

## 實驗五 吸附平衡

### 一、目的

學習並確認活性炭吸附醋酸時，醋酸溶液濃度和被活性炭吸附的醋酸莫耳數之間的關係，可用 Freundlich 吸附等溫式表示。



圖 5-1 滴定裝置與器材

## 二、原理

一種物質的原子或分子附著在另一種物質表面的過程叫做吸附。固體放入溶液內時，固體表面吸附溶液中的溶質，例如：染色、脫色、離子交換、色層分析等均是固體表面吸附溶質的現象。

本實驗利用活性炭作為吸附媒介，觀察吸附醋酸的情況，活性炭是無定形碳粒子，表面富有大小不均的孔，表面積非常大，吸附作用明顯，常用為脫色劑、濾清劑、澄清劑、氣體之提淨劑、脫臭劑，廣用於防毒面具。

活性炭在醋酸溶液中吸附醋酸溶質，以 Freundlich 吸附等溫式表示達平衡時，醋酸溶液濃度和活性炭所吸附的醋酸莫耳數的關係式為

$$X = a C^{\frac{1}{n}}$$

X：被活性炭吸附的醋酸莫耳數      C：平衡狀態的醋酸溶液濃度  
a, n：常數       $\frac{1}{n}$ ：吸附指數

$C_0$  為每升醋酸溶液中未加入活性炭時醋酸的莫耳數減去活性炭吸附醋酸達平衡時，每升溶液中醋酸未被吸附的莫耳數即為每升溶液醋酸被活性炭吸附的莫耳數，因所取溶液體積為 75 mL，所以再乘上 0.075 L 即為 75 mL 的實驗量中被活性炭吸附的莫耳數 X，以下式表示：

$$X = (C_0 - C) \times \frac{75}{1000}$$

$C_0$ ：錐形瓶內，未加入活性炭的溶液濃度

C：溶液達吸附平衡後的醋酸濃度      75：錐形瓶中的溶液體積

$$\therefore \log X = \left(\frac{1}{n}\right) \log C + \log a$$

$\log X$  vs.  $\log C$  作圖，得斜率  $\frac{1}{n}$ ， $\frac{1}{n}$  稱為吸附指數，有機非電解質或弱電解質的  $\frac{1}{n}$  比染料或強電解質的  $\frac{1}{n}$  高。

### 三、藥品

#### A、自行配製取用

1. 鄰苯二甲酸氫鉀(Potassium hydrogen phthalate, KHP,  $C_8H_5O_4K$ )：精秤  $0.2\text{ g} \times 2$ 。(助教事先於  $110^\circ\text{C}$  烘箱中烘乾 2 小時)
2. 活性炭(Activated carbon)：精秤  $1.0\text{ g} \times 4$ 。
3. 0.4 M 醋酸(Acetic acid,  $CH_3COOH_{(aq)}$ )，100 mL：吸取 2.3 mL 冰醋酸稀釋至 100 mL。
4. 0.1 M 氫氧化鈉(Sodium hydroxide,  $NaOH_{(aq)}$ )，250 mL：粗秤 1.0 g NaOH 溶解配製 250 mL。
5. 酚酞指示劑(Phenolphthalein indicator,  $(C_6H_4OH)_2COC_6H_4CO$ )：使用自己抽屜中配製好的。

### 四、器材

1. 體積型吸量管：10 mL、25 mL
2. 錐形瓶：125 mL  $\times$  2，250 mL  $\times$  4
3. 水流式抽氣過濾裝置(助教發給，實驗後歸還)
4. 滴定管
5. 體積量瓶：100 mL、250 mL
6. 燒杯
7. 秤量瓶
8. 濾紙
9. Macro 安全吸球 (助教發給，實驗後歸還)
10. 計時器(助教發給，實驗後歸還)

## 五、步驟

1. 以 10 mL 吸量管吸取冰醋酸 2.3 mL 放入 100 mL 的體積量瓶中，以去離子水稀釋至標線(此醋酸為原液)。
2. 取出四個 250 mL 錐形瓶，及 125mL 普通錐形瓶共五個，分別標示甲、乙、丙、丁、戊於瓶身。(125mL 的錐形瓶標戊)
3. 於甲、乙、丙、丁四個錐形瓶中，各放入 75 mL 去離子水(以吸量管吸取)。
4. 甲、乙、丙、丁、戊溶液的配製：
  - (1) 取 75 mL 醋酸原液放入甲瓶，混合均勻後，以此吸量管插入甲瓶中，吸取溶液至刻線附近，進行管內部沖洗，再放回溶液(如此動作重複數次)。使用這支吸量管吸取甲瓶溶液 75 mL 放入乙瓶中混合均勻。
  - (2) 吸量管重複在乙瓶中吸放溶液進行管內沖洗後，吸取 75 mL 乙瓶液至丙瓶中混合均勻。
  - (3) 吸量管在丙瓶中多次吸放溶液沖洗後，吸取 75 mL 丙瓶液至丁瓶中。
  - (4) 吸量管在丁瓶中沖洗後，吸取 75 mL 丁瓶液至戊瓶中。
  - (5) 以封口膜封住各瓶口。
5. 以秤量紙精秤 4 份 1.0 克的活性炭，稍加折包避免活性炭飛散，記錄克數後備用。
6. 配製 0.1 M NaOH<sub>(aq)</sub>：

秤取 1.0 g NaOH<sub>(s)</sub>以 100mL 燒杯盛裝，加入去離子水攪拌使其溶解，將溶液移入 250 mL 體積量瓶中，潤洗燒杯液集中於體積量瓶中，加去離子水稀釋至標線。

7. 0.1 M NaOH<sub>(aq)</sub>標定：

精稱 0.2 g KHP 放入錐形瓶中，加入 50 mL 去離子水、2 滴酚酞，以 NaOH<sub>(aq)</sub> 滴定，溶液由無色轉變為粉紅色，到達滴定終點，計算  $M_{\text{NaOH}}$ ，重複此標定過程，分別得  $M_{1,\text{NaOH}}$ 、 $M_{2,\text{NaOH}}$ ，計算  $M_{\text{ave.},\text{NaOH}}$ 。

8. 決定戊瓶醋酸濃度是否為原液的  $\frac{1}{16}$ ：

- (1) 吸取醋酸原液 10 mL 置於 100 mL 體積量瓶，加去離子水至標線混合均勻。
- (2) 以吸量管吸取 25 mL 此稀釋液加入 2 滴酚酞，以標定過的 NaOH<sub>(aq)</sub> 滴定至溶液呈現粉紅色。
- (3) 計算此稀釋液的濃度。
- (4) 重複 8-(2) 及 8-(3)，求稀釋液的平均濃度。
- (5) 以吸量管吸取戊瓶醋酸溶液 25 mL，加入 2 滴酚酞，以標定過的 NaOH<sub>(aq)</sub> 滴定至溶液呈現粉紅色。
- (6) 計算戊瓶溶液的濃度。
- (7) 重複 8-(5) 及 8-(6)，求戊瓶的平均濃度。
- (8) 將稀釋 10 倍的稀釋液平均濃度乘回 10 倍再乘以  $\frac{1}{16}$ ，當作戊瓶的標準值。
- (9) 求出戊瓶溶液濃度的相對誤差。
- (10) 將數據交給助教，做技術試評分。

9. 甲、乙、丙、丁四瓶活性炭吸附溶液的配製與標定：
- (1) 加 1.0 克活性炭於丁瓶中，搖晃且開始計時。
  - (2) 5 分鐘時搖晃丁瓶
  - (3) 10 分鐘時加 1.0 克活性炭於丙瓶，搖晃丙、丁瓶
  - (4) 15 分鐘時搖晃丙、丁瓶
  - (5) 20 分鐘時加 1.0 克活性炭於乙瓶中，搖晃乙、丙、丁瓶
  - (6) 25 分鐘時搖晃乙、丙、丁瓶
  - (7) 30 分鐘時加 1.0 克活性炭於甲瓶中，搖晃甲、乙、丙、丁瓶
  - (8) 35 分鐘搖晃甲、乙、丙、丁瓶(備好水流抽濾裝置)
  - (9) 40 分鐘搖晃甲、乙、丙瓶
  - (10) 將丁瓶活性炭連同溶液倒出進行水流抽濾，以此濾液重覆 8-(5)、8-(6)、8-(7)之步驟，求出丁瓶溶液經活性炭吸附的平均濃度。
  - (11) 45 分鐘時搖晃甲、乙、丙瓶且備好過濾裝置
  - (12) 50 分鐘時搖晃甲、乙瓶
  - (13) 將丙瓶含活性炭溶液依步驟 9-(10)處理及計算
  - (14) 55 分鐘時搖晃甲、乙瓶且備好過濾裝置
  - (15) 60 分鐘時搖晃甲瓶
  - (16) 將乙瓶依步驟 9-(10)處理及計算
  - (17) 65 分鐘時搖晃甲瓶且備好過濾裝置
  - (18) 70 分鐘時甲瓶依步驟 9-(10)處理及計算
10. 依照表格 D 的數據處理，求得吸附指數  $\frac{1}{n}$ ，且做電腦繪圖

## 六、實驗數據處理

### A、氫氧化鈉標定

	1	2
$W_{\text{KHP}}$	_____ g	_____ g
$V_{\text{NaOH}}$	_____ mL	_____ mL
$M_{\text{NaOH}}$	$M_1 = \frac{W_{\text{KHP}}/204.2}{\frac{V_{\text{NaOH}}}{1000}}$ (算式)  _____	$M_2 = \frac{W_{\text{KHP}}/204.2}{\frac{V_{\text{NaOH}}}{1000}}$ (算式)  _____
平均 $M_{\text{ave.NaOH}}$	$(M_1 + M_2) / 2$ (算式) = _____ = _____ M	

## B、戊瓶醋酸濃度是否為原液的 1/16

	稀釋十倍後醋酸原液(A)		戊瓶醋酸	
	1	2	1	2
$V_{\text{CH}_3\text{COOH}}$	25 mL	25 mL	25 mL	25 mL
$V_{\text{NaOH}}$	_____ mL	_____ mL	_____ mL	_____ mL
$M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$	$M_1V_1=M_2V_2$ (算式) _____ $M =$ _____	$M_1V_1=M_2V_2$ (算式) _____ $M =$ _____	$M_1V_1=M_2V_2$ (算式) _____ $M =$ _____	$M_1V_1=M_2V_2$ (算式) _____ $M =$ _____
$M_{\text{ave. CH}_3\text{COOH}}$				
相對誤差	$\frac{M_{\text{ave.戊}} - M_{\text{ave.A}} \times 10 \times \frac{1}{16}}{M_{\text{ave.A}} \times 10 \times \frac{1}{16}} \times 100\%$ =(算式) _____ = _____ %			

實驗技術評分：\_\_\_\_\_ (由助教評定)

## C、活性炭吸附之醋酸濃度

	甲 <sub>1</sub>	甲 <sub>2</sub>	乙 <sub>1</sub>	乙 <sub>2</sub>
$W_{\text{活性炭}}$	_____ g		_____ g	
$V_{\text{CH}_3\text{COOH}}$	25 mL	25 mL	25 mL	25 mL
$V_{\text{NaOH}}$	_____ mL	_____ mL	_____ mL	_____ mL
$M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$				
$M_{\text{ave. CH}_3\text{COOH}}$				
	丙 <sub>1</sub>	丙 <sub>2</sub>	丁 <sub>1</sub>	丁 <sub>2</sub>
$W_{\text{活性炭}}$	_____ g		_____ g	
$V_{\text{CH}_3\text{COOH}}$	25 mL	25 mL	25 mL	25 mL
$V_{\text{NaOH}}$	_____ mL	_____ mL	_____ mL	_____ mL
$M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$				
$M_{\text{ave. CH}_3\text{COOH}}$				

D、數據處理

$M_{\text{稀釋十倍後醋酸原液}} =$		$M_{\text{醋酸原液}} =$			
	甲	乙	丙	丁	
$C_0$ : 未吸附	$\frac{1}{2} M_{\text{醋酸原液}}$ = _____	$\frac{1}{4} M_{\text{醋酸原液}}$ = _____	$\frac{1}{8} M_{\text{醋酸原液}}$ = _____	$\frac{1}{16} M_{\text{醋酸原液}}$ = _____	
$C$ : 吸附後					
$X = (C_0 - C) \times 75/1000$					
$\log X$					
$\log C$					
Least-square method	$X = a C^{1/n} \rightarrow \log X = (1/n) \log C + \log a$ $\therefore \log X \text{ Vs. } \log C \text{ 作圖}$ $y = \text{_____} x + \text{_____}$				
$\frac{1}{n}$ (吸附指數)					

E、 $\log X$  對  $\log C$  作圖(貼上電腦繪圖)



**F、X 對 C 作圖(貼上電腦繪圖)**



## 七、實驗問題：

1. 計算冰醋酸的 M 值。
2. 戊瓶濃度是否為原液濃度的 1/16？檢討誤差原因。
3. (a) 將步驟 9 之所有過程，以簡單的文字描述。  
  
(b) 為何不一開始同時各加 1.0 g 的活性炭於甲、乙、丙、丁四瓶中？  
自行評估後續實驗可能發生的危機。

4. 討論吸附種類及其作用力。

八、實驗廢(固)液處理：

九、實驗心得與討論：

誤差討論：

心得：