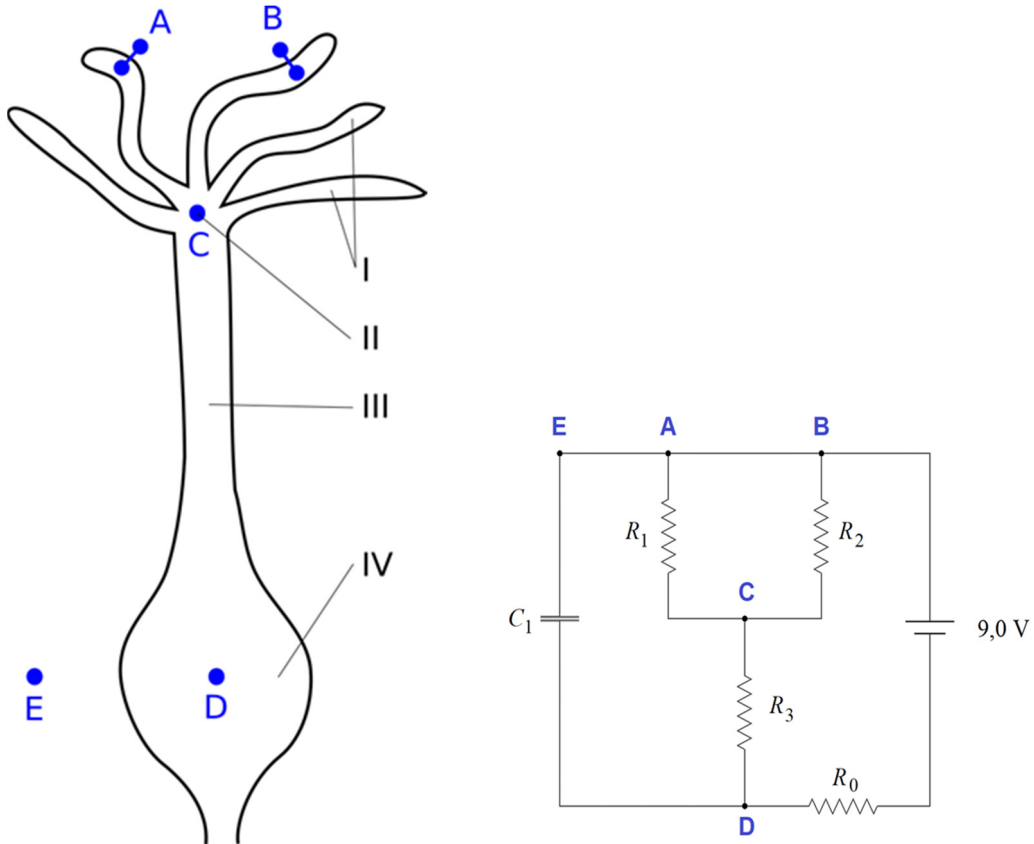


圖 1.4. 左側圖：I - 鼻纖毛(cilia)，II -突起處纖毛(knob-cilia)，III -樹突(dendrite)和 IV -細胞體(soma)。右側圖，相應的點 A 到點 E 的靜止 (resting) 膜電位中已在神經元的等效電路中標記。

這裡有一個 RC 電路，是（使用電阻和電容）描述神經元的被動特性的典型模型。並聯電阻代表鼻纖毛(cilia) (R_1) 和 CaCCs (R_2) 中的通道，樹突(dendrite) 中的內部電阻 (R_3) 和電容 (C_1)，與材料對像或元件(device) 將電荷存儲為細胞膜的能力。在這情況下，該材料被認為是樹突 (III) 的細胞膜。5.6 M Ω 電阻 (R_0) 和 9 V 電池是輔助元件去模擬近似生理值。

器材

- 21 個電阻和 1 個電容裝在一個袋子中
- 9 V 電池 1 個
- 三用電表和連接用電線數條
- 細胞模型板

任務 1

指引

要在神經元模型中添加電子元件，您只需將其插入適當的孔中（標記為在靜止膜電位的神經元電路方案中，圖 1.4）

1. 將 9 V 電池插入正確的電線，標有電池電線(battery cable)
2. 依據符合處於靜止膜電位的神經元模型的電路，檢查並選擇對應到正確電子元件的所有電阻器，其中 $R_0 = 5.6 \text{ M}\Omega$, $R_1 = 5.1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5.1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 4.7 \text{ k}\Omega$ 。
3. 插入未知值的電容器(C_1)，這個電容器在實驗中都會留在該處。
4. 將電路設置為處於靜息(RESTING)電位的神經元電路。
5. 測量細胞體(soma)和隔間突起處纖毛(knob-cilia)中的電壓(寫下並保留好這些測量值以為後用)

Questions

1. 測量靜止狀態時該神經元體細胞中的電壓。
Usoma_____ mV (0.2 分)
2. 測量細胞體(soma)中的神經元靜止膜電位與突起處纖毛(knob-cilia)中的電位記錄之間的差異。
Uknob_____ mV (0.2 分)
3. 如果我們需要將我們的模型簡化為一個簡單的一個電阻和一個電容，你會使用多大的電阻值？請畫出電路。

(0.3 分)

4. 計算該模型靜息(resting)期間恆定電流通量的理論大小。

_____ pA (0.2 分)

5. 如果有一個神經元體的直徑比我們的模型中的直徑大兩倍，你會在此模型中更改哪些零件？

(0.2 分)

任務 2

您將更改電路的某些零件來模擬不同氣味(odor)濃度的影響。在表 1 中，每條線代表神經元在不同濃度的氣味 1(ODOR 1) 刺激下的狀態。

表 1：不同濃度的氣味 1 對應名義上的(nominal)電阻值。

LINE	ODORANT CONCENTRATION (M)	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)	R3 (kΩ)
1	1.0×10^{-7}	5.1	5.1	4.7
2	1.0×10^{-6}	4.3	4.7	4.7
3	1.0×10^{-5}	3.9	3.9	4.7
4	1.0×10^{-4}	1.00	2.00	4.7
5	1.0×10^{-3}	0.38	0.54	3.8
6	1.0×10^{-2}	0.38	0.38	3.6
7	1.0×10^{-1}	0.30	0.38	2.0
8	1.0	0.24	0.36	2.0
9	10	0.20	0.36	2.0

記錄下表中電阻的測量值和名義上的(nominal)電阻值。

名義上的電阻值 (Ω)	電阻的測量值 (Ω)
5.6M	
47k	
38k	
5.1k	
4.7k	
4.3k	
3.9k	
3.8k	
3.6k	
2.0k	
1.0k	
0.54k	
0.38k	
0.36k	
0.30k	
0.24k	

(0.2 分)

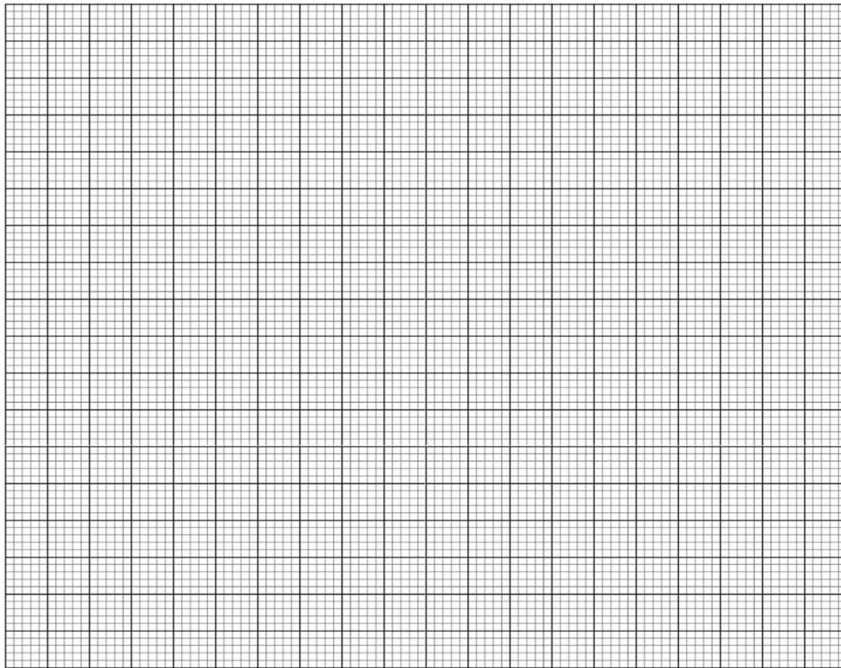
問題

1. 對於表 1 中的每一行，重複測量體細胞(soma)和 突起處纖毛(knob-cilia)中的相應電壓值，如任務 1 所示。在使用新電阻器之前，請測量它們的電阻值。填寫下表中兩個細胞區間(cellular compartments)的相應電壓。(1.8 分)

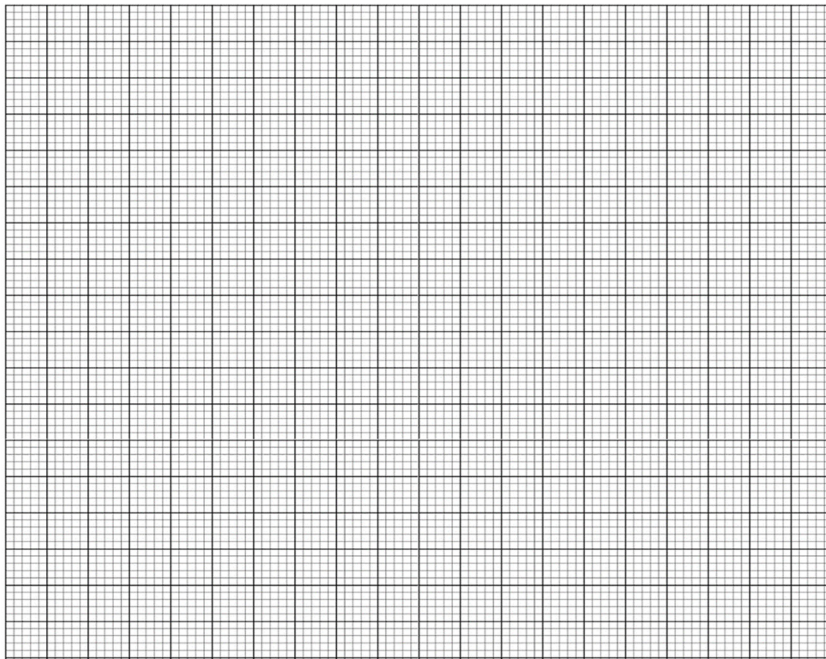
行	U_{soma} (V)	U_{knoba} (V)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

2. 繪製 Umemb 對氣味劑濃度的關係圖 (氣味 1、氣味 2 和氣味 3)，氣味 2 和氣味 3 的數據請由表 2 來，所有的關係圖中濃度軸請使用對數刻度。(1 分)

氣味劑濃度 (M)	氣味 2 (V)	氣味 3 (V)
1.0×10^{-7}	-0.0835	-0.08793
1.0×10^{-6}	-0.0829	-0.08764
1.0×10^{-5}	-0.0820	-0.0774
1.0×10^{-4}	-0.0823	-0.07178
1.0×10^{-3}	-0.0802	-0.06362
1.0×10^{-2}	-0.0671	-0.05867
1.0×10^{-1}	-0.0545	-0.0558
1.0	-0.0411	-0.0536
10	-0.0413	-0.0533



3. 請繪製氣味 1 的 U_{knob} 和 U_{memb} 對濃度的關係圖在一張圖中，濃度軸請使用對數刻度。(1 分)



親和力(affinity, α)定義為對相同刺激濃度的響應，響應越高則親和力越高。

4. 依照親和力值高到低，在下表中依序寫下 3 種氣味劑編號(α ODOR1, α ODOR2 and α ODOR2)。(0.5 分)

	>		>	
--	---	--	---	--

5. 使用 10 μ M 濃度的刺激，哪種氣味劑對模型神經元產生較大的響應？(0.2 分)

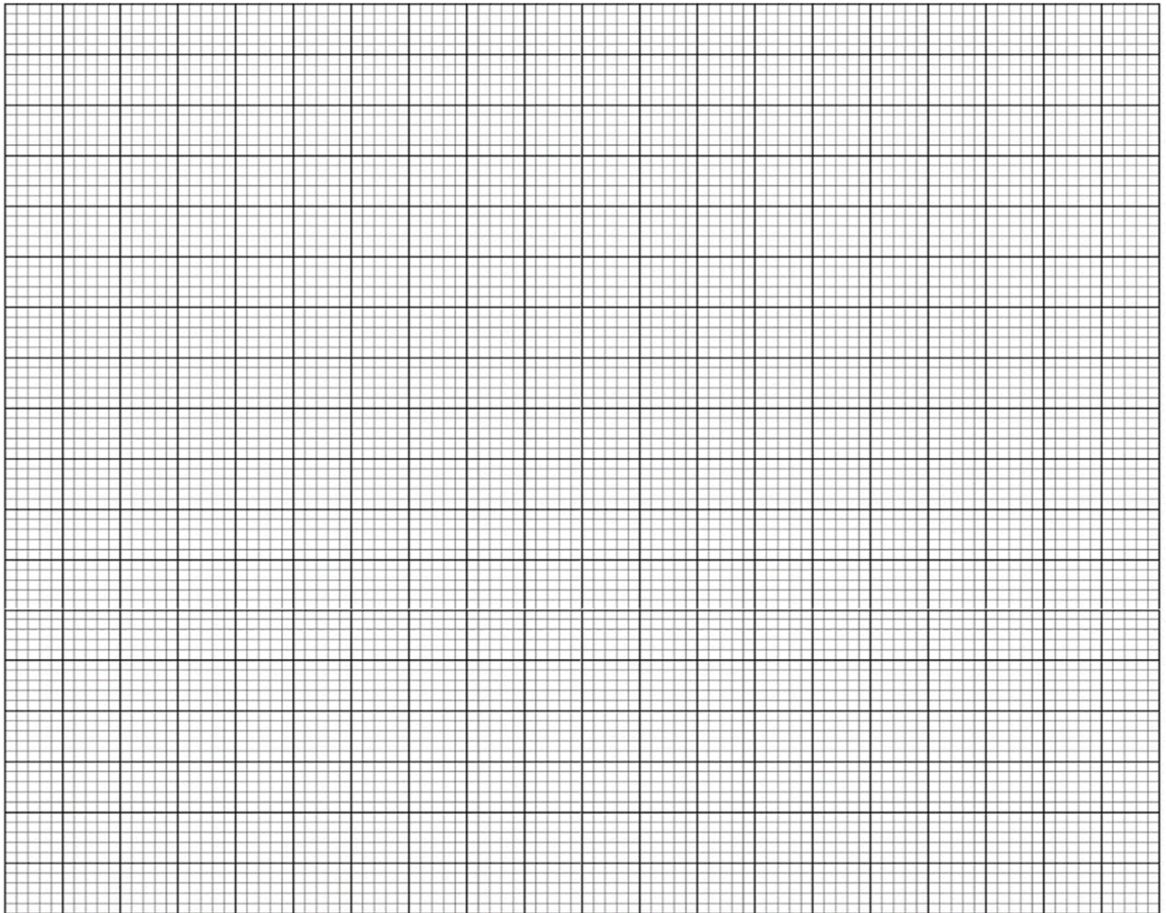
6. 電容器中電荷的絕對值由下式給出 $Q = C \cdot |U|$

表 3 顯示了當我們的模型細胞被不同濃度的氣味劑 1 刺激時的電荷值。

表 3：受激細胞的電荷

氣味劑濃度 (M)	電荷 (C)
0.0000001	8.35
0.000001	8.29
0.00001	8.23
0.0001	8.02
0.001	6.74
0.01	5.47
0.1	4.15
1	4.16
10	4.13

繪製電荷值對 Usoma 電壓(由任務 2 中的問題 1 中已經得到的)的關係圖，並對數據點進行線性回歸。由此推導出我們細胞的電容值。 (1 分)



電容值 _____ F

【待續】