

高中化學演習

師大附中

胡希真 編著

第一冊

基本觀念、氣相、凝相

東華書局印行



版權所有・翻印必究

中華民國七十年十月初版

高中化學演習(全六冊)

第一冊

定價 新臺幣 ~~伍拾元整~~ **陸拾元整**

(外埠酌加運費滙費)

著者	胡	希	眞
發行人	卓	鑫	森
出版者	臺灣東華書局股份有限公司 臺北市博愛路一〇五號 電話：3819470 郵撥：6481		
印刷者	合	興	印 刷 廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第零柒貳伍號
(70033)

目 錄

第一章 緒 論.....	1
科學活動之步驟 科學之準度 練習問題 問題解答 提示或詳解	
第二章 基本概念.....	35
原子理論 氣體反應 (氣體化合) 體積定律及亞佛厥假說 元素、原子、分子 同位數、原子量 莫耳的概念 (The mole concept) 元素的當量 原子量之決定 亞佛加厥 (Avogadro) 定律的應用 氣體的莫耳體積 化學式 實驗式與分子式的求法 物質的能量效應 化學方程式 練習問題 問題解答 提示或詳解	
第三章 氣 相.....	119
氣體的壓力 波以耳 (Robert Boyle) 定律 查理 (Charles) 與給呂薩克 (Gay-Lussac) 定律 波查定律 一聯合氣體定律 氣體動力論的物理基礎 理想氣體方程式 理想氣體常數 (R) 氣體分子的動能、動量與運動速率 道耳頓的分壓定律 (Dalton's law of partial pressure) 氣體分子的碰撞頻率 擴散 真實氣體 (Real gas) 練習問題 問題解答 提示或詳解	
第四章 凝相：液體與固體.....	197
緒論 純物質相的變化 溶液 溶液的蒸氣壓 溶液的沸點和凝固點 液態溶液的體積 溶解度 凝相的導電性 水溶液中的沈澱反應 練習問題 問題解答 提示或詳解	
附錄 高中化學實驗原理與問題.....	271
實驗一 科學觀察與記述	
實驗二 固體受熱之變化	
實驗三 純物質之溶點	
實驗四 蠟燭之燃燒	
實驗五 熱效應	

實驗六 等體積氣體之重量

實驗七 銅在硝酸銀溶液中之變化

實驗八 化學變化中質量關係

實驗九 金屬與鹽酸之反應

實驗十 化學反應之研究

實驗十一 已知濃度二溶液間之反應體積

實驗十二 水溶液中離子間之反應

第一章 緒 論

1-1 科學活動之步驟

1. 觀察與記述
2. 尋求規律性
3. 尋求解釋（追究原因）
4. 資料的傳播

傳播的方法：

(1) 定性表示法

(2) 定量表示法

數據表示法

圖解法

數學式表示法

[範例 1]

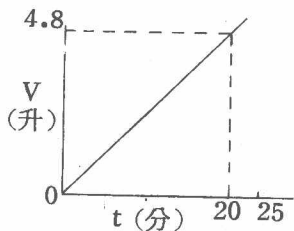
水龍頭滴水時間與水的累積體積如下：

時間 t (分)	0	5	10	15	20	25
體積 V (升)	0	1.2	2.5	3.5	4.8	6.0

- (1) 試寫出規律性定性陳述。
- (2) 試以圖解法表示其規律性。
- (3) 試以數學式表示滴水時間與水的累積體積間的關係。

[解] (1) 滴水時間愈長，水累積體積愈多。

(2)



2 高中化學演習(一)

$$(3) t = 0, \quad V = 0$$

$$\Delta t_1 = 5 - 0 = 5 \text{ 分} \quad \Delta V_1 = 1.2 - 0 = 1.2 \text{ 升}$$

$$\Delta t_2 = 10 - 5 = 5 \text{ 分} \quad \Delta V_2 = 2.5 - 1.2 = 1.3 \text{ 升}$$

$$\Delta t_3 = 15 - 10 = 5 \text{ 分} \quad \Delta V_3 = 3.5 - 2.5 = 1.0 \text{ 升}$$

$$\Delta t_4 = 20 - 15 = 5 \text{ 分} \quad \Delta V_4 = 4.8 - 3.5 = 1.3 \text{ 升}$$

$$\Delta t_5 = 25 - 20 = 5 \text{ 分} \quad \Delta V_5 = 6.0 - 4.8 = 1.2 \text{ 升}$$

$$\text{平均 } \frac{\Delta V}{\Delta t} = 0.24 \text{ 升/分}$$

$$\text{故其數學關係式爲 } \frac{V}{t} = 0.24 \text{ 升/分 或 } V = 0.24 t$$

[範例 2]

下表數據係在若干不同溫度下所測某一定量空氣在一氣壓下之體積，試求一氣壓下該空氣相對體積和溫度間之關係式。(59年聯考)

溫度 (°C)	0	50	100	200
體積 (毫升)	2.00	2.37	2.73	3.46

[解] V, t 分別表示體積與溫度

$$t = 0, \quad V = 2.00 \text{ 毫升}$$

體積對溫度的增加率：

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta t_1} = \frac{2.37 - 2.00}{50 - 0} = 7.4 \times 10^{-3} \text{ ml/}^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta V_2}{\Delta t_2} = \frac{2.73 - 2.37}{100 - 50} = 7.2 \times 10^{-3} \text{ ml/}^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta V_3}{\Delta t_3} = \frac{3.46 - 2.73}{200 - 100} = 7.3 \times 10^{-3} \text{ ml/}^\circ\text{C}$$

可知體積的增加率爲一常數，則其數學關係式爲

$$V = 7.3 \times 10^{-3} t + 2.00$$

[範例 3]

某同學做蠟燭燃燒的實驗，所得數據如下表：

燭長 ℓ (cm)	20.0	19.2	18.4	17.5	16.7	15.9	15.1
時間 t (min)	0	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00

試求：(1) 燭長與時間關係的定性陳述。

(2) 燭長 ℓ 與時間 t 的數學關係式。

(3) 至少需若干時間，始可將蠟燭燒完？

[解] (1) 燃燒的時間愈長，所剩蠟燭的長度愈短。

(2) $t = 0$ 分時， $\ell = 20.0$ cm

$$\Delta t_1 = 1.00 - 0 = 1.00 \text{ 分}, \Delta \ell_1 = 20.0 - 19.2 = 0.8 \text{ cm}$$

$$\Delta t_2 = 2.00 - 1.00 = 1.00 \text{ 分}, \Delta \ell_2 = 19.2 - 18.4 = 0.8 \text{ cm}$$

$$\Delta t_3 = 3.00 - 2.00 = 1.00 \text{ 分}, \Delta \ell_3 = 18.4 - 17.5 = 0.9 \text{ cm}$$

⋮

⋮

$$\text{平均每分鐘減短的長度} \frac{\Delta \ell}{\Delta t} = 0.8 \text{ cm/min}$$

$$\therefore \text{數學關係式爲 } \ell = 20.0 - 0.8 t$$

$$(3) \text{當 } \ell = 0 \text{ 時, } 20.0 = 0.8 t \quad \therefore t = 25.0 \text{ 分}$$

1-2 科學之準度

1. 誤差的種類

a. 定誤差（系統誤差）：決定準確度

(1) 儀器誤差

(2) 個人誤差（操作上的誤差）

(3) 方法誤差

(4) 試藥純度的誤差

b. 不定誤差（統計誤差）：決定精密度

同一個人使用同一個儀器在同一條件下，很小心操作時的觀測

4 高中化學演習(一)

值波動，就是統計誤差。

例如同一個人使用同一支 10ml 的吸管在同一溫度下，吸取溶液，不可能每次都能夠吸取 10,000 ml，而每次都有波動，又觀測者無法估計刻度之正確的分數部分，亦導致不定誤差。

2. 誤差 (error) 與偏差 (deviation)

絕對誤差：測定值與真實值 (或公認值) 的差

$$\text{相對誤差} = \frac{\text{絕對誤差}}{\text{真實值 (或公認值)}} \times 100\%$$

絕對偏差：測定值與平均值的差

$$\text{相對偏差} = \frac{\text{絕對偏差}}{\text{平均值}} \times 100\%$$

3. 準確度 (accuracy) 與精密度 (precision)

準確度是指測定值與真實值接近的程度。通常以誤差來表示。

相對誤差愈小，則準確度愈高。

精密度是指測定值彼此間的接近程度。通常以偏差來表示。

相對偏差愈小，則精密度愈高。

因真實值與平均值不一定一致，所以精密度高的觀測，其準確度不一定也高；但準確度高的觀測，其精密度一定要高。

4. 不準度的表示法

a. 附加實際差度表示法

b. 附加百分差度表示法

c. 有效數字表示法

使用各種儀器測量時之不準度

儀 器	代表不準度
三梁式天平	$\pm 0.01\text{g}$
托盤天平	$\pm 0.5\text{g}$
50 ml 量筒	$\pm 0.2\text{ml}$
10 ml 量筒	$\pm 0.1\text{ml}$
$-10^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{C}$ 溫度計	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
50 ml 滴定管	$\pm 0.02\text{ml}$
50 ml 量氣管	$\pm 0.02\text{ml}$

[範例 1]

在 0°C 時，測得 32.0 克氧之壓力和體積的關係如下表：

壓力 p (atm)	體積 V (ℓ)	$p \times V$ (atm. ℓ)
0.100	224	22.4
0.200	109	21.8
0.400	60.0	24.0
0.600	35.7	21.4
0.800	27.7	22.2
1.00	22.4	22.4

今附加實際差度表示，在 0°C ，32.0 克氧的 pV 值。

[解]

pV 值	偏 差
22.4	± 0
21.8	-0.6
24.0	$+1.6$
21.4	-1.0
22.2	-0.2
22.4	± 0

平均 22.4 平均偏差 0.6

$$\therefore pV = 22.4 \pm 0.6 \text{ atm. } \ell$$

[範例 2]

某學生，在一大氣壓下，測量燒杯內沸水的溫度，記錄如下：

實驗次數	1	2	3	4	5	6	7
沸水溫度($^{\circ}\text{C}$)	98.8	99.0	98.6	98.4	99.2	98.8	98.8

求該學生所測沸水溫度的平均相對誤差（百分誤差）與偏差。

[解] 所測沸水溫度為 $98.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ，公認值為 100°C

$$\% \text{誤差} = \frac{100 - 98.8}{100} \times 100\% = 1.20\%$$

$$\% \text{偏差} = \frac{0.2}{98.8} \times 100\% = 0.20\%$$

— [範例 3] —

下列測量值，何者精密度最高？

- (A) 6120 ± 40 卡 (B) 0.002 ± 0.001 毫米 (C) 1.20 ± 0.01 升
(D) 13.6 ± 0.1 克/立方厘米 (E) 200 ± 2 克

[解] (A)

$$\% \text{偏差(A)} \frac{40}{6120} = \frac{1}{153} \quad \text{(B)} \frac{0.001}{0.002} = \frac{1}{2} \quad \text{(C)} \frac{0.01}{1.20} = \frac{1}{120}$$

$$\text{(D)} \frac{0.1}{13.6} = \frac{1}{136} \quad \text{(E)} \frac{2}{200} = \frac{1}{100}$$

5. 導出量（誘導量）之不準度

a. 加 $(x \pm \Delta x) + (y \pm \Delta y) = (x + y) \pm (\Delta x + \Delta y)$

b. 減 $(x \pm \Delta x) - (y \pm \Delta y) = (x - y) \pm (\Delta x + \Delta y)$

c. 乘 $(x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y)$

$$= (x \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%) (y \pm \frac{\Delta y}{y} \cdot 100\%)$$

$$= xy \pm (\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}) \times 100\%$$

$$(x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y) = xy \pm (x\Delta y + y\Delta x + \Delta x\Delta y) \\ = xy \pm (x\Delta y + y\Delta x)$$

$\Delta x\Delta y$ 與 $x\Delta y$ ， $y\Delta x$ 相較，其值太小，故可略而不計。

$$d. \text{ 除 } \frac{x \pm \Delta x}{y \pm \Delta y} = \frac{x \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%}{y \pm \frac{\Delta y}{y} \cdot 100\%} = \frac{x}{y} \pm \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right) \times 100\%$$

[範例 1]

$$a. \quad 1500 \pm 10 \text{ cm}$$

$$1500 \pm 10 \text{ cm}$$

$$481 \pm 1 \text{ cm}$$

$$+) \quad 481 \pm 1 \text{ cm}$$

$$\hline 3962 \pm 22 \text{ cm}$$

歸整後 $3960 \pm 20 \text{ cm}$

$$b. \quad (5.18 \pm 0.02) + (1.76$$

$$\pm 0.02) + (2.46 \pm 0.02)$$

$$- (3.52 \pm 0.02) - (0.74$$

$$\pm 0.02) - (1.20 \pm 0.02)$$

$$= 3.94 \pm 0.12$$

$$\Rightarrow 3.9 \pm 0.1$$

c. 306 ± 2 克的水，當溫度升高 $20.0 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 時，吸熱若干？

d. 若鋁之莫耳數為 1.49 ± 0.02 ，銀之莫耳數為 0.51 ± 0.02 試計算鋁與銀二者莫耳數之比。

$$[\text{解}] \quad c. \Delta H = m s \Delta t = (306 \pm 2) (20.0 \pm 0.4)$$

$$= (306 \times 20) \pm (306 \times 0.4 + 20.0 \times 2)$$

$$= 6120 \pm 162$$

$$\Rightarrow 6100 \pm 200 \text{ 卡}$$

$$d. \frac{\text{鋁之莫耳數}}{\text{銀之莫耳數}} = \frac{1.49 \pm 0.02}{0.51 \pm 0.02} = \frac{1.49 \pm 1.3\%}{0.51 \pm 3.9\%}$$

$$= 2.92 \pm 5.2\% = 2.92 \pm 0.15$$

$$\Rightarrow 2.9 \pm 0.2$$

6. 有效數字之運算

[範例 1]

已知下列元素之原子量如下：H = 1.00797 O = 15.9994

S = 32.064 求硫酸 H_2SO_4 之分子量。

$$[\text{解}] \quad 1.00797 \times 2 = 2.01594 \quad 15.9994 \times 4 = 63.9976$$

$$\begin{array}{rcl}
 2.01594 & \text{歸整} \rightarrow & 2.016 \\
 32.064 & & 32.064 \\
 +) 63.9976 & \text{歸整} \rightarrow & 63.998 \\
 \hline
 & & 98.078
 \end{array}$$

H_2SO_4 的分子量為 98.078 克/莫耳

[範例 2]

$$36 \times 12 = ?$$

[解] 430 或 4.3×10^2

$$(36 \pm 1)(12 \pm 1) = 432 \pm 48 \Rightarrow 430 \pm 50$$

故取二位有效數較宜

[範例 3]

$$36 \times 42 = ?$$

[解] 1.51×10^3

$$(36 \pm 1)(42 \pm 1) = 1512 \pm 78 \Rightarrow 1510 \pm 80$$

故宜取三位有效數。

[範例 4]

$$36 \times 42 \times 63 = ?$$

[解] 9.5×10^4

$$(36 \pm 1)(42 \pm 1)(63 \pm 1)$$

$$= (1510 \pm 80)(63 \pm 1)$$

$$= 95130 \pm 6550$$

$$\Rightarrow 95000 \pm 7000 \quad \text{宜取二位有效數}$$

7. 觀測值的取捨

一連串的觀測值，往往會發現有些值與中間值或平均值的偏差較顯著。這種大的偏差可能是或然率的問題，也可能是偶然的誤差，諸如，看刻度時有錯，記錄時有錯，精神不繼計算錯誤，等等。細心的操作，有時也難免這些偶然的錯誤，需要根據統計學決

定是否保留這些數值。

—[範例 1]—

分析某化合物，氮含量的五次結果如下：31.11%，31.12%，31.10%，31.41%，31.14%。這些數據中，有否應捨棄的？

[解] 顯然，31.41% 有疑問，應捨棄。

練習問題

〔 A 〕

I. 單一選擇題 (每題 4 分, 共 60 分)

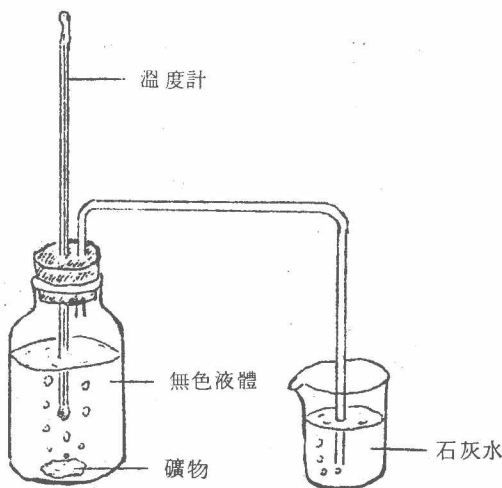
1. ~ 5 根據下述之實驗作答：

一塊礦物置放於裝半滿之無色液體的瓶中，瓶口的橡皮塞有兩個開孔，分別插入溫度與玻璃管，此玻璃管接出而浸於裝在燒杯內的石灰水中，如圖所示：

將一連串的觀察記錄如下：

甲. 開始數分鐘記的觀察結果：

1. 瓶底礦物有無色的氣泡上升至瓶頂部。
2. 無色氣泡開始經過玻璃導管而進入石灰水之表面。
3. 石灰水仍保持無色。
4. 溫度計之讀數與室溫皆為 20°C 。



乙. 30 分鐘後的觀察結果：

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| 1. 瓶中續有無色氣泡上升。 | 2. 礦物變小。 |
| 3. 瓶中液體表面沒有顯著變化。 | 4. 瓶中液體仍保持無色。 |
| 5. 溫度計之讀數度為 24°C 。 | 6. 石灰水變成混濁。 |

〔 A 〕〔 B 〕〔 C 〕〔 D 〕〔 E 〕 1. 根據上述實驗的觀察，下列何種想像較合理？

- (A) 礦物在進行相的變化而釋出能量 (B) 該礦物易溶於水 (C) 礦物與瓶中無色液體發生化學變化 (D) 產生的氣體易溶於無色的液體中 (E) 礦物不含有石灰水的任

何元素。

- A B C D E** 2. 開始觀察的數分鐘，杯內的石灰水保持無色的最可能解釋是： (A)礦物放出的氣體在實驗過程中是改變的 (B)起初數分鐘進入玻璃導管的氣泡是空氣 (C)礦物產生的氣體不與石灰水作用 (D)在實驗進行過程中，無色液體的成分改變 (E)開始數分鐘石灰水溫度太低而不起作用。
- A B C D E** 3. 下列何者是有關上述實驗對其數據的一種解釋，而非敘述觀察的結果。 (A)瓶中沒有液體轉移到燒杯內 (B)礦物的質量減少 (C)燒杯內石灰水混濁，乃是無色的氣體與石灰水發生反應的結果 (D)在實驗過程中，來自礦物生成的氣泡上升保持無色 (E)瓶內玻璃管較杯中玻璃管口為高。
- A B C D E** 4. 在裝石灰水的燒杯中，玻璃管的末端有氣泡出現，其最佳的解釋是： (A)無色液體所施的壓力較石灰水所施的大 (B)玻璃管在瓶與杯之間做為氣體流動的虹吸管 (C)在 30 分鐘後溫度之增加導致瓶內氣體之膨脹 (D)來自礦物的氣泡導致瓶內氣體壓力增加 (E)瓶內玻璃管較杯中玻璃管口高。
- A B C D E** 5. 在 30 分鐘後所觀察到的溫度上升，可以歸因於此能量係來自 (A)礦物與無色的液體反應 (B)礦物的蒸發熱 (C)礦物的熔解熱 (D)室內空氣供給的熱量 (E)石灰水與氣泡反應。
- A B C D E** 6. 下列敘述何項正確？ (A)同一人使用同一儀器在同一條件下，很小心操作時的觀測值波動，是屬於定誤差。(B)儀器因溫度或壓力的不穩定所致的稍微變化，引起的誤差，是屬於不定誤差。(C)準確度的高低，可由不定誤差決定。(D)精密度很高的測定值，其準確度必很高。(E)精密度很差的測定值，其準確度可能很高。

12 高中化學演習(一)

- A B C D E** 7. 下列測定值，何者最不精密？ (A) 0.0012 ± 0.0001 (B) 1.01 ± 0.01 (C) 1220 ± 10 (D) 96 ± 2 (E) 340 ± 10
- A B C D E** 8. $58.06 \text{ 克} + 107.301 \text{ 克} + 10.4 \text{ 克} = ?$ 下列何者較合理？ (A) 175.761 克 (B) 175.76 克 (C) 175.8 克 (D) 175.7 克 (E) 176 克
- A B C D E** 9. $48.72 \pm 2.6 \%$ 若以有效數字表示之，則下列何項之表示法最為適宜？ (A) 48.72 (B) 48.7 (C) 49 (D) 50 (E) 49 ± 1
- A B C D E** 10. 下列敘述何者不正確？ (A) 精密度用以表示結果的復現性的程度 (B) 準確度與精密度的意義不同 (C) 資料的記述，時間性很重要 (D) 對於一規律性的解釋，只要合理，則此解釋一定成立 (E) 高精密度之測量值未必有高準確度。
- A B C D E** 11. 使用每度一刻之溫度計，測量某物質之溫度在 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 間，則可得一若干位有效數字之測定值？ (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5
- A B C D E** 12. $15.24 \pm 0.01 \text{ ml}$ 與 $14.83 \pm 0.01 \text{ ml}$ 此三數之差的有效數位為 (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5
- A B C D E** 13. $\frac{1.49 \pm 0.02}{0.51 \pm 0.02}$ 之商，最佳表示法為 (A) $2.92 \pm 5.2 \%$ (B) 2.92 ± 0.04 (C) 2.92 ± 0.15 (D) 2.9 ± 0.2 (E) 2.9 ± 0.4
- A B C D E** 14. 在一密閉容器內，盛有半滿的飽和食鹽水，食鹽水中尚有若干塊的冰塊與未溶的食鹽，則在此密閉的容器內，共有若干相（容器本身除外）？ (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5 (E) 6
- A B C D E** 15. 若 $z \pm \Delta z = \frac{x \pm \Delta x}{y \pm \Delta y}$ ， $z = \frac{x}{y}$ ；則 $\frac{\Delta z}{z}$ 最近於

$$(A) \frac{\Delta x + \Delta y}{x y} \quad (B) \frac{x \Delta x + y \Delta y}{x y} \quad (C) \frac{x \Delta y + y \Delta x}{x y}$$

$$(D) \frac{\Delta x}{\Delta y} \quad (E) \Delta x \cdot \Delta y$$

II. 多重選擇題 (每題 5 分, 共 40 分)

- A B C D E** 16. 下列各數, 若取二位有效數, 則歸整為 2.5 者有那些?
(A) 2.46 (B) 2.55 (C) 2.450 (D) 2.451
(E) 2.5499。

- A B C D E** 17. 有關定量的氣體在恆溫時, 壓力和體積間的關係, 下列何項不屬於定量的敘述?
(A) 壓力加倍, 體積減半
(B) 壓力和體積成反比 (C) 壓力增加, 體積減小 (D) 壓力愈大, 體積愈小
(E) $pV = 22.4 \pm 0.6 \text{ atm} \cdot \ell$

- A B C D E** 18. 某同學用一最小刻度為毫米的直尺, 測一物長度正好 20 厘米時, 應記為
(A) 200.00 毫米 (B) 20 厘米
(C) 200.0 毫米 (D) 20.00 厘米 (E) 0.20 米

- A B C D E** 19. 測得某一未知物的熔點為 $7 \pm 1^\circ\text{C}$, 沸點為 $96 \pm 3^\circ\text{C}$ 。由下表資料中, 得知該物可能為 (已知表中數據的不準度為: 熔點 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 沸點 $\pm 2^\circ\text{C}$)。

物 質 \ 物 性	甲	乙	丙	丁	戊
熔點 ($^\circ\text{C}$)	9.1	8.0	7.5	6.0	5.5
沸點 ($^\circ\text{C}$)	99	110	96	93	78

- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁 (E) 戊

- A B C D E** 20. 32.0 克氧氣在 1.00 atm 時, 其體積 V 隨溫度 t 而變的對應關係如下表所示:

$t (^\circ\text{C})$	0.00	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	150.00
$V (\ell)$	22.41	24.47	26.48	28.53	30.66	32.67	34.71