

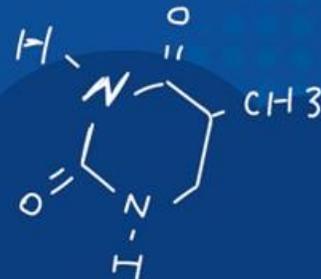
龍騰文化

肯定自己 ▶ 肯定不同

# 物質的組成

Composition of matter

1-1 物質的分類與分離



# 學習地圖

## 物質的組成

### 物質的分類 與分離

純物質與混合物

物質的狀態與相圖

### 道耳頓的 原子說

質量守恆定律

定比定律

倍比定律

### 分子的概念

氣體化合物體積定律

亞佛加厥定律

### 原子量與 莫耳數

原子量

分子量

莫耳數的計算

### 原子的結構 與元素週期表

原子的組成

週期表的週期性

電子的排列



# 物質的種類

## 純物質

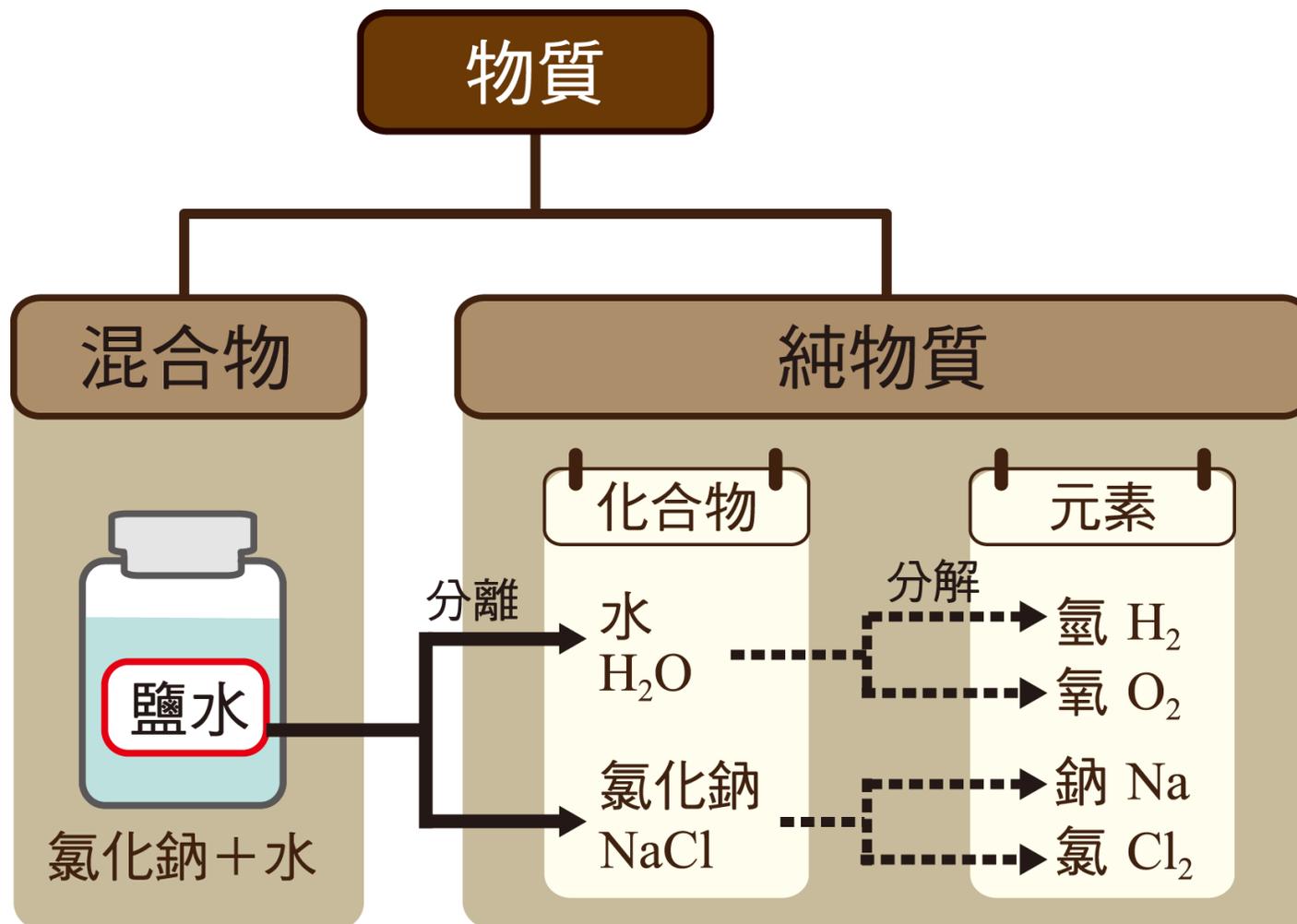
組成均勻，有一定的組成及性質。

## 混合物

組成及性質並不固定，由兩種或兩種以上的純物質，依任意比例混合而成。



# 物質的種類





# 物質的種類

純物質

化合物

元素

僅由一種原子構成，無法再以一般的化學方法再分解。例：氫( $H_2$ )、臭氧( $O_3$ )

由兩種以上的原子依一定比例化合而成，可再經化學反應分解出其他物質。例：水( $H_2O$ )、氯化鈉( $NaCl$ )



# 物質的變化

物質的變化	本質	產物	結果	實例
物理 變化	分子種類 不改變	無新物質 產生	分子種類、原子種類、原子 數目及排列方式均未改變	冰融化成水
化學 變化	原子的 重新組合	有新物質 產生	原子種類及數目不變，但排 列方式改變，分子種類改變	紙在空氣中 燃燒



# 物質的變化

物質的變化	本質	產物	結果	實例
物理 變化	分子種類 不改變	無新物質	分子種類、原子種類、原子 數目及排列方式均未改變	冰融化成水
<b>物質反應的能量變化</b> <b>核反應（核融合 &gt; 核分裂） &gt; 化學變化 &gt; 物理變化</b>				
化學 變化	原子的 重新組合	有新物質 產生	原子種類及數目不變，但排 列方式改變，分子種類改變	紙在空氣中 燃燒



## 例題 1

物質可依性質是否固定，分為混合物和純物質；純物質又分為元素和化合物。試根據上述方法，將甲～辛的物質分類成：

(1) 混合物、(2) 元素、(3) 化合物。

甲、雙氧水    乙、黃金    丙、空氣    丁、二氧化碳

戊、葡萄糖    己、白金    庚、乙酸    辛、鹽酸



甲、雙氧水    乙、黃金    丙、空氣    丁、二氧化碳  
戊、葡萄糖    己、白金    庚、乙酸    辛、鹽酸

(1) 混合物：甲、丙、辛

(2) 元素：乙、己

(3) 化合物：丁、戊、庚



## 解析

- (1) 混合物：雙氧水（過氧化氫的水溶液）、空氣和鹽酸（氯化氫的水溶液）。
- (2) 元素：黃金（Au）和白金（鉑Pt）。
- (3) 化合物：二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）、葡萄糖（ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ）和乙酸（ $\text{CH}_3\text{COOH}$ ）。



## 練習 1

下列何者是純物質？

(A)汽油 (B)青銅 (C)臭氧 (D)不鏽鋼 (E)碘酒。



解析

解 (C)

下列何者是純物質？

(A)汽油 (B)青銅 (C)臭氧 (D)不鏽鋼 (E)碘酒。



## 解析

- (A) 汽油：烴類的混合物
- (B) 青銅：純銅加入錫的合金
- (C) 臭氧：純物質
- (D) 不鏽鋼：鐵、鉻、鎳、碳等元素混合的合金
- (E) 碘酒：碘、碘化鉀的乙醇溶液。



## 例題 2

下列哪些屬於化學變化？（應選2項）

(A)汽油揮發 (B)糖溶於水 (C)乾冰昇華

(D)電解水 (E)向澄清石灰水吹氣，使石灰水變混濁。



## 解析

## 解 (D)(E)

下列哪些屬於化學變化？（應選2項）

(A)汽油揮發 (B)糖溶於水 (C)乾冰昇華

(D)電解水 (E)向澄清石灰水吹氣，使石灰水變混濁。



## (D) 電解水

-> 電解水會產生氫氣和氧氣，是化學變化。

## (E) 向澄清石灰水吹氣，使石灰水變混濁

-> 二氧化碳通入澄清石灰水，產生難溶於水的碳酸鈣。



## 練習 2

下列哪個現象不屬於化學變化？

(A)鐵的生鏽    (B)霧的生成    (C)螢火蟲發光

(D)植物的光合作用    (E)人的呼吸作用。



## 解析

## 解 (B)

下列哪個現象不屬於化學變化？

(A)鐵的生鏽    (B)霧的生成    (C)螢火蟲發光

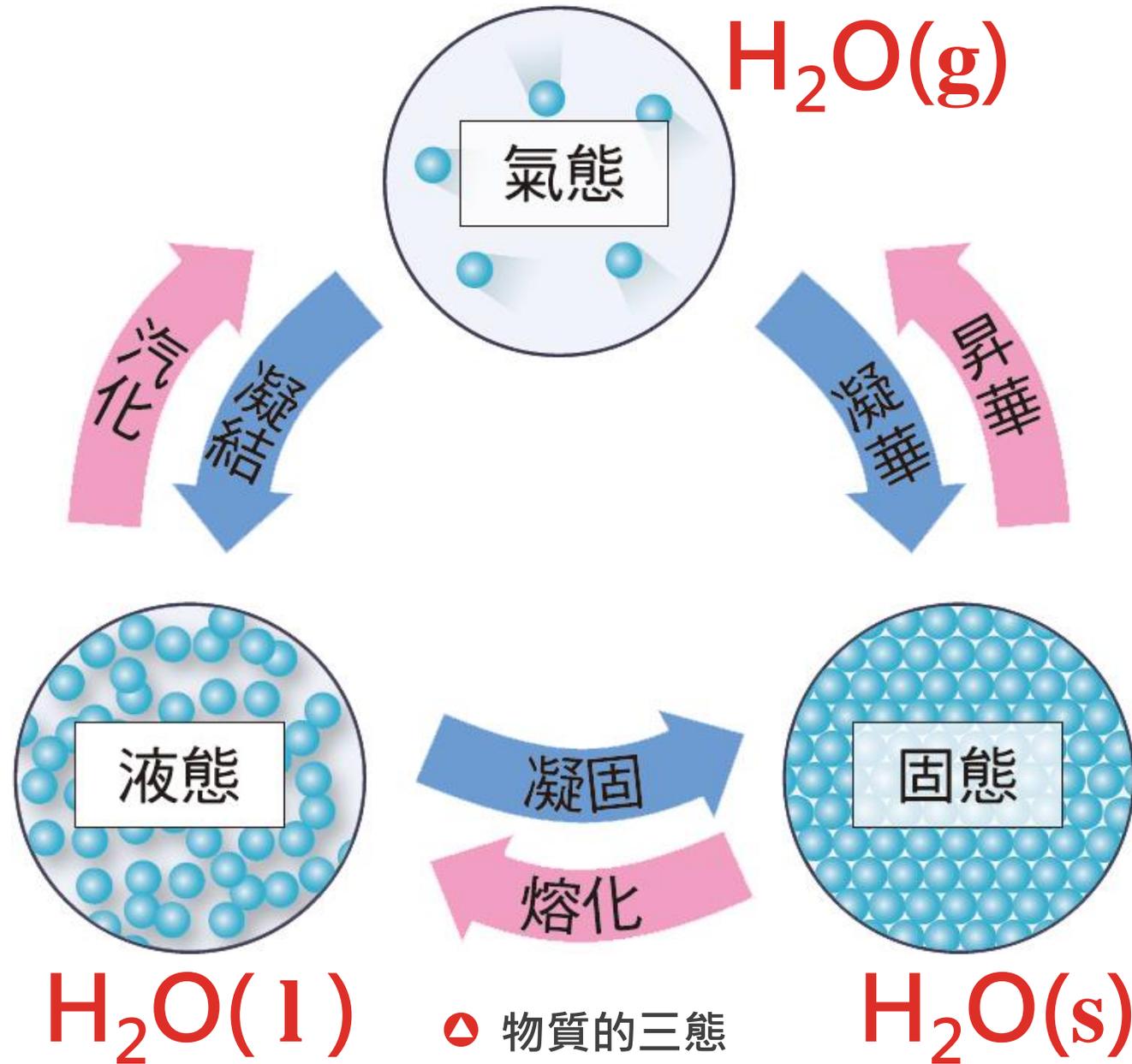
(D)植物的光合作用    (E)人的呼吸作用。

霧的生成是因水蒸氣凝結，屬於物理變化。



# 物質的三態

物質三態可分別在化學式後方標示： $(s)$ 表示固態， $(l)$ 表示液態和 $(g)$ 表示氣態。如下一頁圖片，可以用 $H_2O(s)$ 表示冰、 $H_2O(l)$ 表示水、 $H_2O(g)$ 表示水蒸氣。





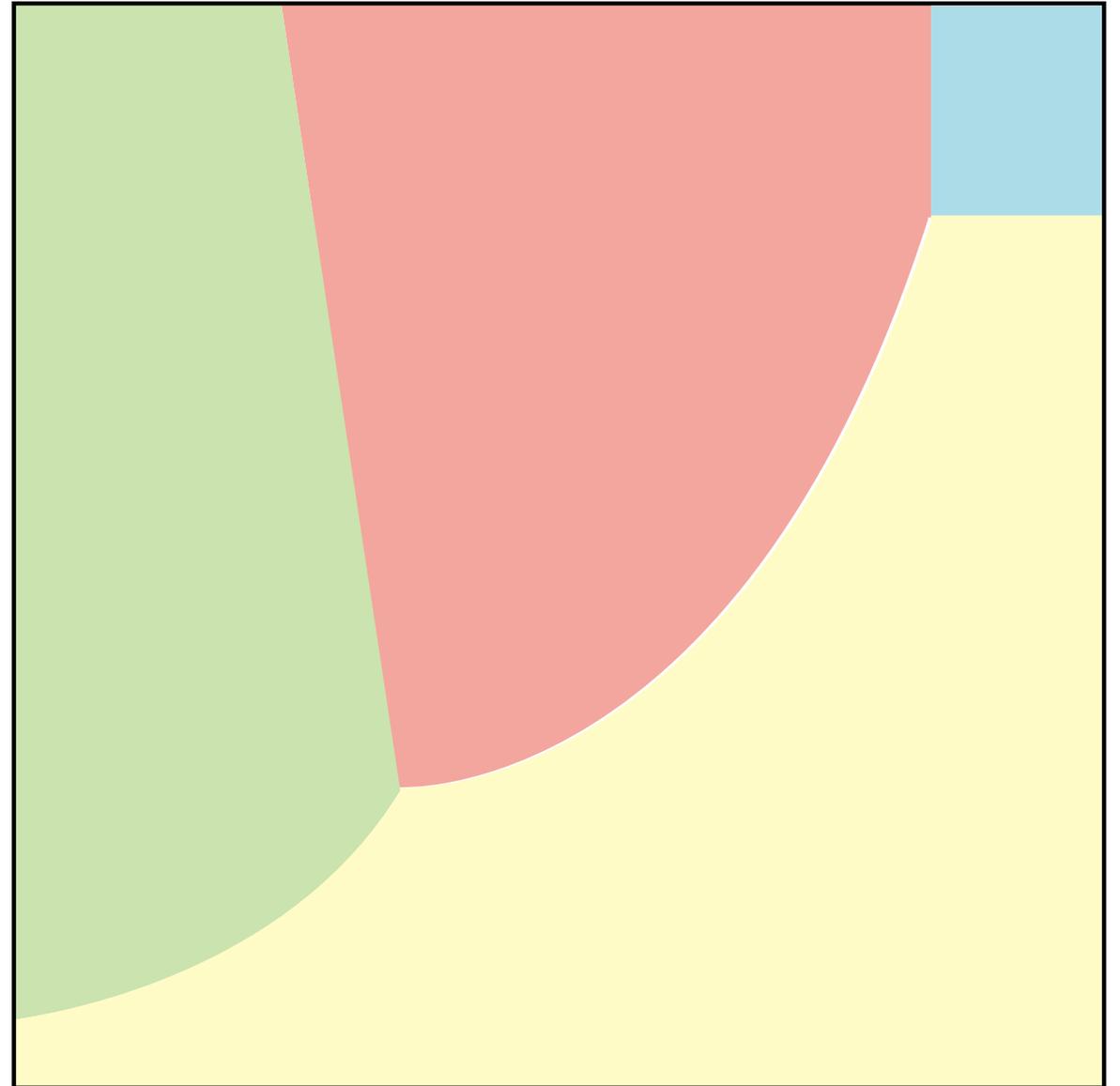
# 物質的三態

物質狀態	體積	形狀	粒子間束縛力	粒子特性
固態	固定	固定	最大	整齊堆疊
液態	固定	不固定	介於固態與氣態之間	可稍微自由移動
氣態	不固定	不固定	最小	往四面八方 快速運動



# 物質的相圖

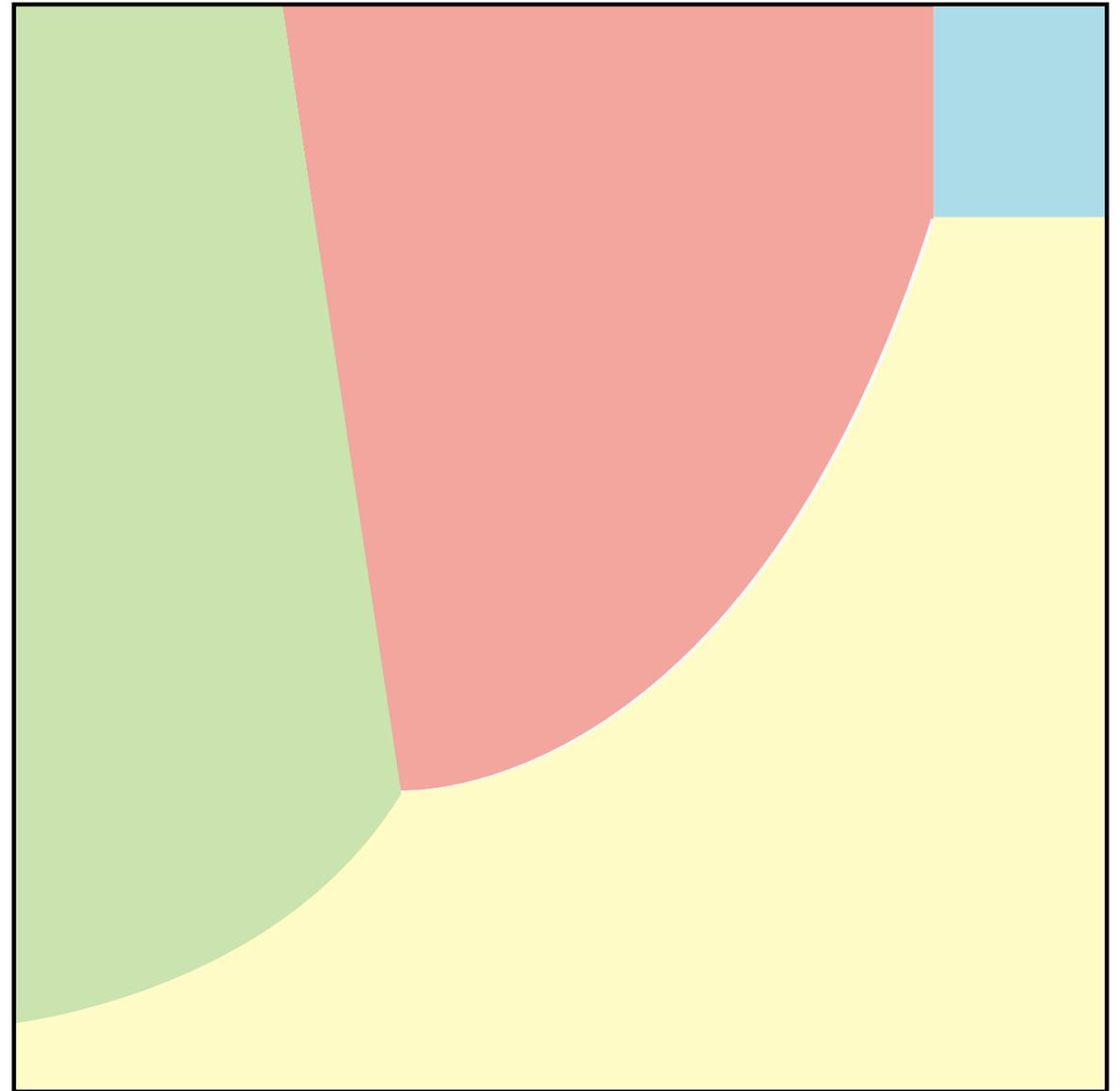
將物質的相態與其存在的溫度及壓力，繪成圖形，稱為「相圖」。以下將介紹水與二氧化碳2種相圖的特性：



# 水的相圖

以壓力為縱軸，溫度為橫  
軸，說明水的三相態。

壓力  
(atm)

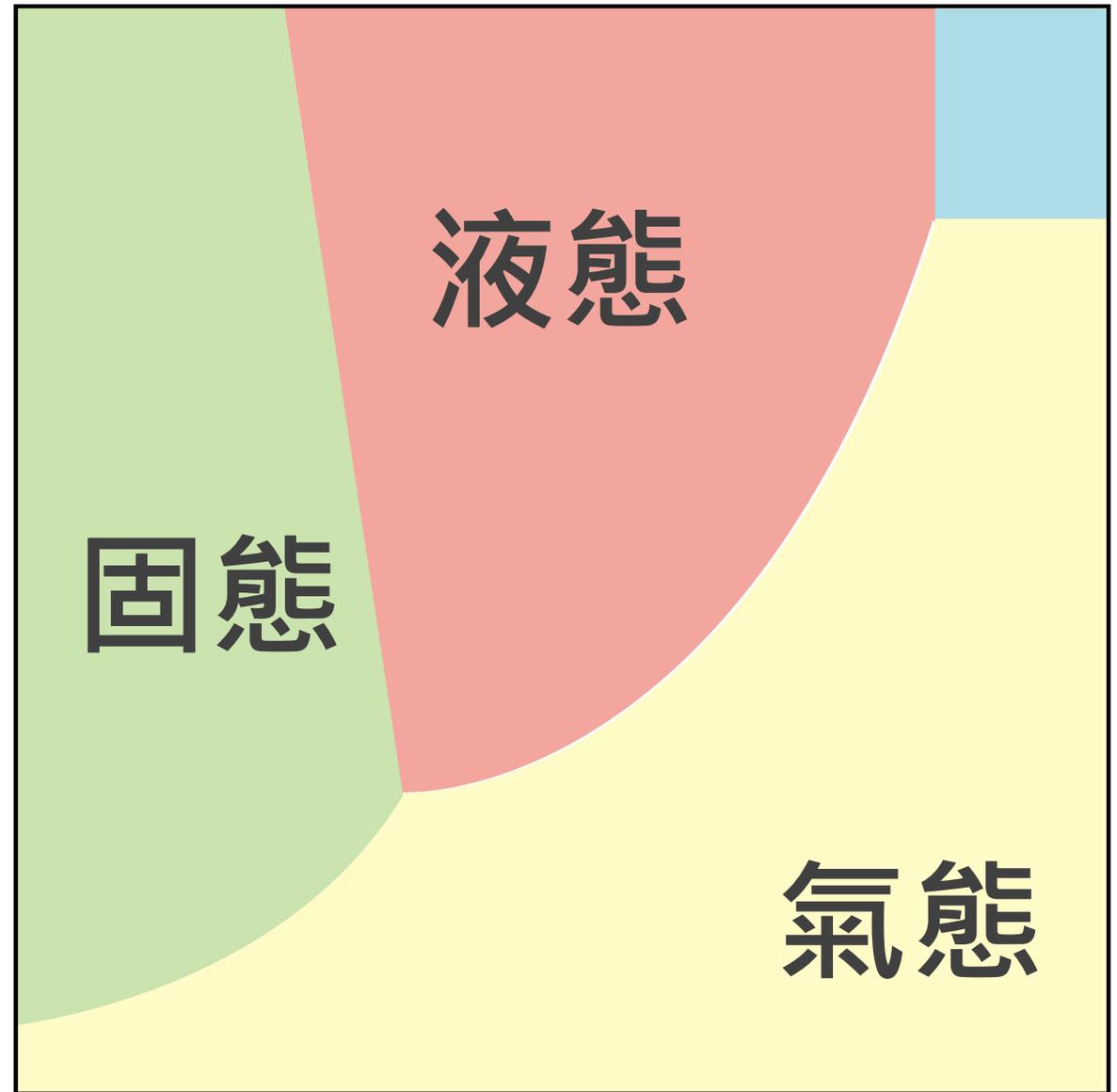


溫度(°C)

# 水的相圖

壓力  
(atm)

以壓力為縱軸，溫度為橫軸，說明水的相態。相圖上不同顏色的區域表示單一相態。



固態

液態

氣態

溫度(°C)

壓力  
(atm)

【AB線段】

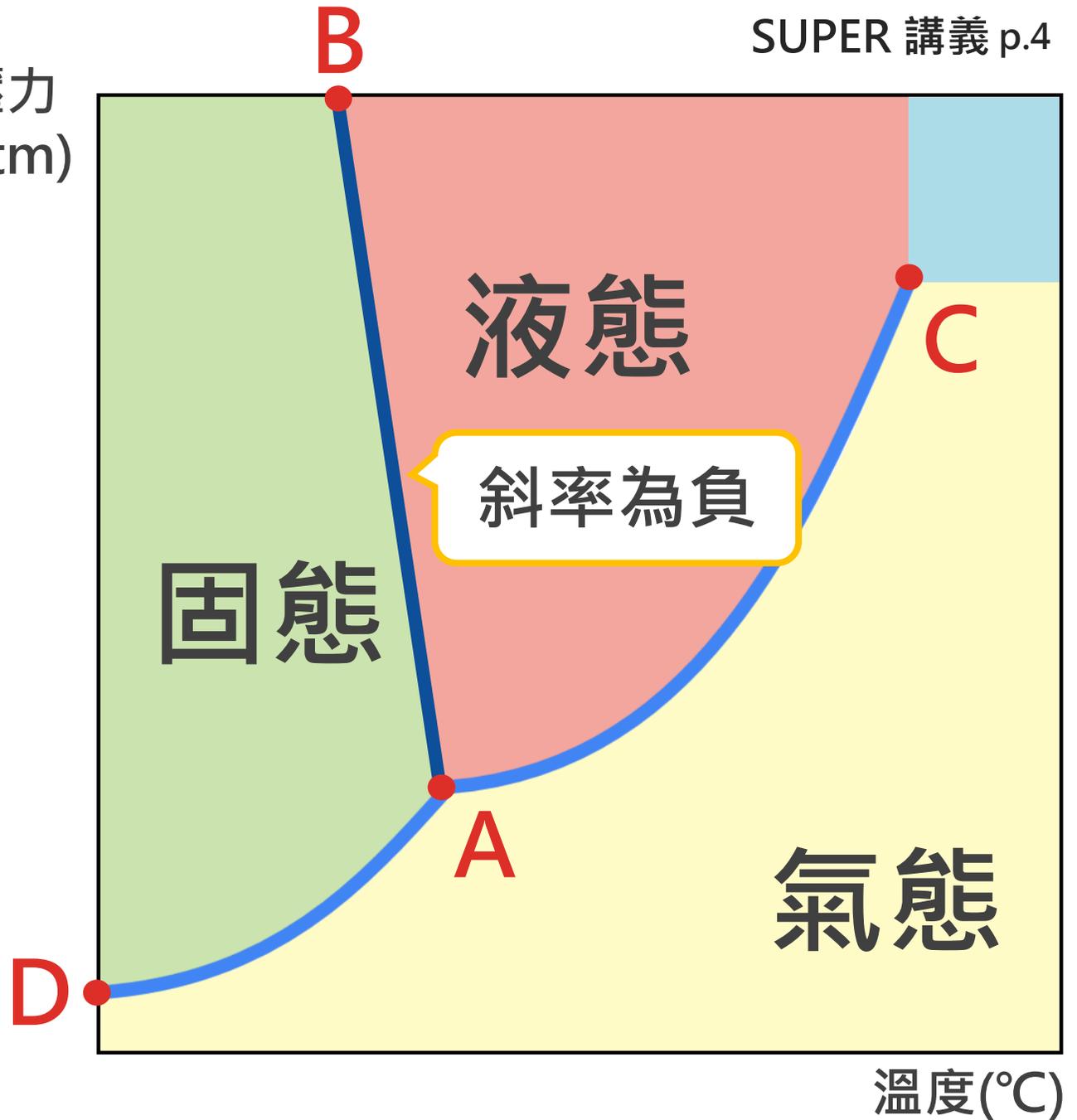
水和冰共存

【AC線段】

水和水蒸氣共存

【AD線段】

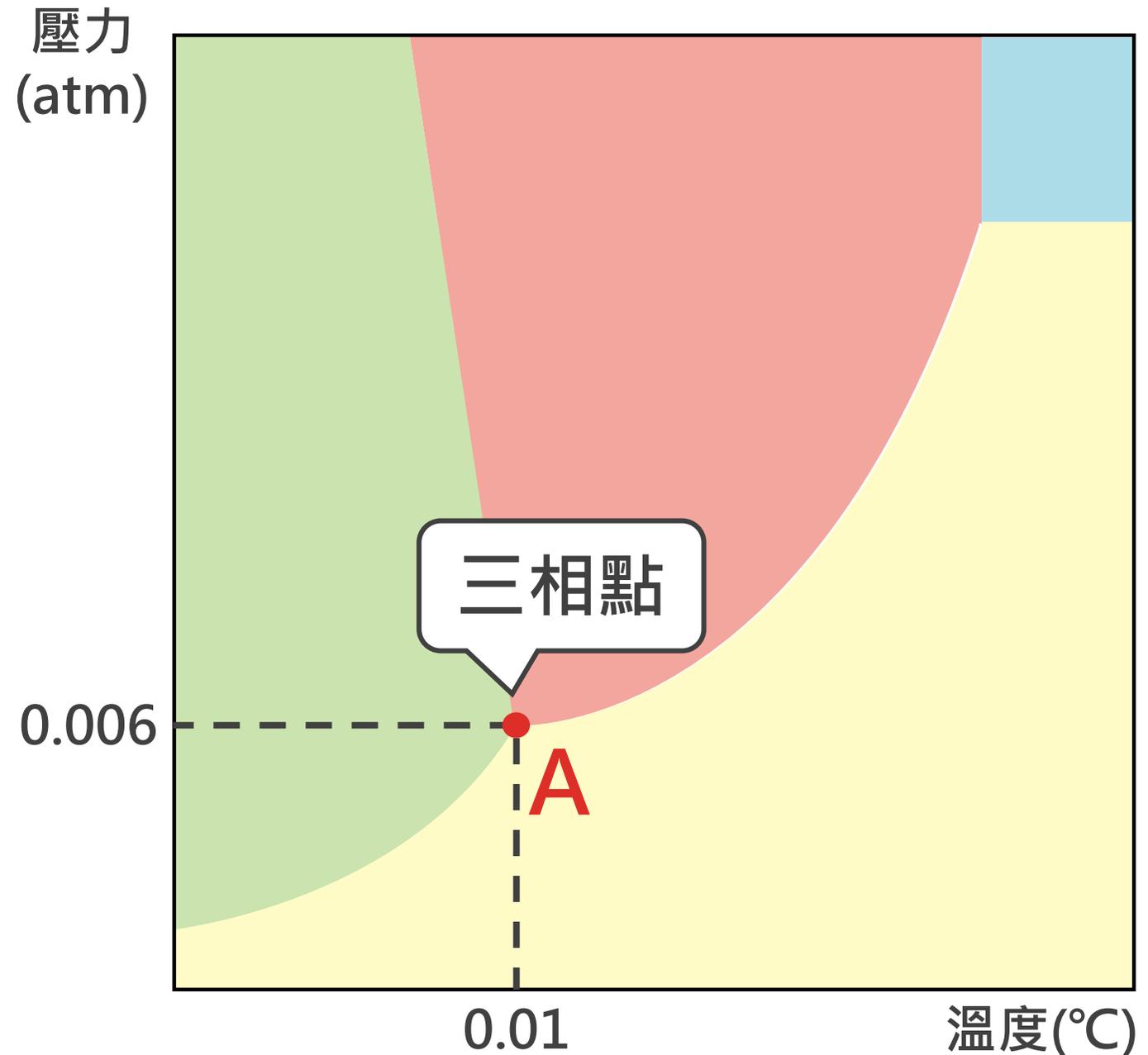
冰和水蒸氣共存



**【A點】**  
稱為三相點  
(固、液、氣共存)

壓力為0.006atm

溫度為0.01°C



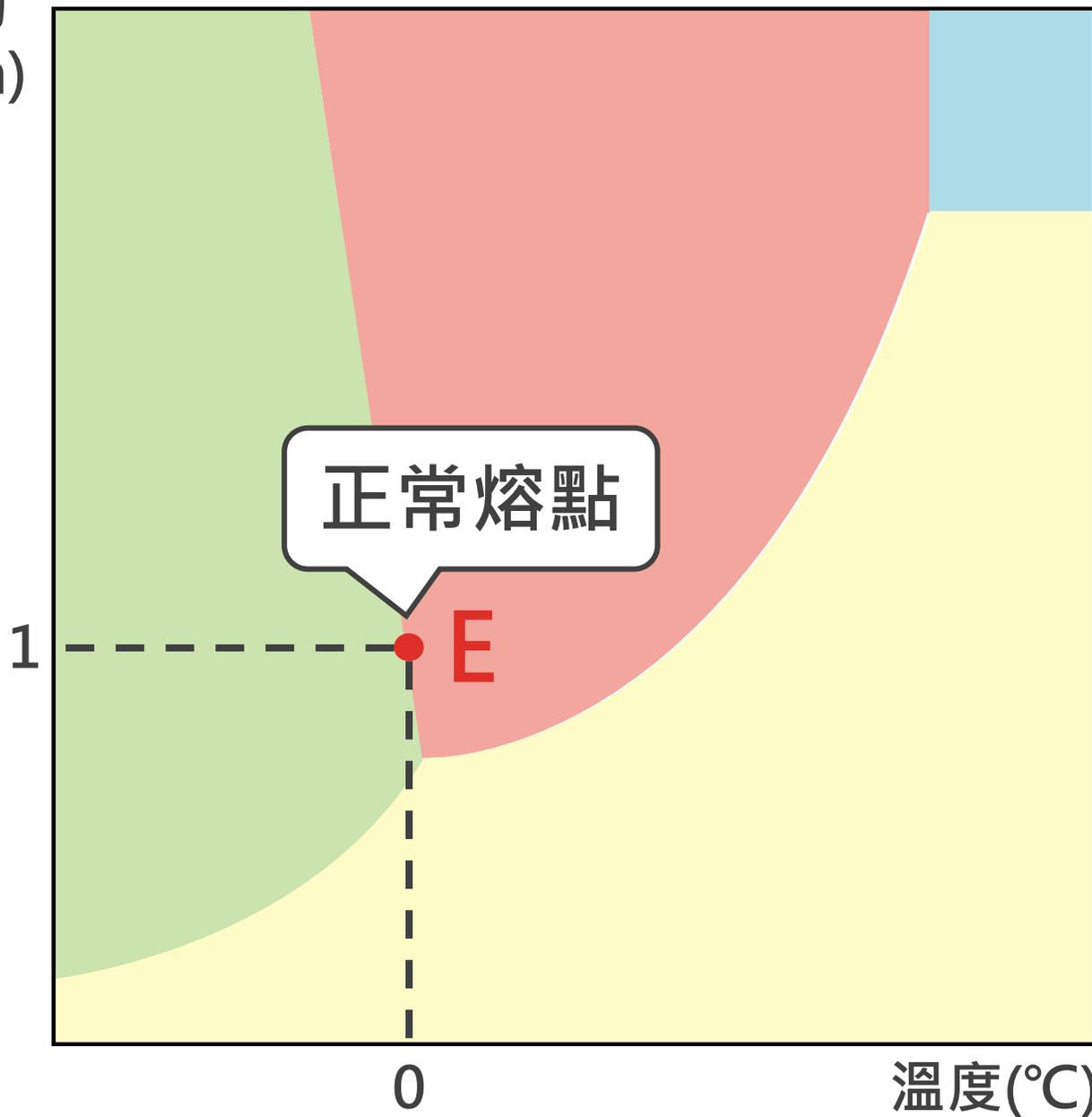
# 【E點】

稱為正常熔點

1atm下測得的

熔點應為0°C

壓力  
(atm)

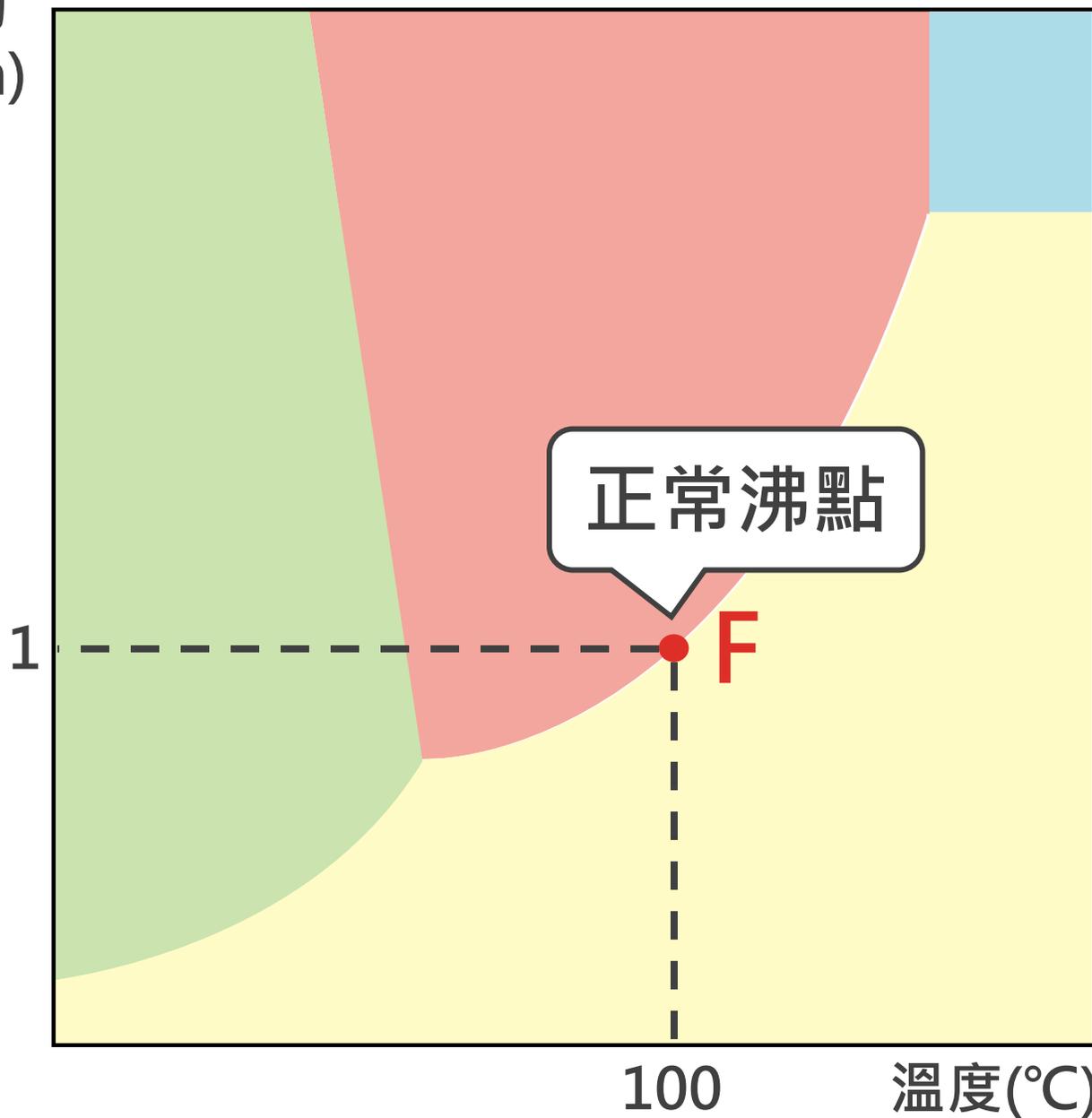


# 【F點】

稱為正常沸點

1atm下測得的  
沸點應為100°C

壓力  
(atm)



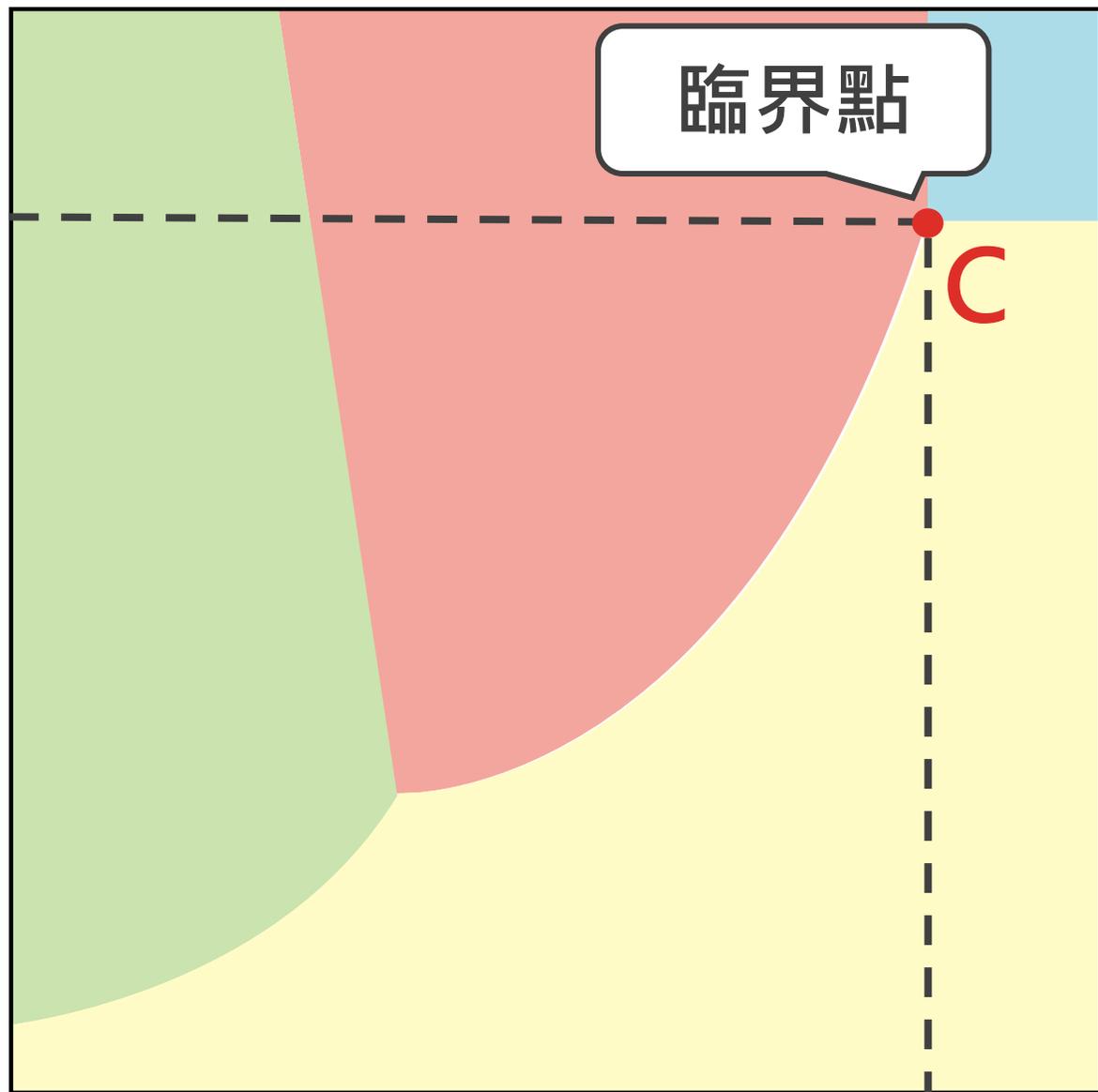
【C點】  
稱為臨界點

水的臨界溫度為 $374^{\circ}\text{C}$

臨界壓力為 $218\text{atm}$

壓力  
(atm)

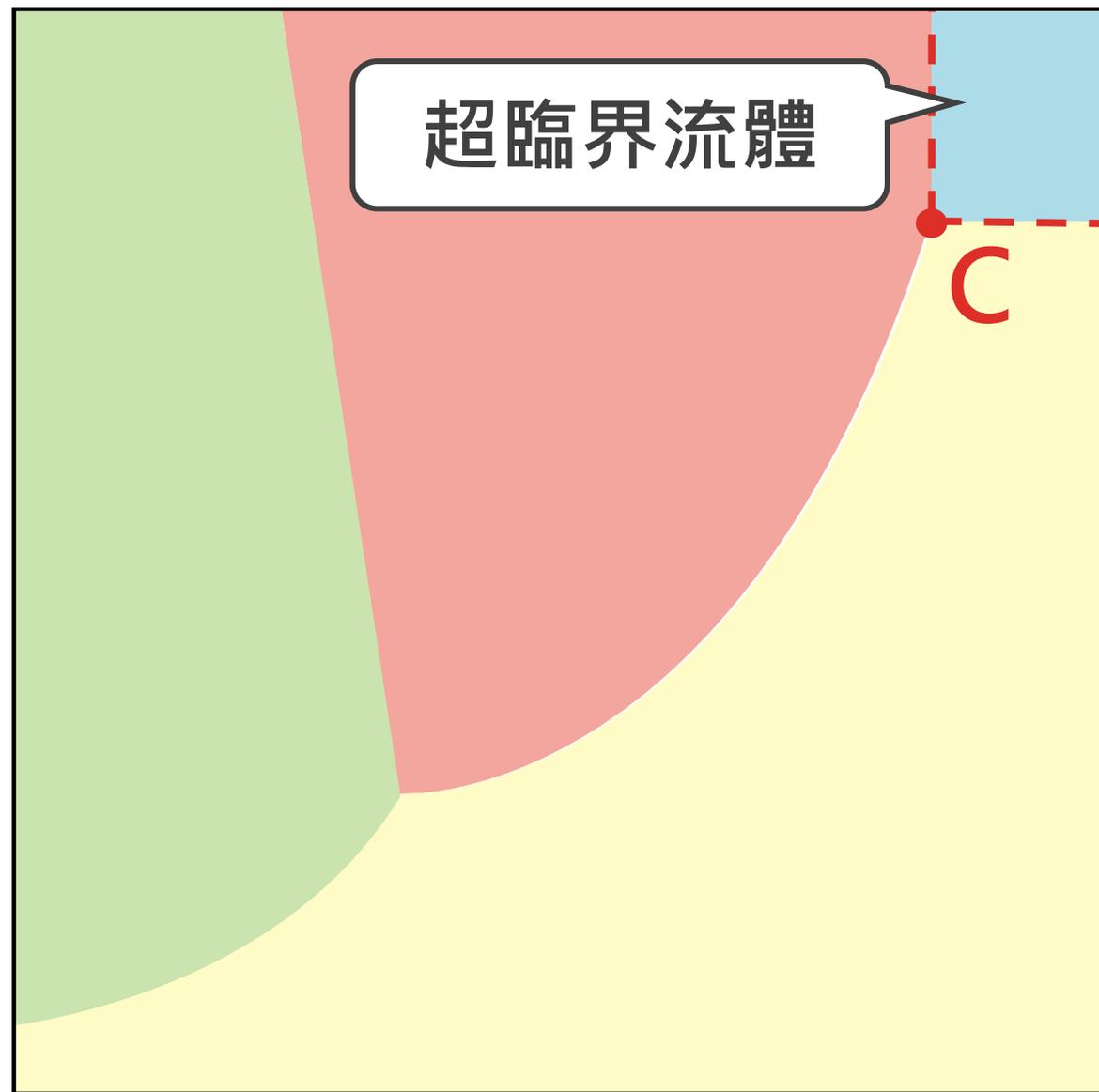
218



374 溫度( $^{\circ}\text{C}$ )

壓力  
(atm)

當物質的溫度和壓力高於臨界點時，液體和氣體之間沒有明顯的界面，物質會形成既非氣相、也非液相（即氣、液不分）的一種均勻相，稱為**超臨界流體**。



溫度(°C)

# 二氧化碳的相圖

也可分為固態、液態、  
氣態三區。

壓力  
(atm)

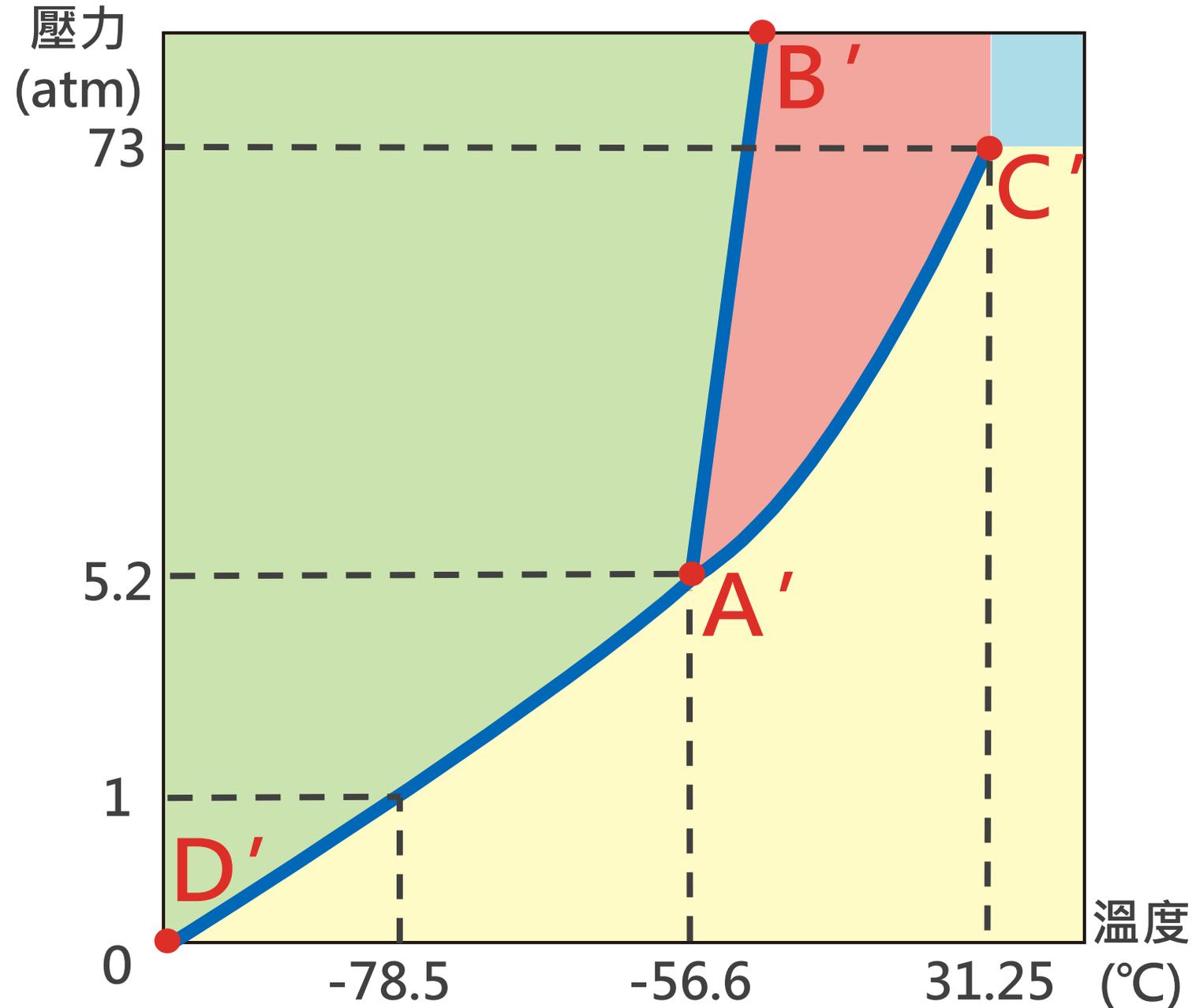


溫度(°C)

# 二氧化碳的相圖

也可分為固態、液態、  
氣態三區。

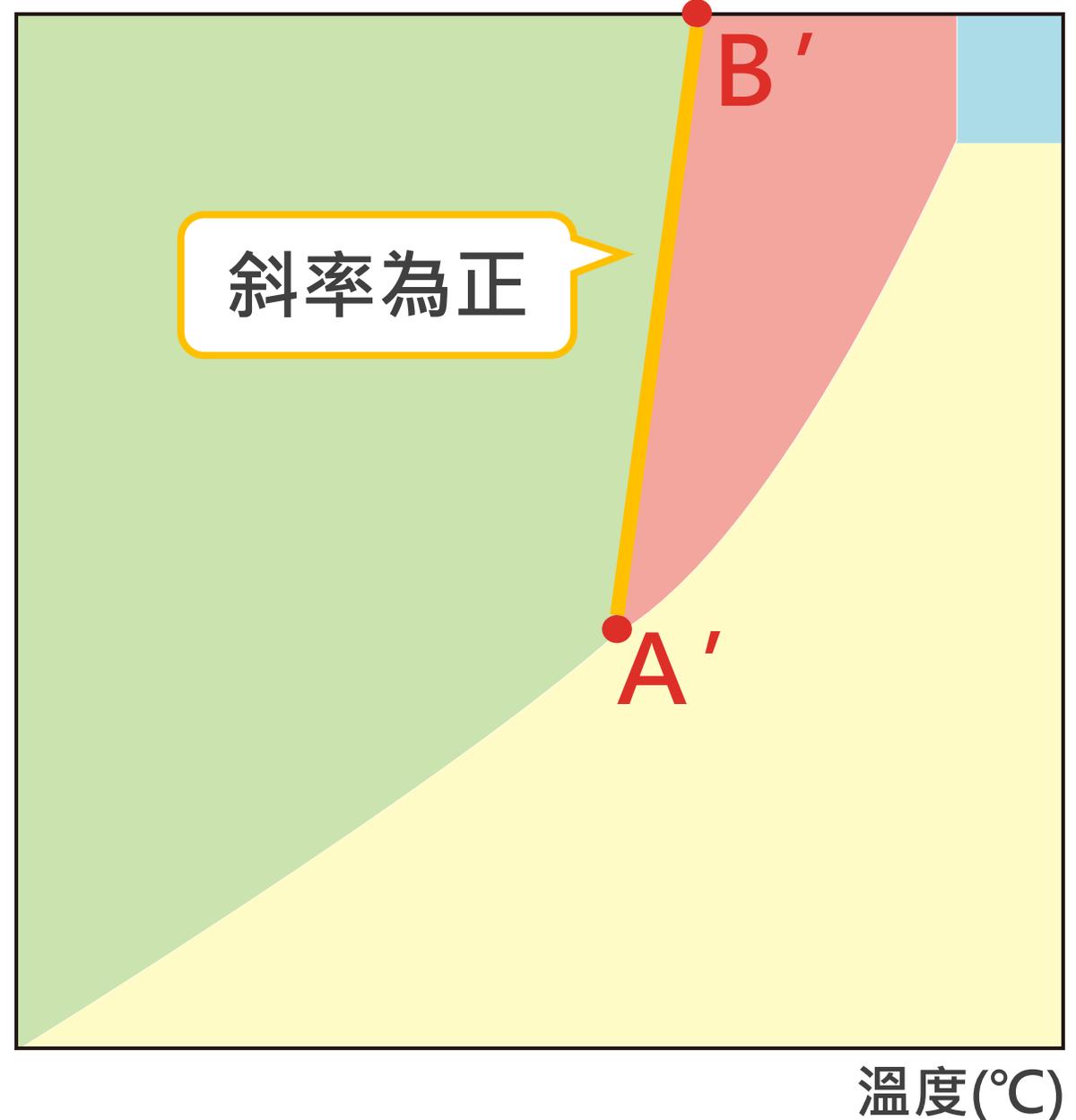
與水的相圖相同：相圖  
上共有三條線，每條線  
上的點亦為兩相共存。



## 二氧化碳的相圖

壓力  
(atm)

與水的相圖不同：固、液共存曲線斜率兩者相反，水的固、液共存曲線斜率為負值，但二氧化碳為正值。



溫度(°C)



## 小提醒

二氧化碳的三相點壓力為 $5.2\text{atm}$ ，溫度為 $-56.6^{\circ}\text{C}$   
若將操作壓力調整至 $5.2\text{atm}$ 以上，並開始加熱乾  
冰，就可以看到**二氧化碳的液態**。

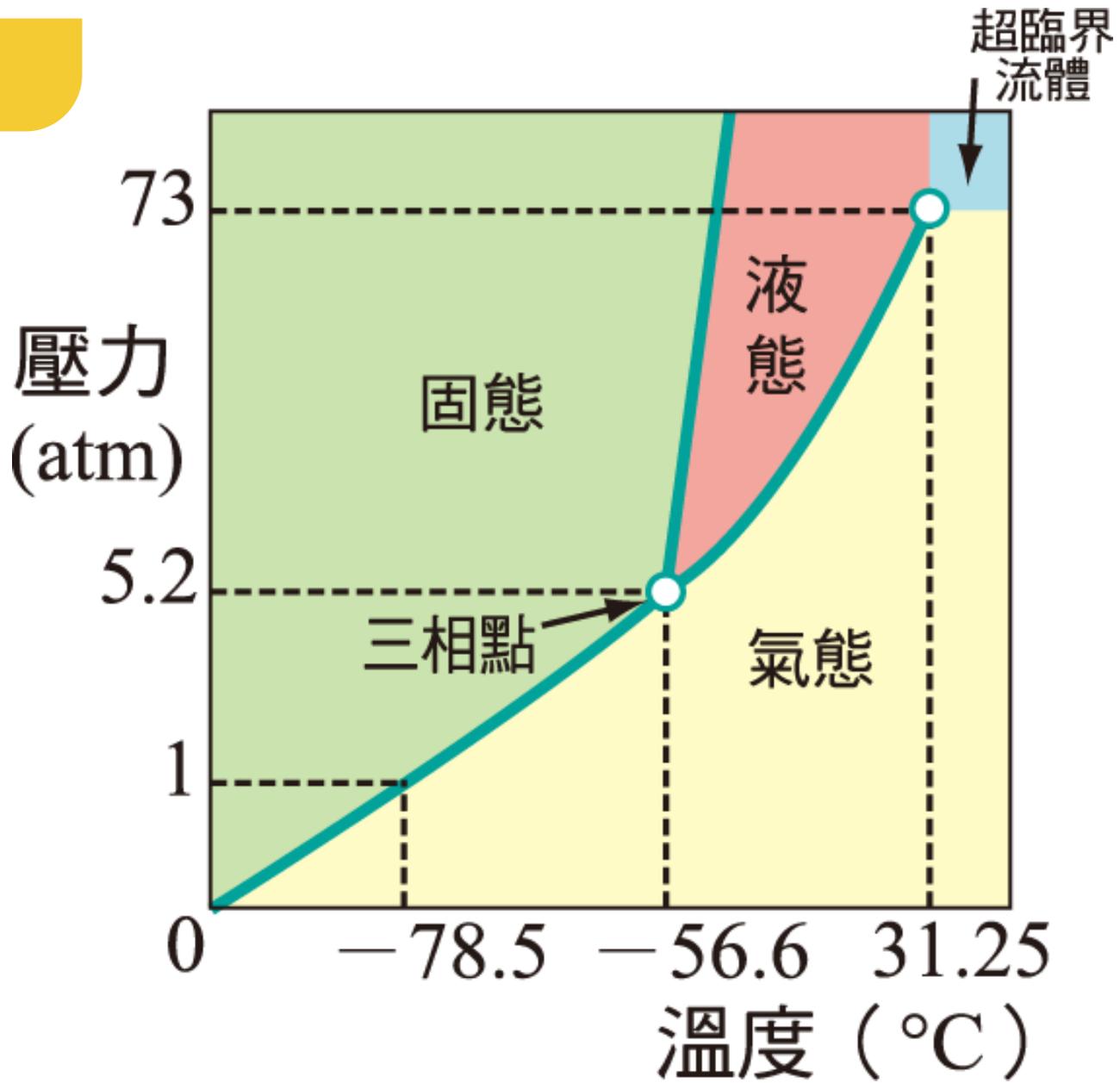


### 例題 3

乾冰是二氧化碳的固態，可用來製造人造雨及當作冷凍劑。我們利用人工方法產生冰晶或使小水滴長大，促使其產生降雨現象，稱為人造雨，最常使用乾冰或碘化銀。因為乾冰溫度低於  $-78.5^{\circ}\text{C}$ ，在缺乏冰晶的冷雲內，噴灑乾冰使其溫度驟降而產生冰晶。乾冰也可被放在飲料裡製成汽水，放入會冒出氣泡。附圖為二氧化碳的相圖，下列選項哪些正確？（應選2項）



# 例題 3





## 例題 3

- (A) 乾冰投入水時會冒出氣泡，此氣泡是二氧化碳
- (B) 承(A)，此氣泡溶於水可形成碳酸
- (C) 人造雨潑灑乾冰使溫度下降，是因乾冰昇華變成二氧化碳是放熱反應
- (D) 常溫(25°C)、常壓(1atm)下，對二氧化碳氣體加壓可得到乾冰
- (E) 壓力小於5.2atm時，加熱乾冰，可依序觀察到固、液、氣三態的二氧化碳。



## 解 (A)(B)

(A) 乾冰投入水時會冒出氣泡，此氣泡是二氧化碳

(B) 承(A)，此氣泡溶於水可形成碳酸

(C) 人造雨潑灑乾冰使溫度下降，是因乾冰昇華變成二氧化碳是放熱反應

(D) 常溫(25°C)、常壓(1atm)下，對二氧化碳氣體加壓可得到乾冰

(E) 壓力小於5.2atm時，加熱乾冰，可依序觀察到固、液、氣三態的二氧化碳。



(A)於1atm、室溫時，乾冰昇華成 $\text{CO}_2$ 氣體

(B)二氧化碳溶於水可形成碳酸， $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

(C)乾冰昇華變成氣態的二氧化碳是吸熱反應，溫度下降後，使水蒸氣凝結成水



(D) 在  $25^{\circ}\text{C}$ 、 $1\text{atm}$  下加壓，由相圖可知只能得到液態二

氧化碳

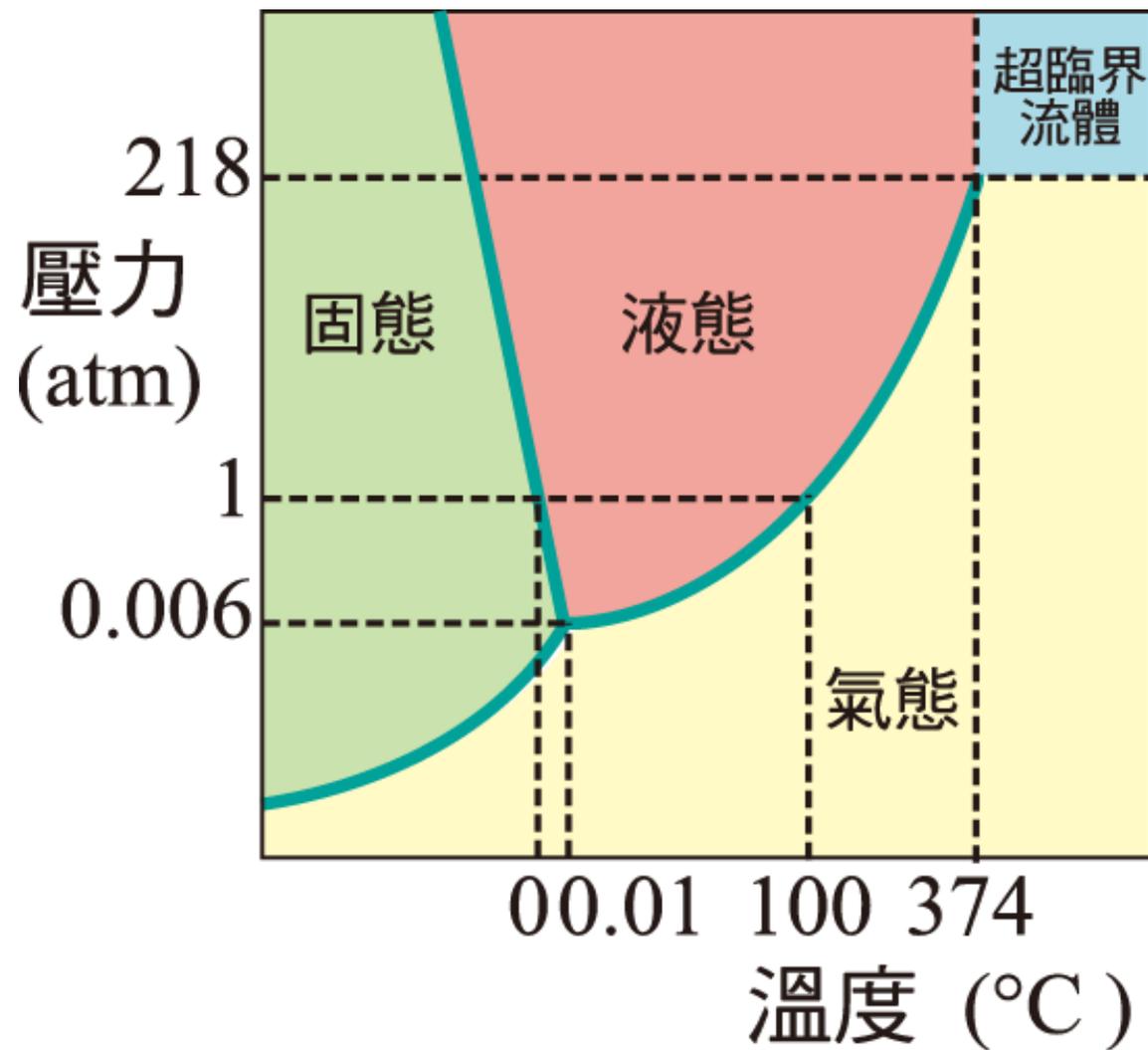
(E) 小於  $5.2\text{atm}$  時，乾冰加熱會直接昇華變為氣態，沒有

液態。



## 練習 3

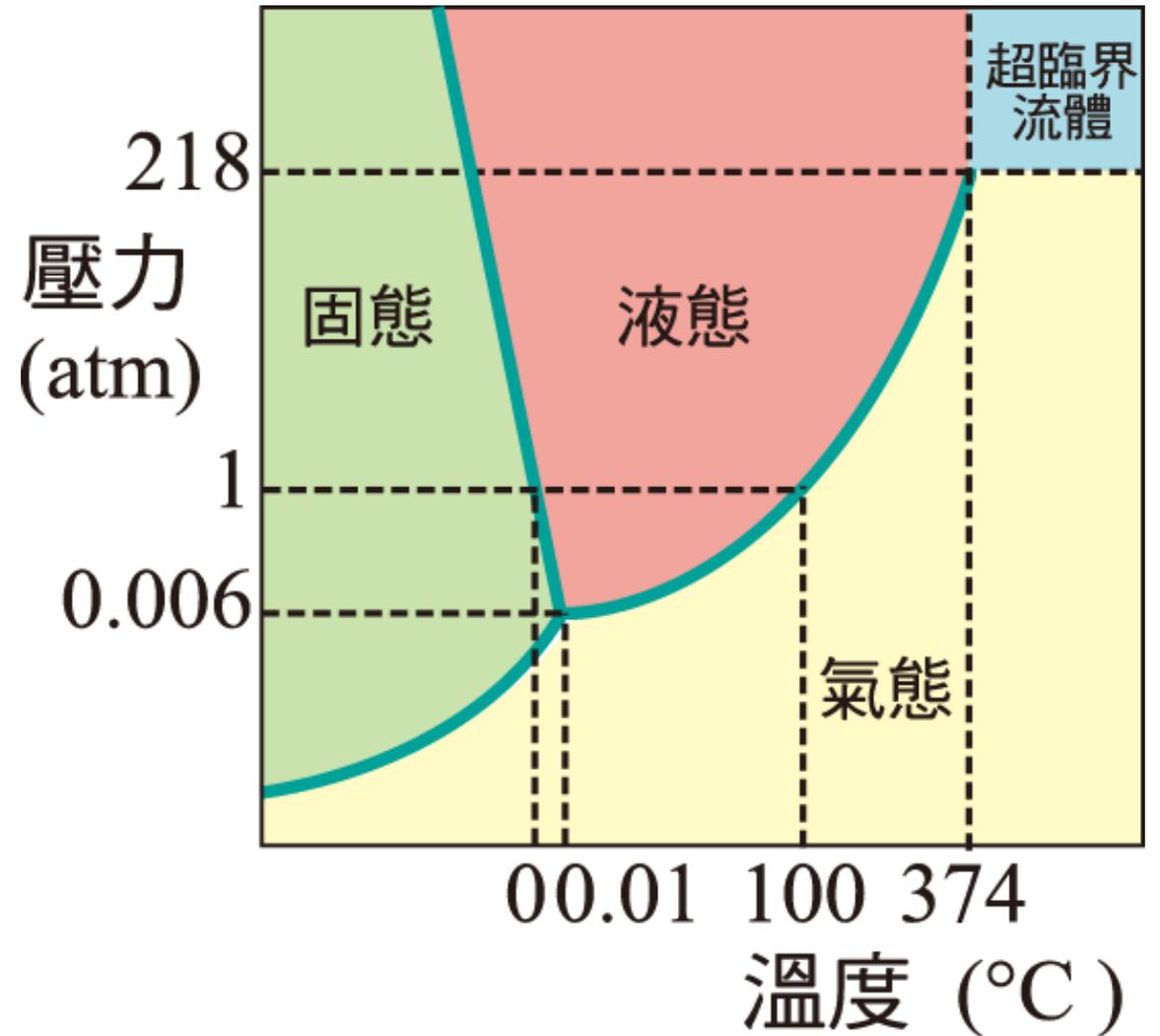
玉山主峰海拔3952公尺，為臺灣最高峰，小齊準備好登山裝備，準備一舉攻頂。請問在小齊登上山頂的過程中，水的沸點與凝固點應如何變化？附圖為水的相圖。





## 練習 3

- (A) 沸點升高，凝固點升高
- (B) 沸點降低，凝固點降低
- (C) 沸點升高，凝固點降低
- (D) 沸點降低，凝固點升高
- (E) 沸點升高，凝固點不變。

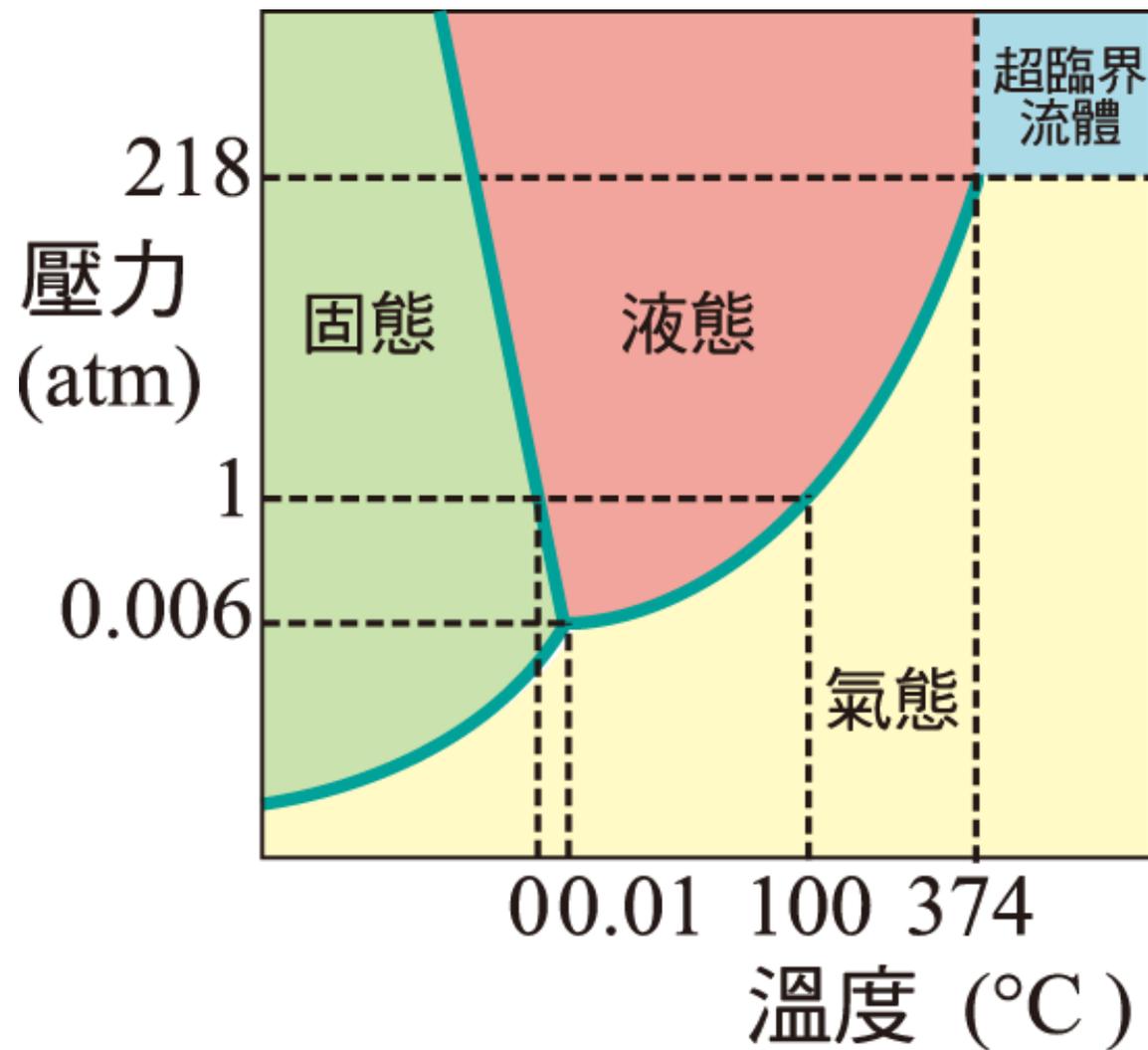




## 解析

## 解 (D)

- (A) 沸點升高，凝固點升高
- (B) 沸點降低，凝固點降低
- (C) 沸點升高，凝固點降低
- (D) 沸點降低，凝固點升高**
- (E) 沸點升高，凝固點不變。





## 解析

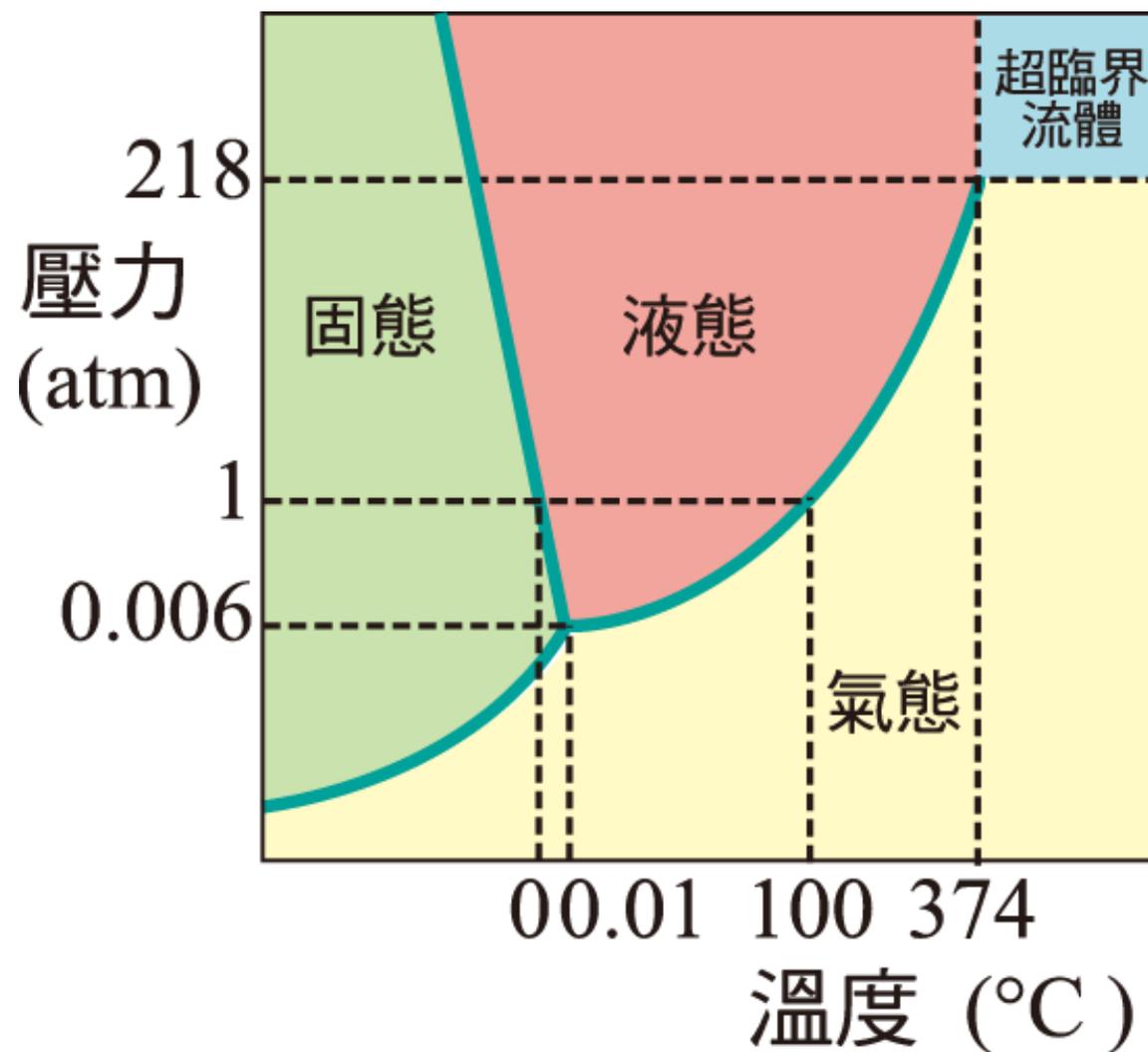
(D) 沸點降低，凝固點升高

登山過程中，氣壓會逐漸

下降，由水的相圖可知沸

點會逐漸降低，凝固點逐

漸升高。





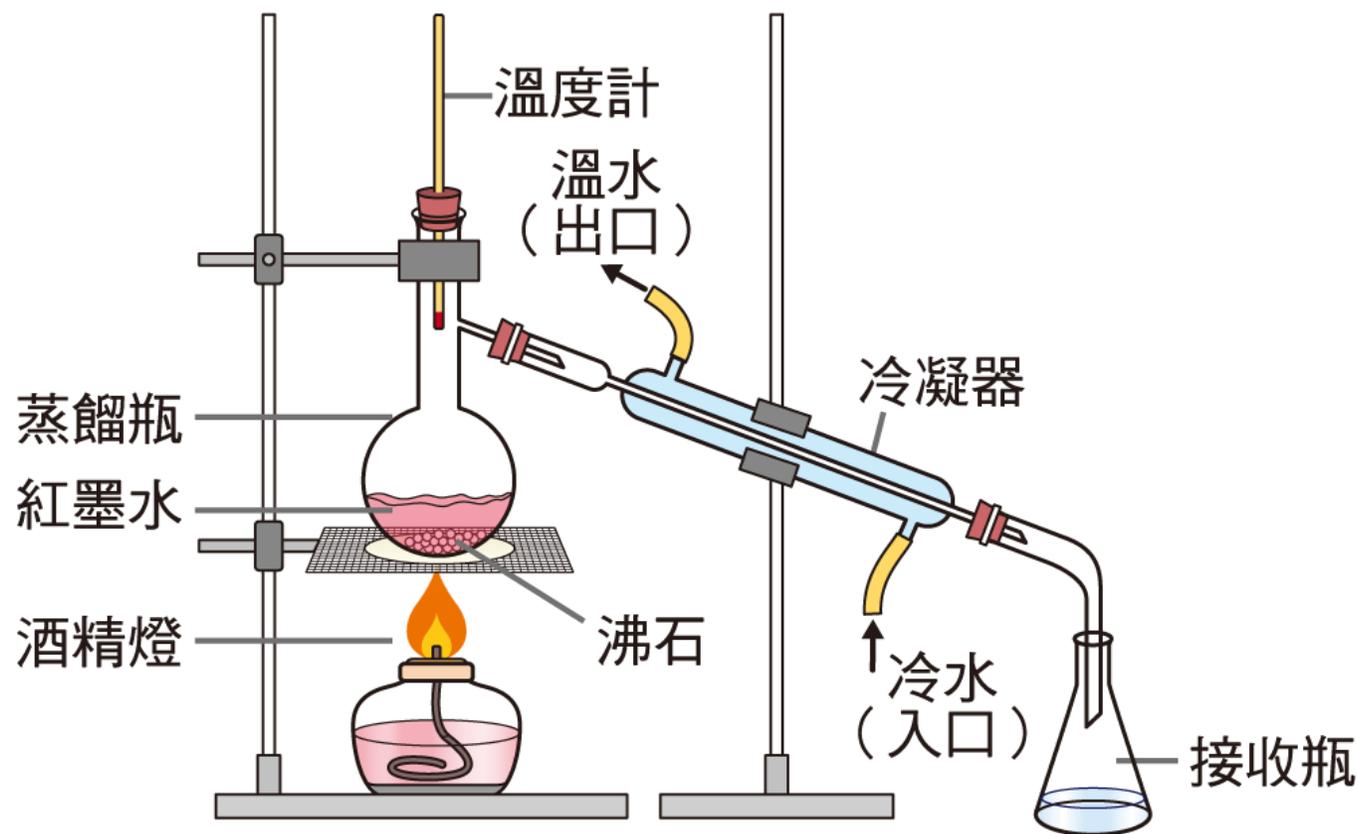
## 蒸餾

原理：利用不同物質間**沸點的差異**來分離物質，沸點低的物質會先汽化，再經過冷凝器將蒸氣冷凝並收集，即可與沸點高的物質分離。例：海水中分離出蒸餾水。



# 蒸餾

常見蒸餾裝置如下圖，使用蒸餾法將物質分離時，須留意：

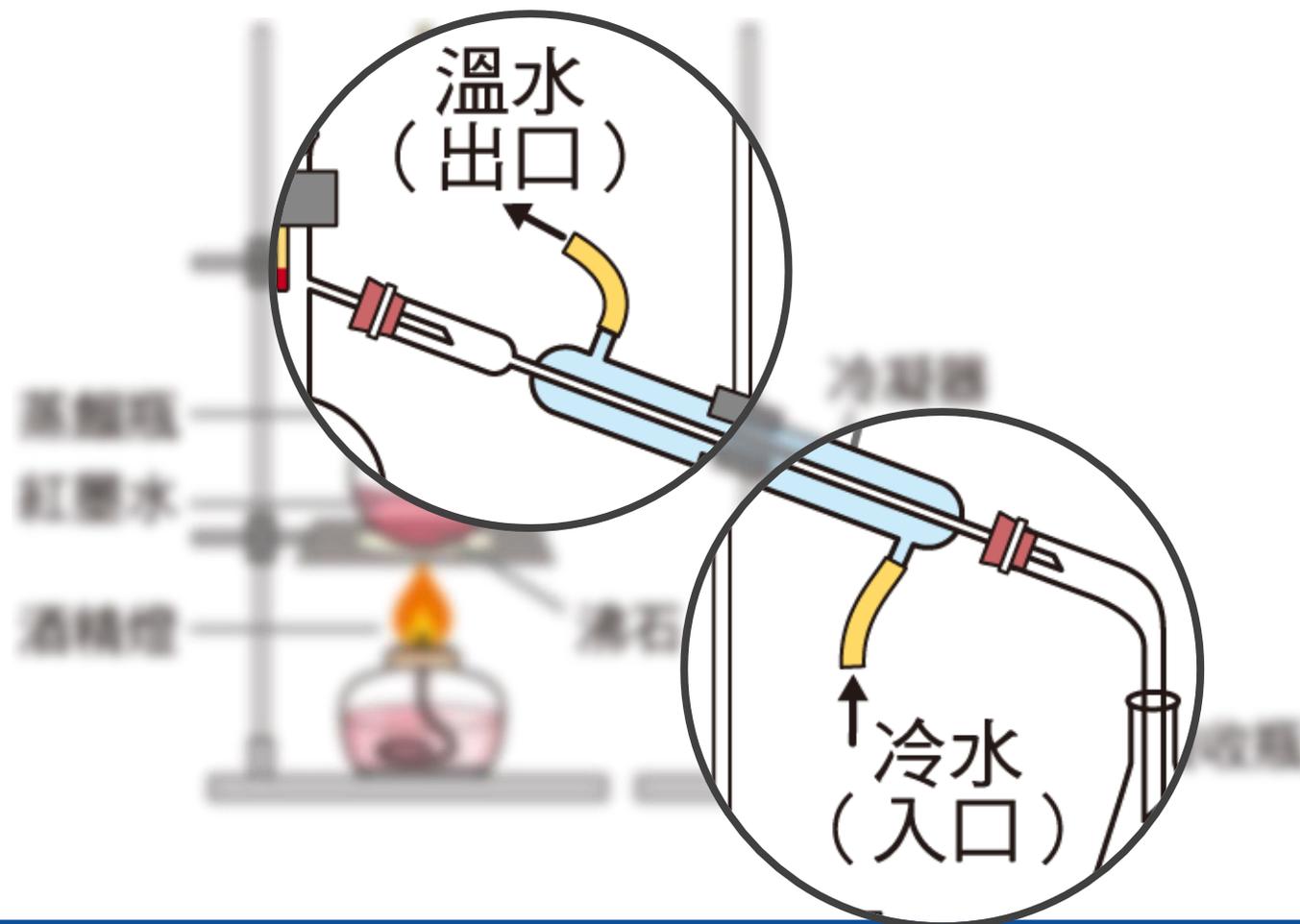


▲ 蒸餾裝置



# 蒸餾

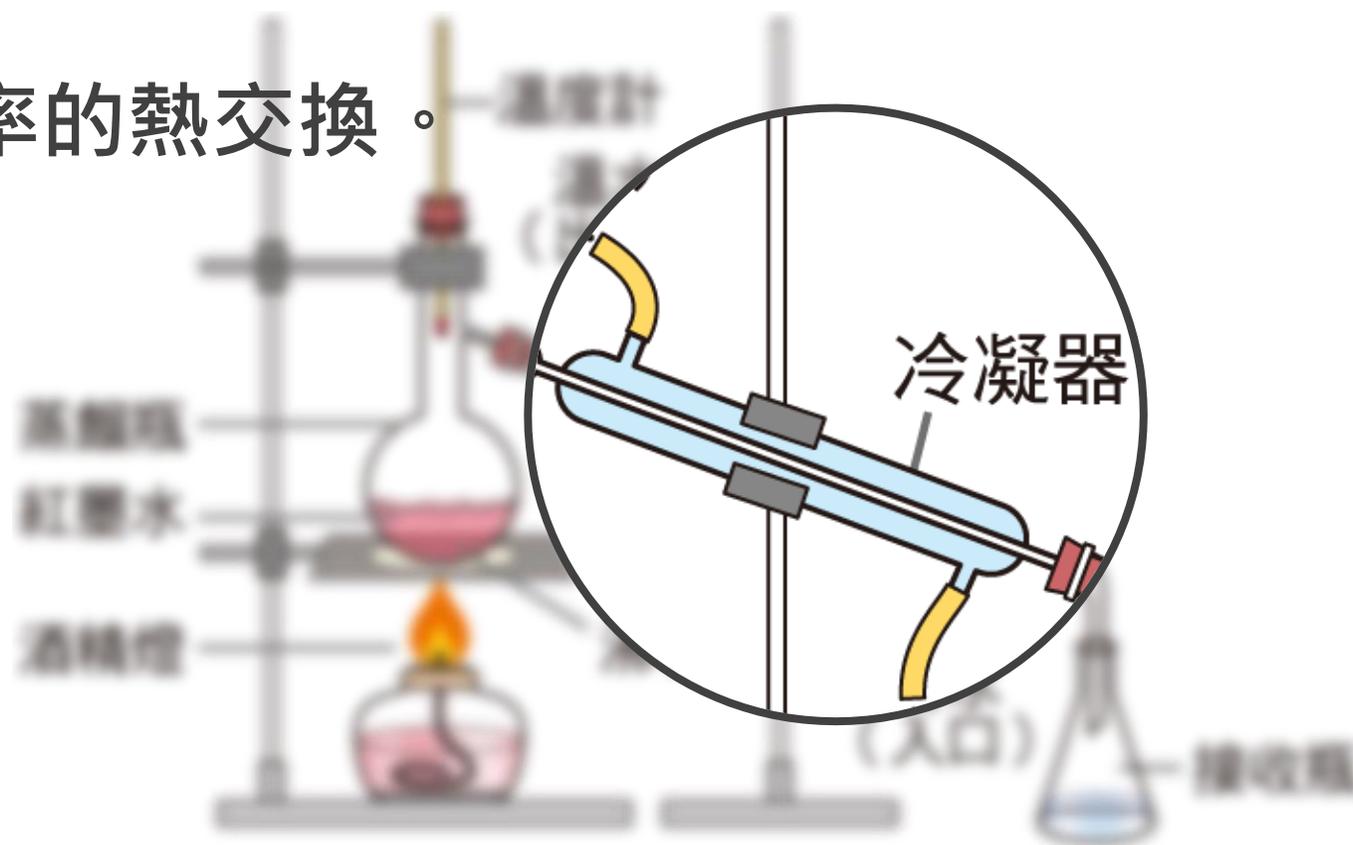
1. 冷凝器冷水入口在下方，溫水出口在上方。





# 蒸餾

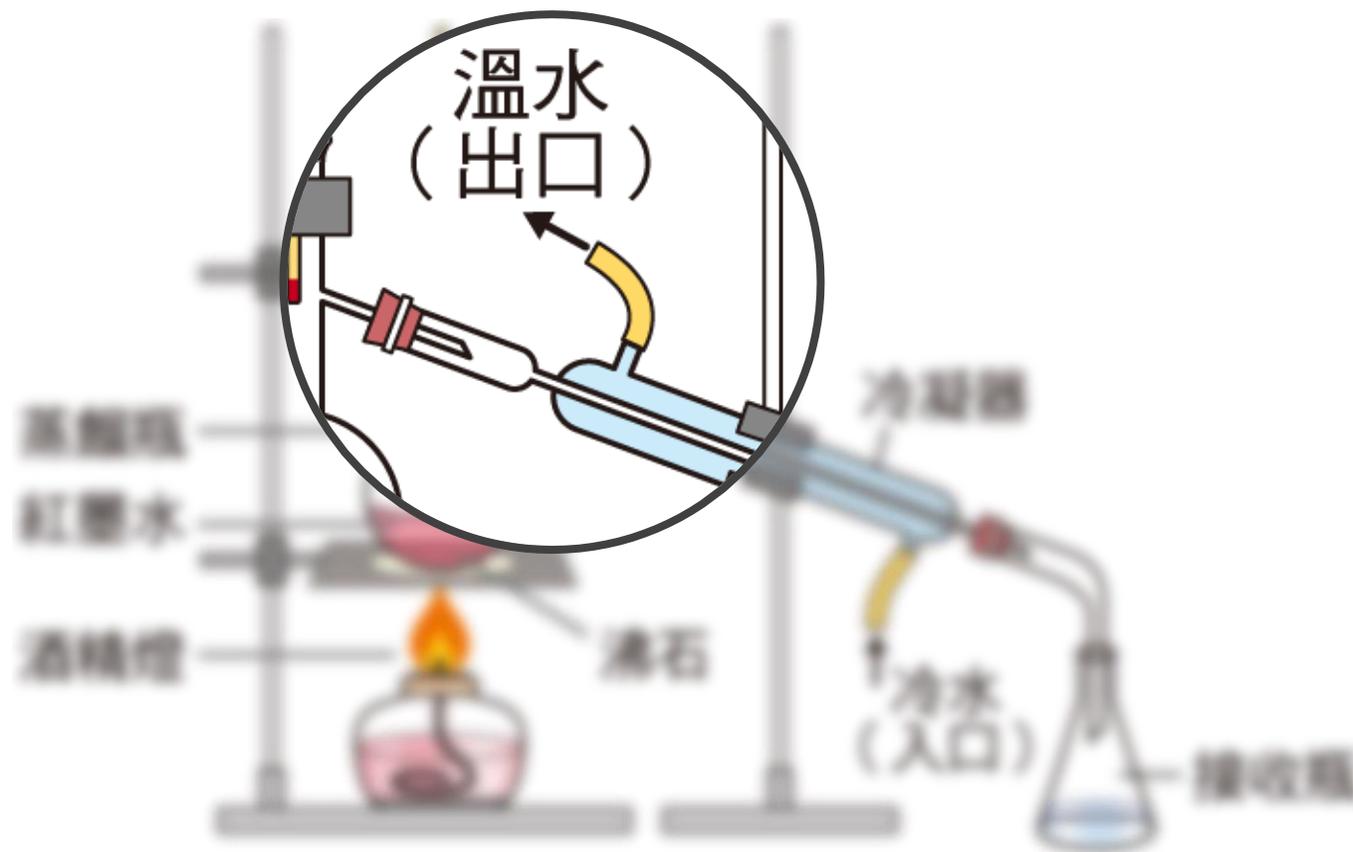
1. 使蒸氣與冷卻水的流動方向相反，蒸氣可與冷卻水做充分而且有效率的熱交換。





# 蒸餾

1. 當冷卻水變溫水時，密度變小而上升，由上方側管流出。





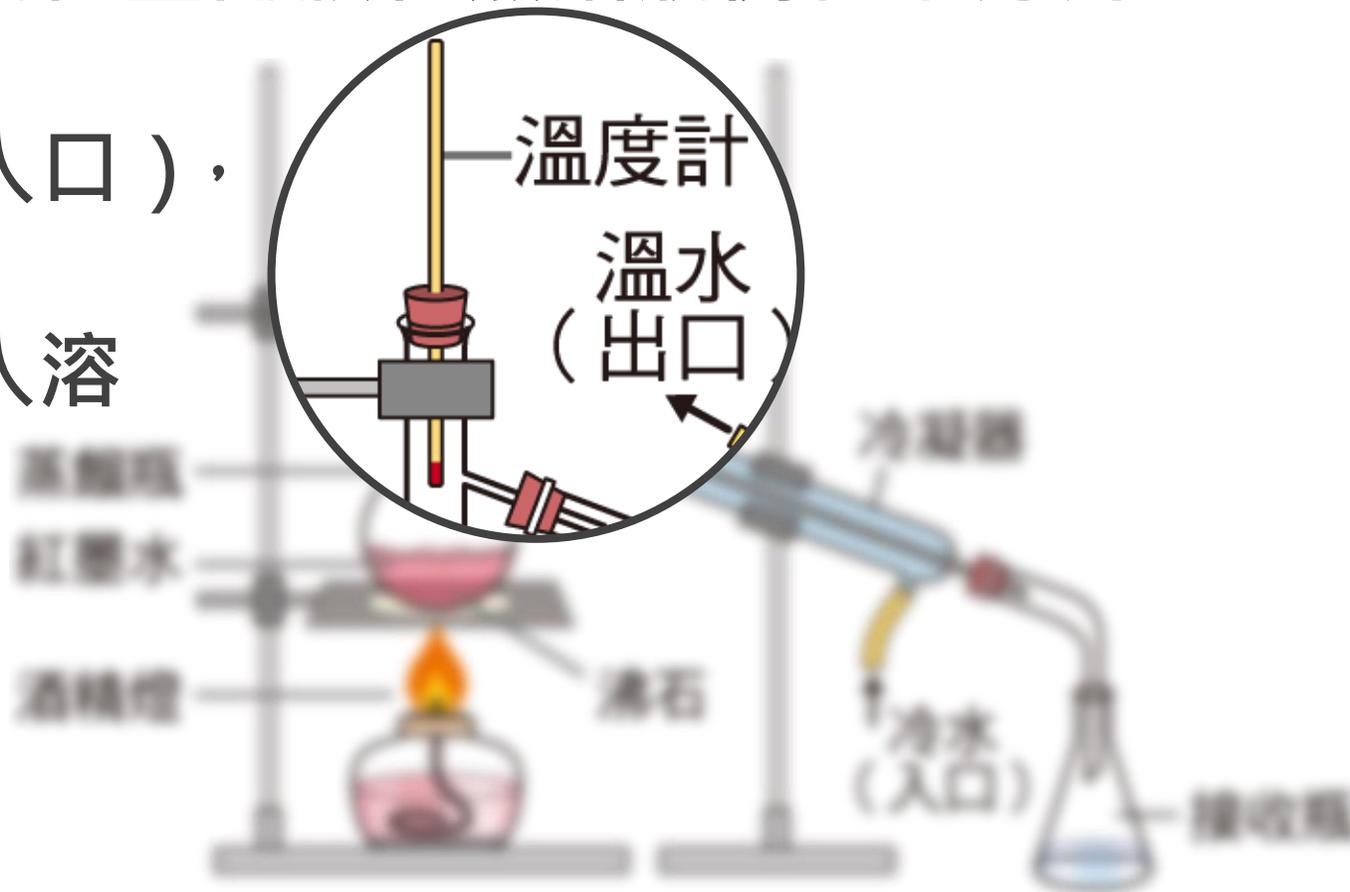
# 蒸餾

2. 溫度計底端位置需放在蒸餾瓶側管下方約0.5~1cm處 ( 冷

凝器蒸氣入口 ) ,

而不是插入溶

液中。





## 萃取

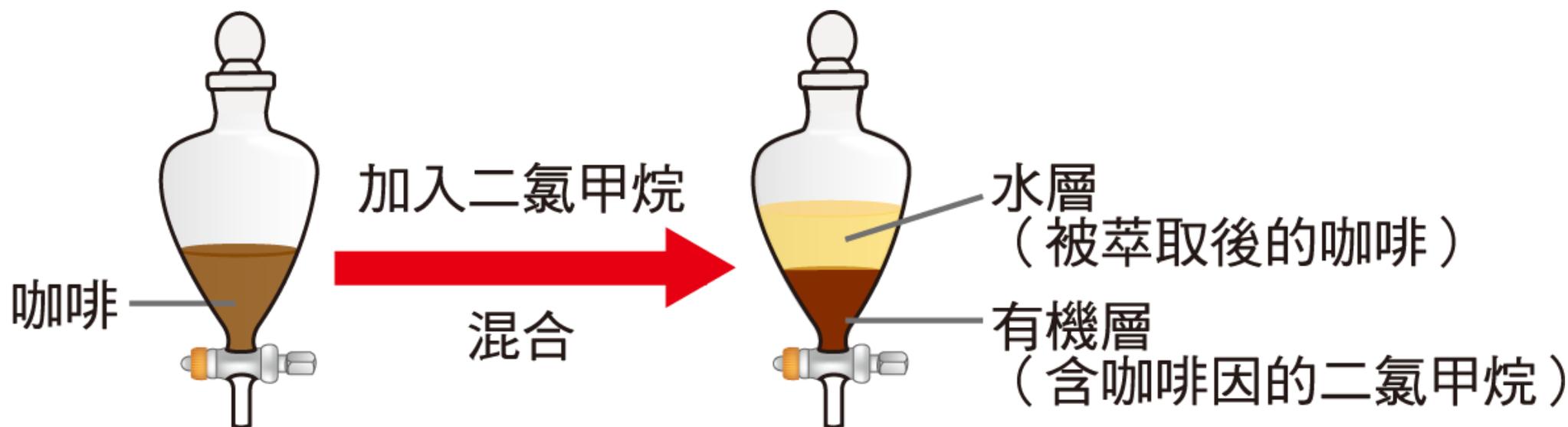
原理：利用物質在不同溶劑中的**溶解度**差異來分離物質。例：利用有機溶劑（二氯甲烷）萃取咖啡中的咖啡因。

〔註〕因丙酮會溶於水中，故不可用丙酮萃取咖啡因。



# 萃取

萃取裝置如下圖。萃取時下層為密度較大的液體，上層為密度較小的液體，兩者彼此不互溶。





# 色層分析

原理：利用不同物質對固定相（例如濾紙或TLC片）

**附著力的差異**來分離物質。例：從植物色素中

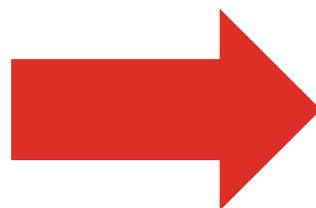
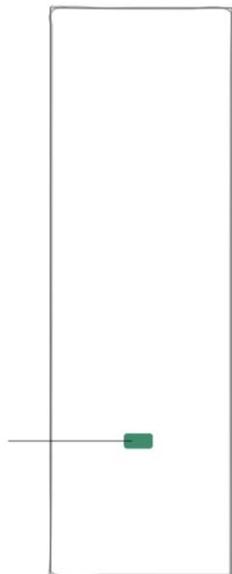
分離出葉綠素和葉黃素。



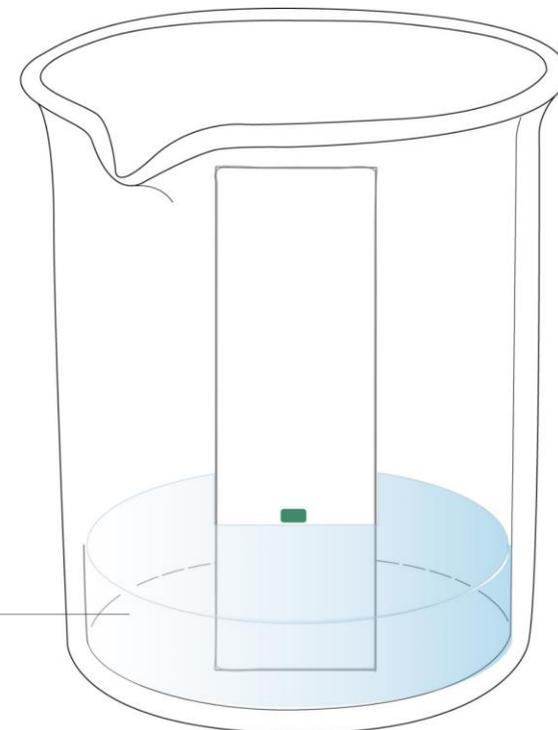
# 色層分析

SUPER 講義 p.7

樣本



展開液

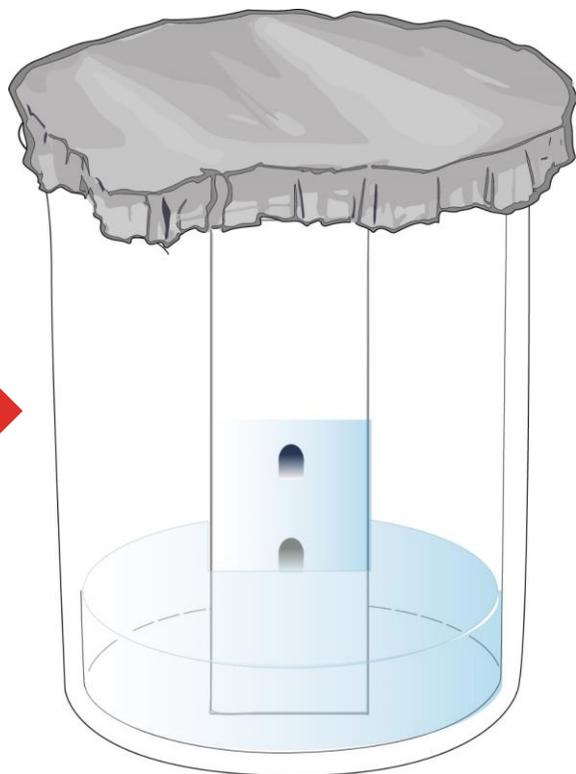


在TLC片（固定相）距下端  
1cm處點上要分離的樣本

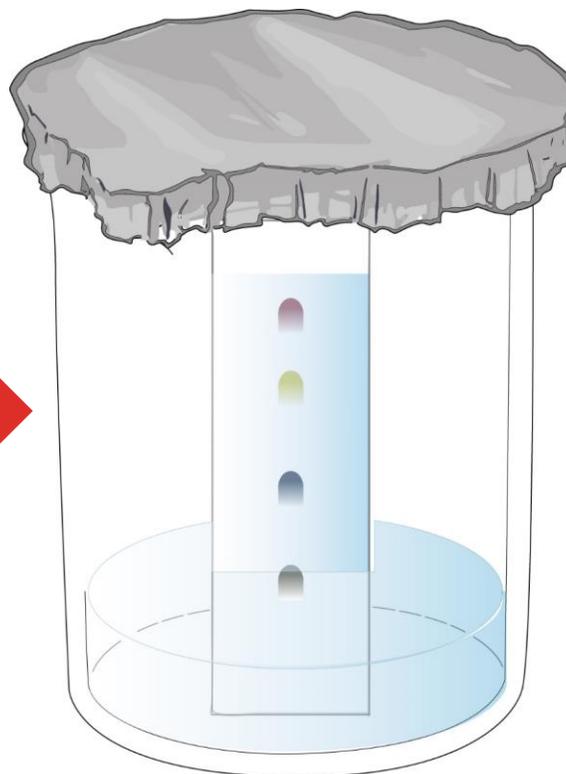
將TLC片放入裝有適量  
展開液的容器內



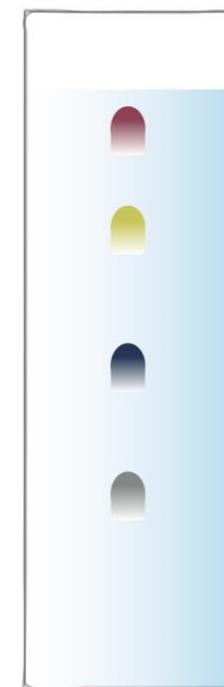
# 色層分析



將容器密封，展開液  
因毛細現象向上移動



等候一段時間直到展開  
液移到固定相的最上方



將TLC片自容器  
中取出並陰乾



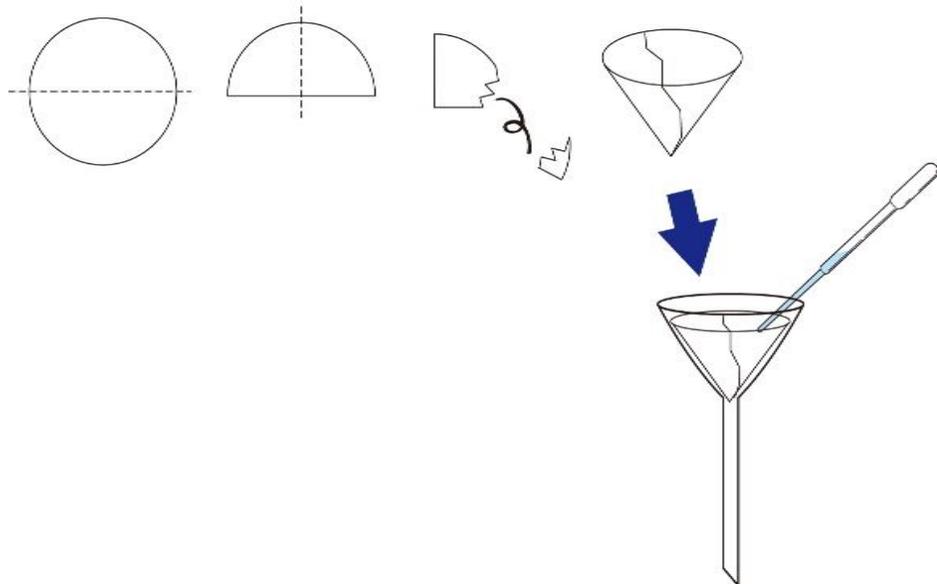
# 過濾

原理：利用物質粒徑大小差異，以多孔物質  
（如濾紙）僅讓顆粒小的物質通過。例：泥  
沙水中分離出砂。

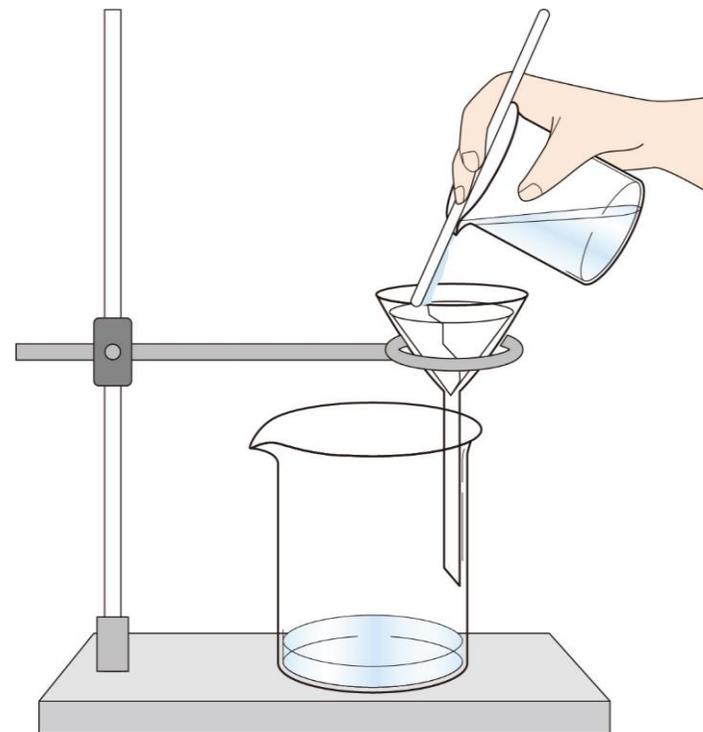
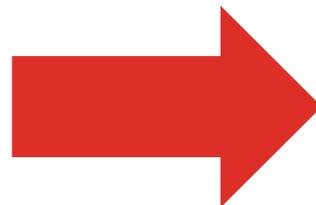


# 過濾

濾紙折法



放置濾紙於漏斗上



粒徑較小的物質可通過濾紙，

粒徑較大的物質則留在濾紙上



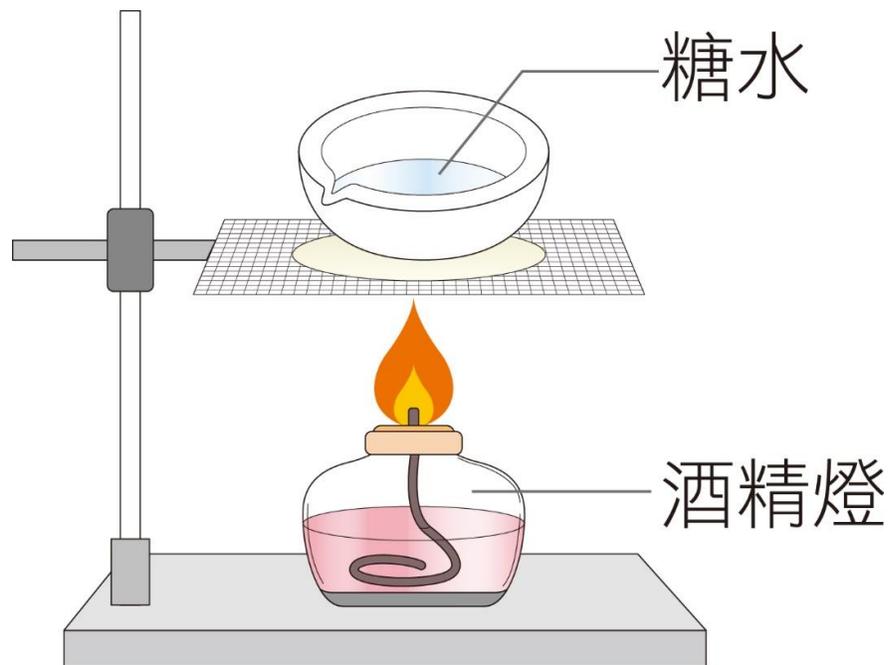
## 結晶

原理：利用沸點不同，將溶液加熱後，溶劑蒸發使

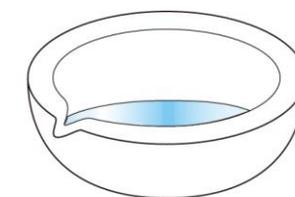
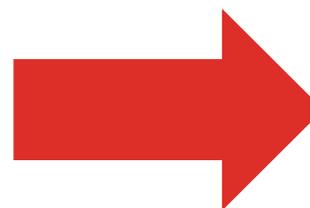
溶質晶體析出。例：加熱糖水使糖結晶析出。



# 結晶



加熱蒸發溶劑



產生結晶

使溶質析出結晶



## 傾析

原理：藉由傾斜容器，利用**比重不同**，將上層液

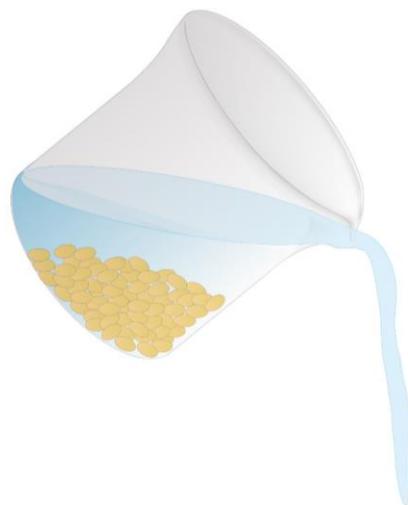
體倒出，使比重不同且不相溶的物質分離。

例：製作豆漿前清洗黃豆，傾倒出水。



# 傾析

傾倒洗黃豆水



將上層的水倒出，留下下層的黃豆



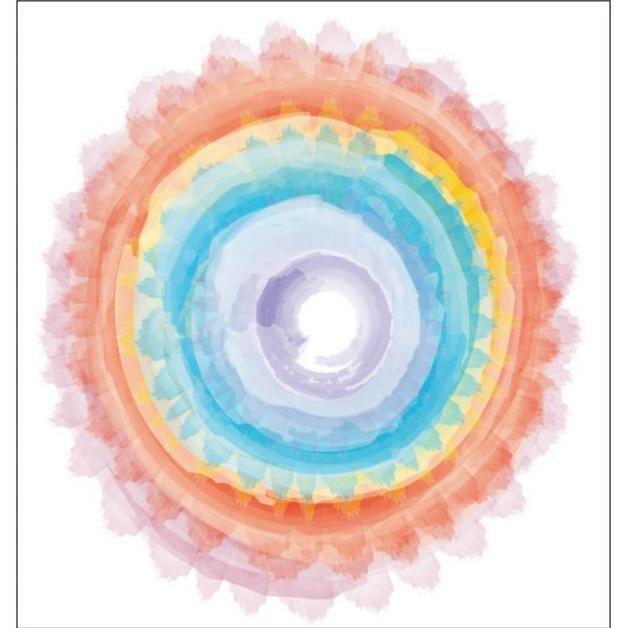
## 小提醒

分離（純化）物質的方法主要是利用各成分  
物質彼此之間的**物理性質差異**特性。



## 例題 4

小齊取一片圓形的濾紙，以黑色色筆在濾紙中間畫出一個黑色的同心圓，將水逐漸滴入濾紙中心，水經由毛細作用向四周擴散，可以看到黑色被分開成藍色、黃色及紅色，呈現同心圓狀，如圖(一)。



▲圖(一)

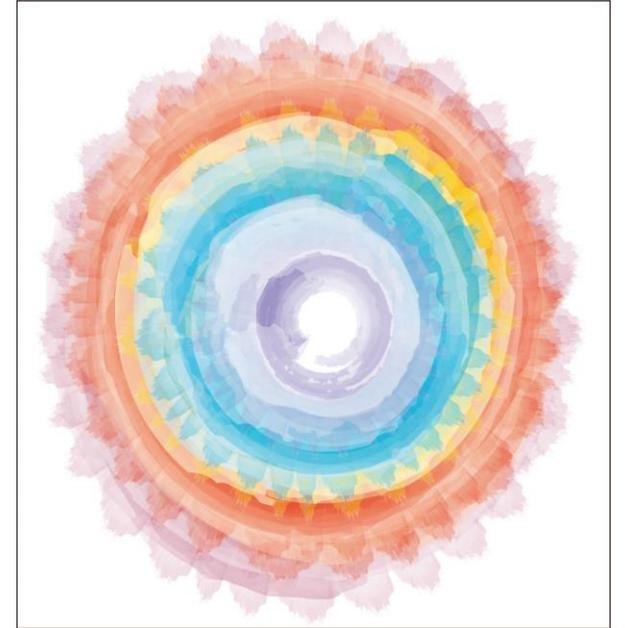


## 例題 4

(1) 此一分離色素的方法稱為：

(A) 萃取 (B) 傾析 (C) 離心

(D) 過濾 (E) 色層分析。



▲圖(一)



## 解析

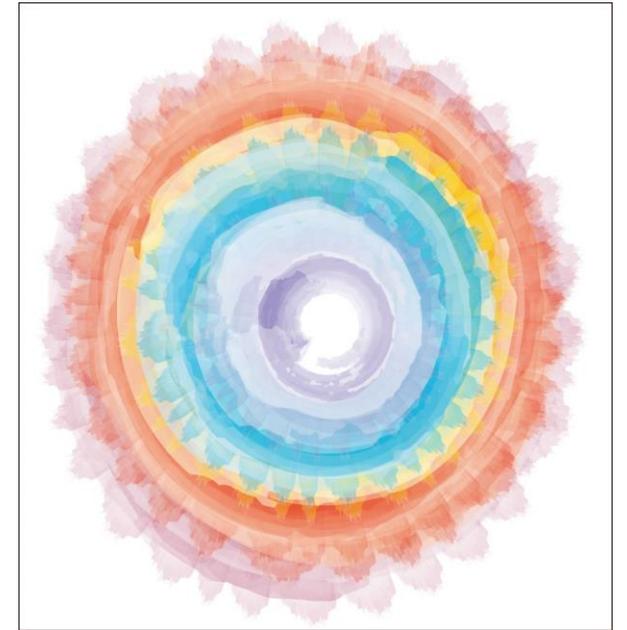
## 解 (E)

(1) 此一分離色素的方法稱為：

(A) 萃取 (B) 傾析 (C) 離心

(D) 過濾 (E) 色層分析。

(1) 色層分析是利用各成分與固定相附著力的差異進行分離。



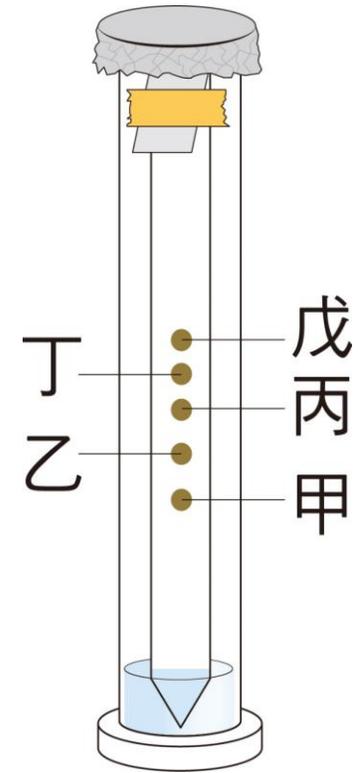
▲圖(一)



## 例題 4

(2) 若改用長條型濾紙重複此實驗，各色素與固定相間的吸附力為  $F_1$ ，各色素與液體展開劑間的吸附力為  $F_2$ ，請問圖(二)中何者  $(F_2 - F_1)$  值最大？

(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁 (E)戊。



▲圖(二)

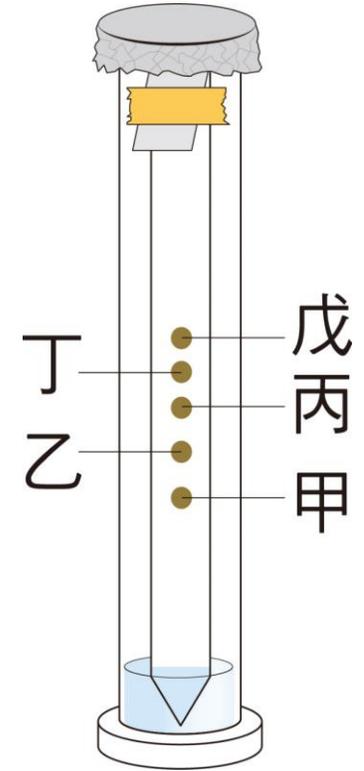


## 解析

## 解 (E)

(2) 若改用長條型濾紙重複此實驗，各色素與固定相間的吸附力為  $F_1$ ，各色素與液體展開劑間的吸附力為  $F_2$ ，請問圖(二)中何者  $(F_2 - F_1)$  值最大？

(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁 (E)戊。



▲圖(二)



## 解析

(2)  $(F_2 - F_1)$  愈大，表示色素與固定相、液體展開劑之間的吸  
附力「相差」愈多，色素愈容易被展開劑藉著毛細現象  
移動，故色素在濾紙上移動距離愈大，故選戊。



## 練習 4

下列有關各種分離物質方法的說明與應用，哪些正確？（應選2項）

- (A) 利用蒸餾法可以將沸點不同的物質分離
- (B) 利用丙酮可以萃取茶水中的咖啡因
- (C) 層析法是利用密度的差異將物質分離
- (D) 葉綠素和葉黃素因為對濾紙的附著力不同，可以用層析法加以分離
- (E) 利用蒸餾法可以蒸餾出紅墨水中的色素。



## 解析

## 解 (A)(D)

下列有關各種分離物質方法的說明與應用，哪些正確？（應選2項）

- (A) 利用蒸餾法可以將沸點不同的物質分離
- (B) 利用丙酮可以萃取茶水中的咖啡因
- (C) 層析法是利用密度的差異將物質分離
- (D) 葉綠素和葉黃素因為對濾紙的附著力不同，可以用層析法加以分離
- (E) 利用蒸餾法可以蒸餾出紅墨水中的色素。



## 解析

(B)利用丙酮可以萃取茶水中的咖啡因

-> 因為丙酮可以和水互溶，所以無法萃取茶水中的咖啡因。

(C)層析法是利用密度的差異將物質分離

-> 層析法是利用附著力的差異將物質分離。

(E)利用蒸餾法可以蒸餾出紅墨水中的色素

-> 利用蒸餾法可以蒸餾出紅墨水中沸點較低的水。



## 例題 5

天然物化學分析的創立者之一為舍勒(Carl Wilhelm Scheele, 1742 ~ 1786)，他從自然物中提取了多種有機酸，包括尿酸、乳酸、檸檬酸、蘋果酸和沒食子酸等。以檸檬酸為例，純化方式發展過程如下：

(i) 早期純化有機酸的方式為將混合物加熱，即可收集沸點較低的有機酸，但產量和效率都很低，溫度太高有機酸亦會分解。



## 例題 5

(ii) 舍勒提取檸檬酸的方式為將碳酸鈣加入檸檬汁中，使其產生檸檬酸鈣沉澱，檸檬酸鈣易溶於冷水，卻不易溶於熱水，利用此性質可分離出檸檬酸鈣，再加入硫酸即可得到檸檬酸，從而開啟了天然物的廣大應用之門。關於上述兩種方法，畫線部分所使用的分離方式分別為下列何者？(1) 蒸餾 (2) 趁熱過濾 (3) 萃取 (4) 色層分析

(A) (1)(2) (B) (2)(3) (C) (1)(3) (D) (1)(4) (E) (3)(2)



## 解析

## 解 (A)

(1) 蒸餾 (2) 趁熱過濾 (3) 萃取 (4) 色層分析

(A) (1)(2) (B) (2)(3) (C) (1)(3) (D) (1)(4) (E) (3)(2)

(1) 利用沸點高低不同分離物質的方法為蒸餾法

(2) 因為檸檬酸鈣易溶於冷水，卻不易溶於熱水，所以在高溫下，檸檬酸鈣在水中為沉澱物，經由過濾即可得到檸檬酸鈣固體。



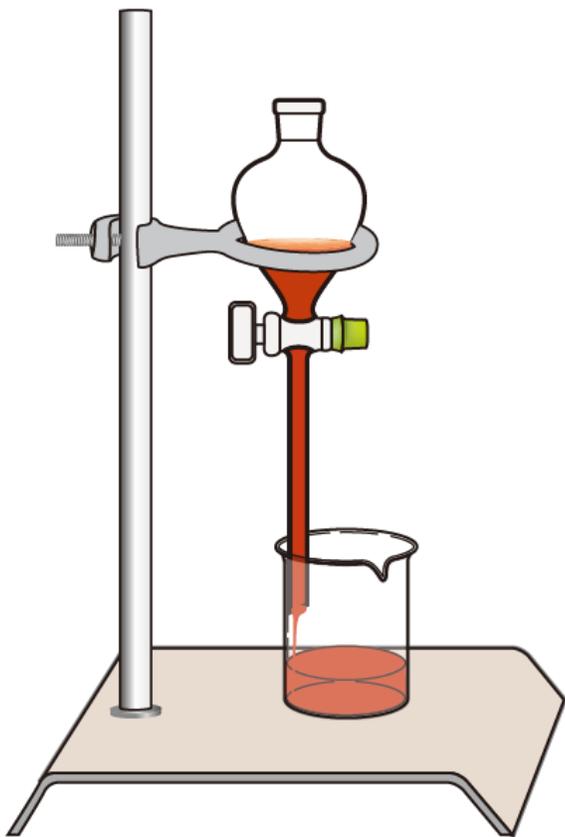
## 練習 5

下列操作法之配對，何者正確？

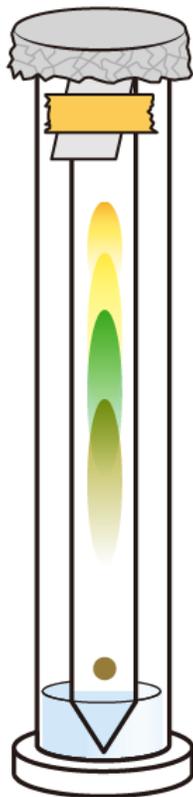
- (A) 圖甲—萃取、圖乙—層析、圖丙—蒸餾
- (B) 圖甲—層析、圖乙—萃取、圖丙—蒸餾
- (C) 圖甲—萃取、圖乙—蒸餾、圖丙—層析
- (D) 圖甲—層析、圖乙—蒸餾、圖丙—萃取
- (E) 圖甲—蒸餾、圖乙—萃取、圖丙—層析。



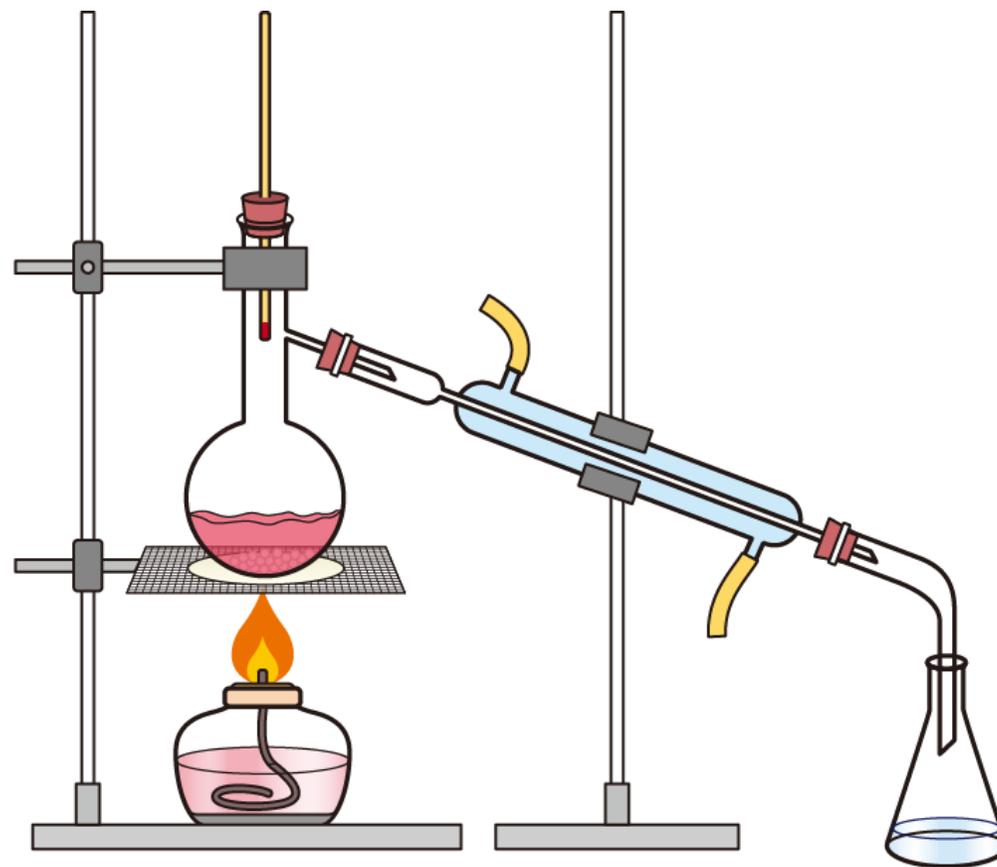
# 練習 5



▲ 圖甲



▲ 圖乙



▲ 圖丙

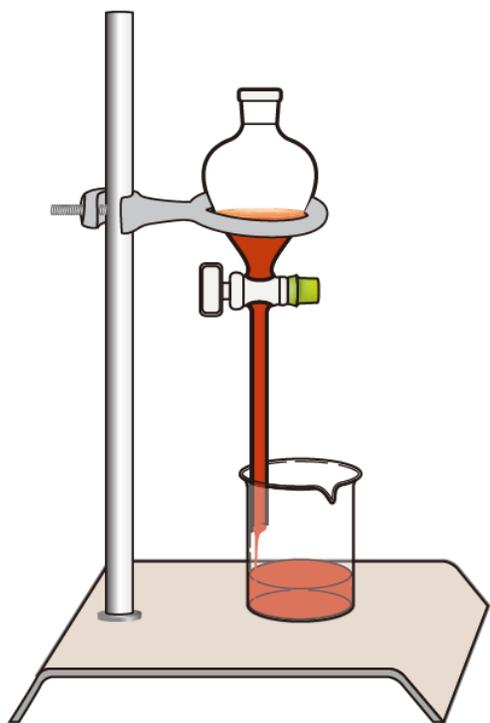


解析

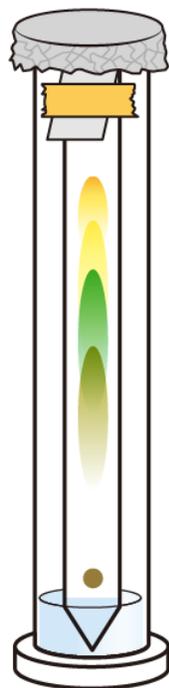
SUPER 講義

解 (A)

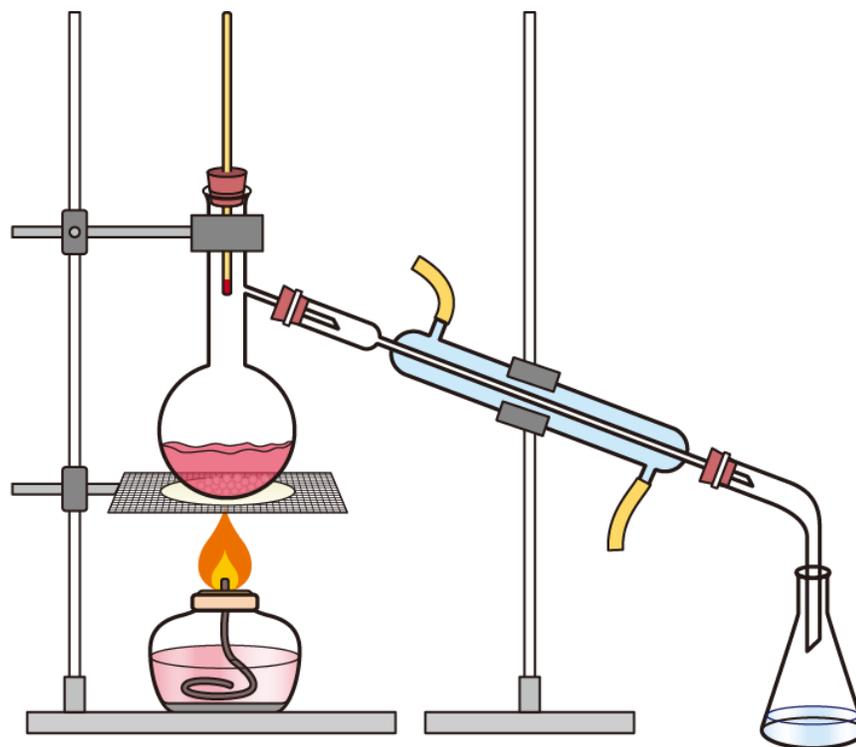
(A) 圖甲—萃取、圖乙—層析、圖丙—蒸餾



▲ 圖甲



▲ 圖乙



▲ 圖丙

請見分離方法之裝置圖