

達思化學

課本 3B

第 8 章 碳化合物的化學



目錄

- ➔ 31.1 製造新的碳化合物
- ➔ 31.2 烷與鹵素的反應
- ➔ 31.3 烯的加成反應
- ➔ 31.4 鹵烷的取代反應
- ➔ 31.5 醇的反應
- ➔ 31.6 醛和酮的反應
- ➔ 31.7 羧酸的反應

續下頁





目錄

➔ 31.8 酯的水解

➔ 31.9 酰胺的水解

➔ 關鍵詞彙

➔ 摘要

➔ 按節練習





31.1 製造新的碳化合物 (頁91)

- ◆ 現時約有多於七百萬種已知的碳化合物，它們大部分都在實驗室內合成。很多碳化合物有着重要的用途，例如在藥物、殺蟲劑、香水和染料等範疇。
- ◆ 碳化合物的合成需要通過把某些官能基轉換成其他的官能基。
- ◆ 要計劃碳化合物的合成，你需要知道不同官能基的典型反應，以及怎樣把一個官能基轉換成另一個官能基。



31.1 製造新的碳化合物 (頁91)

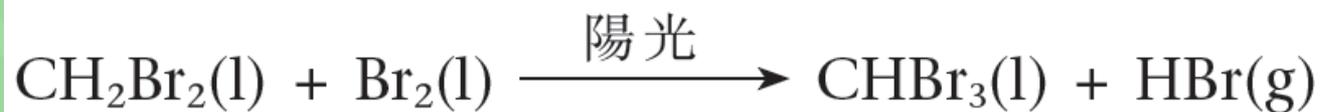
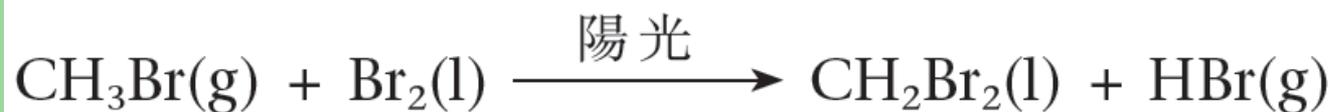
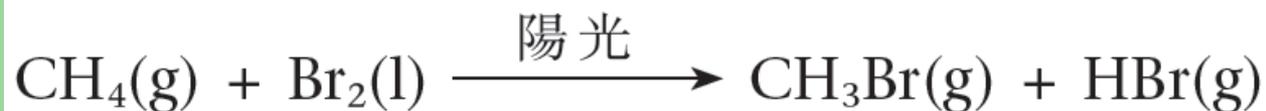
你在研習時，需要知道以下兩項資料：

- 試劑 — 即是反應所需的化學品；和
- 反應條件 — 描述反應所需的溫度、壓強、溶劑和所使用的催化劑。



31.2 烷與鹵素的反應 (頁91)

- ◆ 烷在受熱或暴露在來自陽光的紫外光時，都會與鹵素反應。
- ◆ 這類反應稱為**取代反應 (substitution reactions)**。



碳化學中的重要反應 [參](#)



31.2 烷與鹵素的反應 (頁91)

取代反應是指分子中的一個原子 (或基團) 被另一個原子 (或基團) 所取代的反應。

- 所有烷與鹵素的反應都類似。例如，丁烷與氯在有陽光的條件下反應，生成兩個可能的單取代生成物及其他多取代生成物。





31.2 烷與鹵素的反應 (頁91)

小測試 31.1

考慮以下的轉化：

- a) 寫出所進行反應的類別的名稱。 **取代反應**
- b) 寫出該反應的起始步驟的方程式。 **$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}\cdot$**
- c) 這反應可在常溫常壓下發生。
這反應需要甚麼條件才可進行？

紫外光/ 熱/ 自由基引發劑

- d) 該反應還可生成二溴和三溴有機化合物。
- i) 寫出其中一個有機化合物的結構式。



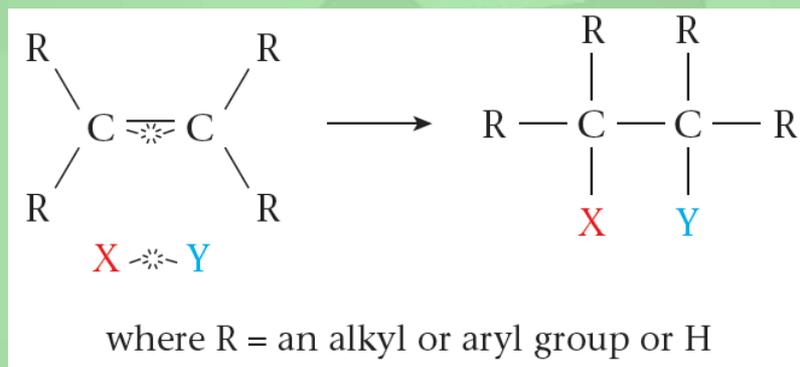
- ii) 提出一項條件，使反應生成較多的 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br}$ ，但較少其他的有機化合物。

使用大量過量的 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$



31.3 烯的加成反應 (頁93)

- ◆ 在加成反應中，兩個或多個分子反應後生成一個較大的分子。
- ◆ 就烯而言，分子內碳-碳雙鍵的其中一個鍵會斷裂，來自一個小分子的原子分別加在兩個碳原子上，形成一個飽和分子。



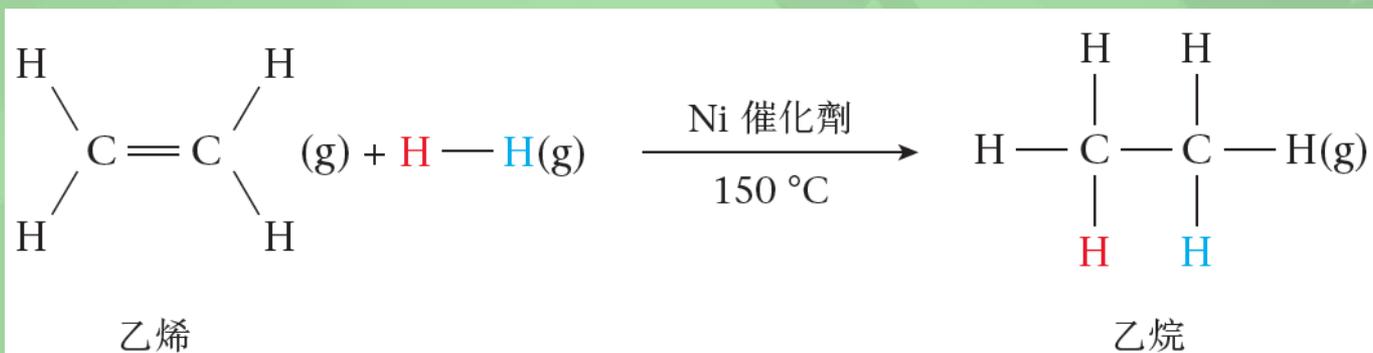
- ◆ 烯會進行不同的加成反應，例如與下列試劑反應：
- 氫、鹵素和鹵化氫。



31.3 烯的加成反應 (頁93)

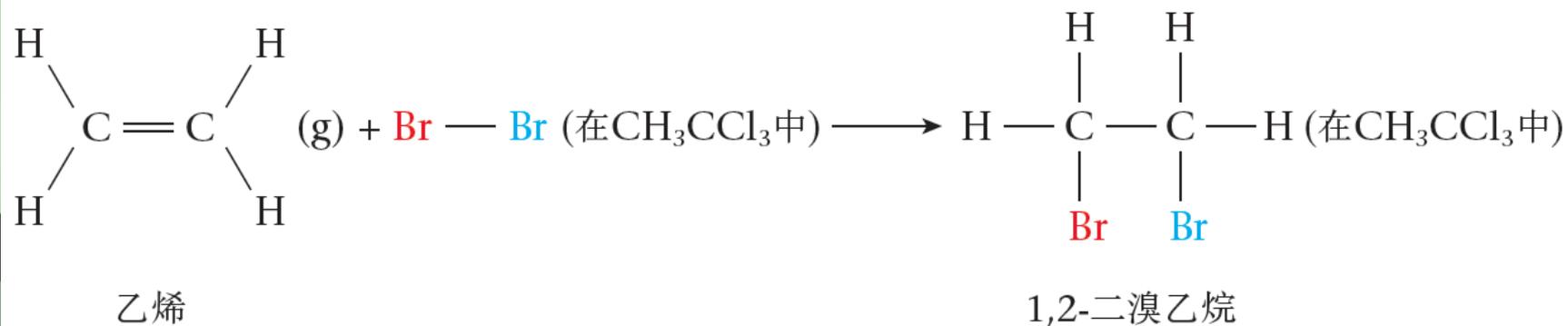
與氫的加成反應

◆ 氫化作用 (Hydrogenation)



與鹵素的加成反應

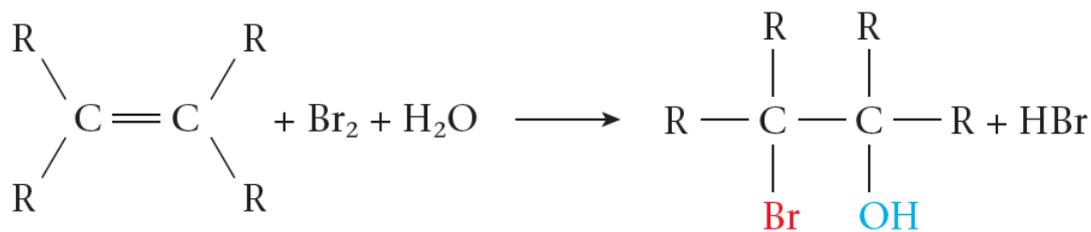
◆ 溴化作用 (Bromination)



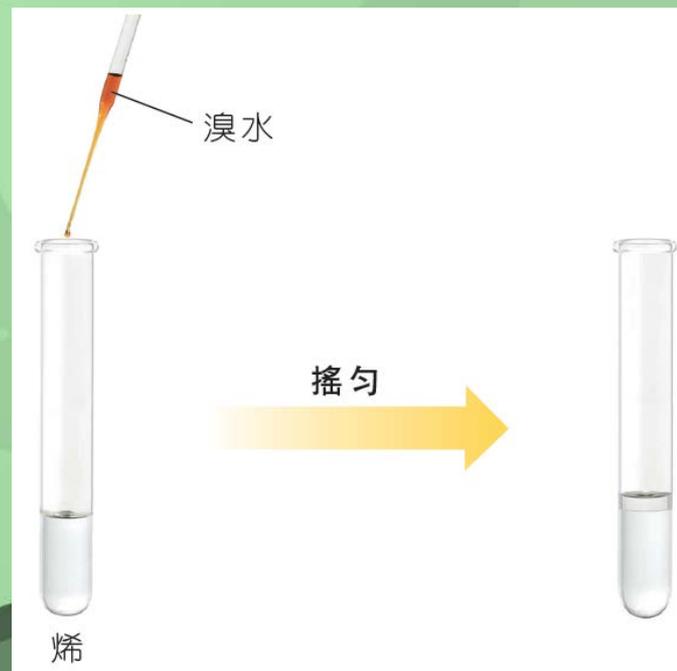
31.3 烯的加成反應 (頁93)

不飽和化合物的檢測

- ◆ 可用與溴的反應來分辨化合物是否含碳-碳雙鍵或該化合物是否不飽和。
- ◆ 把棕黃色的溴水 (或溶於有機溶劑的溴) 逐滴加入盛於試管的烯中，然後把該混合物搖勻。
- ◆ 溴水會迅速地轉為無色。



其中 R = 烷基、芳基或 H

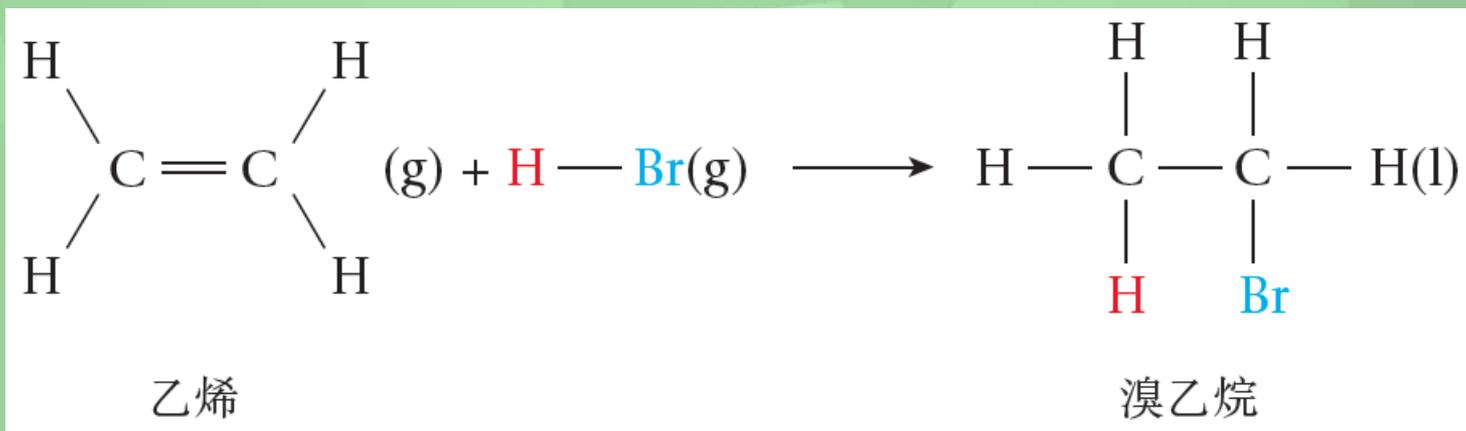




31.3 烯的加成反應 (頁93)

與鹵化氫的加成反應

- ◆ 烯與氣態鹵化氫在常溫下反應，生成鹵烷。
- ◆ 進行反應，可把HX(g)與氣體烯混合或把 HX(g)通入液體烯。烯也會與濃HCl(aq) 或濃HBr(aq) 反應。

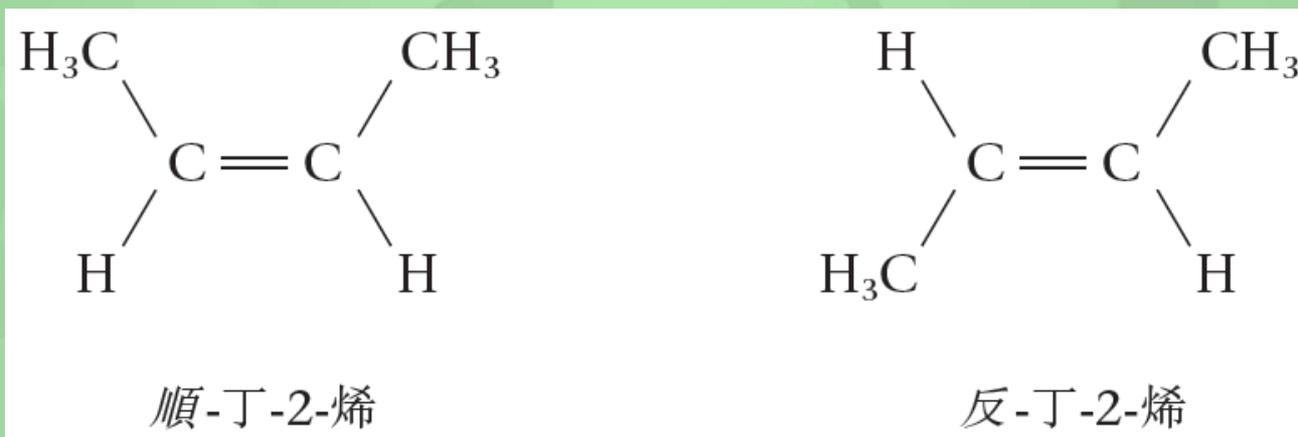




31.3 烯的加成反應 (頁93)

不對稱的烯和鹵化氫的加成反應

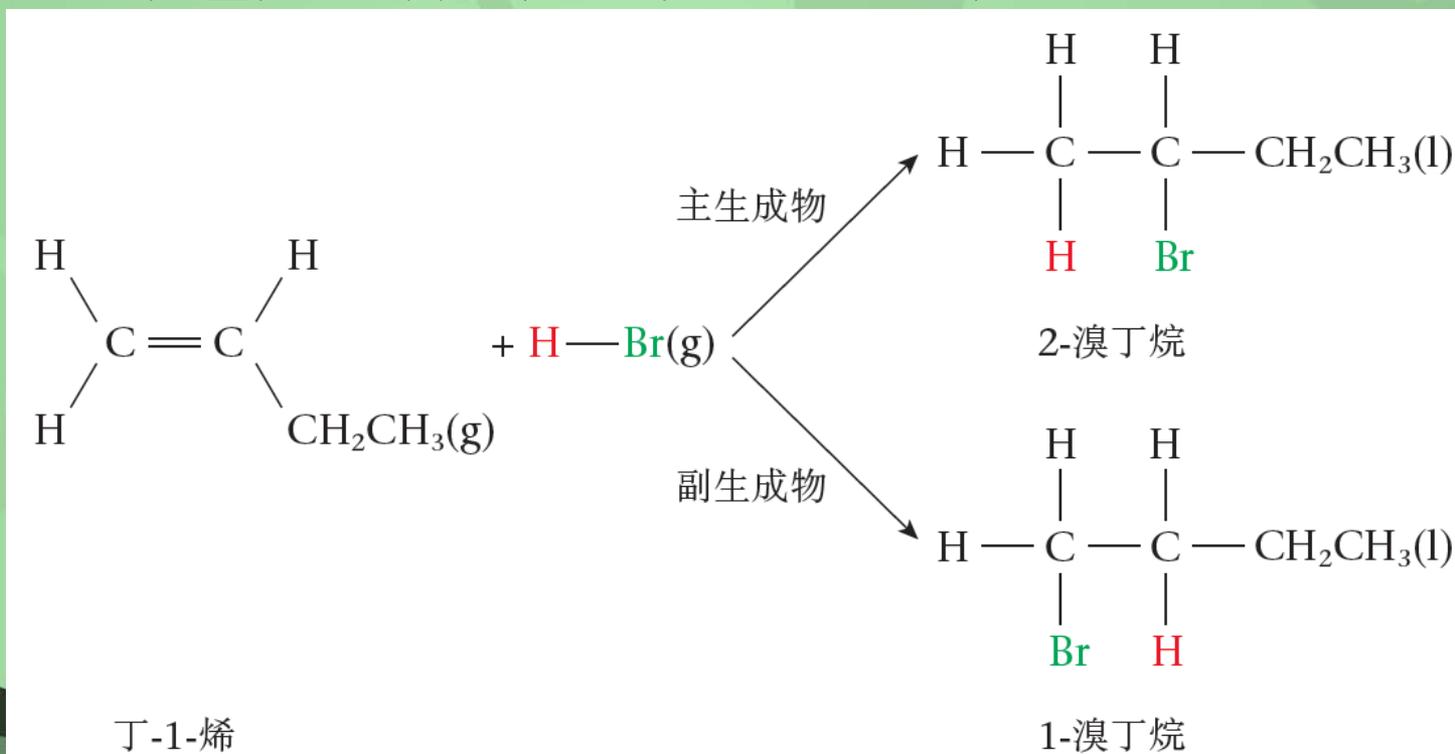
- ◆ 丁-1-烯和丁-2-烯是同分異構體。丁-2-烯以兩種立體異構體（*順*-丁-2-烯和*反*-丁-2-烯）的形式存在。
- ◆ 這些立體異構體是對稱的烯，原因是其碳-碳雙鍵的每個碳原子上的一對原子或基團與另一個碳原子上的那對相同，都有一個氫原子和一個甲基。





31.3 烯的加成反應 (頁93)

- ◆ 然而，丁-1-烯是一個不對稱的烯，原因是其碳-碳雙鍵的其中一個碳原子連接兩個氫原子，另外一個碳原子則連接一個氫原子和一個乙基。
- ◆ 丁-1-烯與溴化氫反應會生成兩種不同的生成物：





31.3 烯的加成反應 (頁93)

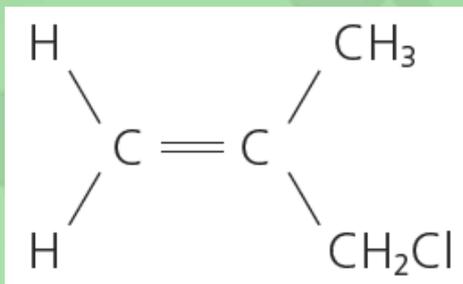
- ◆ 分析丁-1-烯與溴化氫之間的反應的生成物時，會發現生成的2-溴丁烷較1-溴丁烷多許多。
- ◆ 這顯示來自HBr的氫原子主要加到碳-碳雙鍵中已鍵合較多氫原子的碳原子上，這個模式一般稱為馬科尼科夫規則 (Markovnikov's rule)。



31.3 烯的加成反應 (頁93)

小測試 31.2

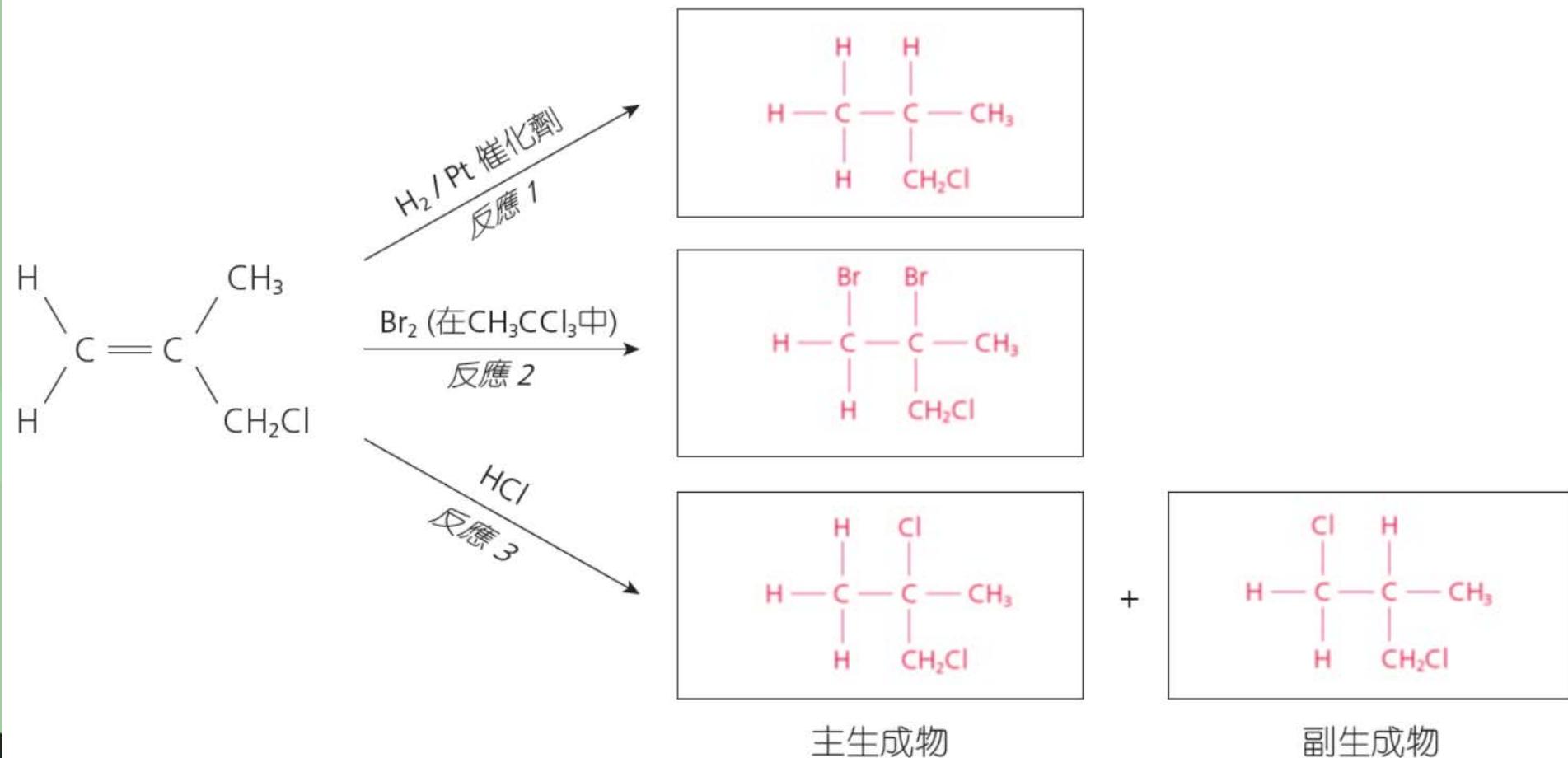
1 2-甲基-3-氯丙-1-烯是用於製造殺蟲劑的化學品。



以下流程圖顯示2-甲基-3-氯丙-1-烯的一些反應。試完成有關的流程圖。



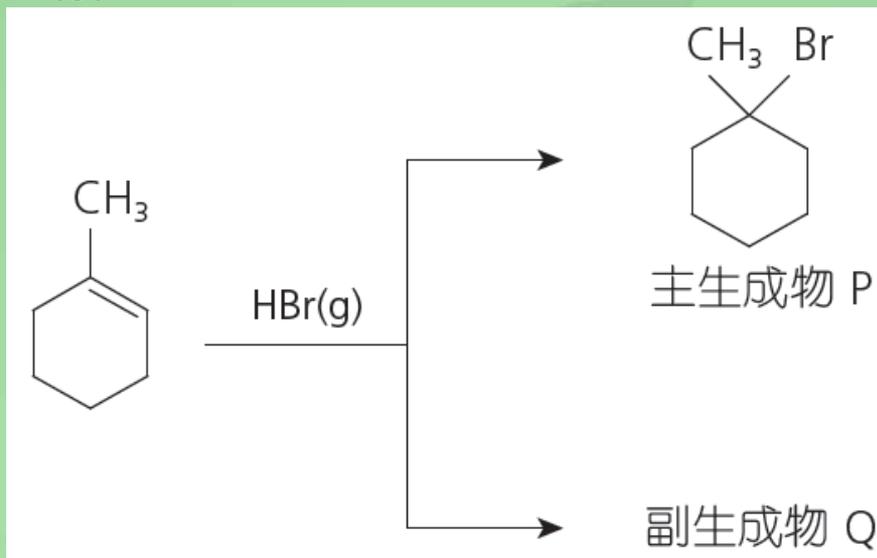
31.3 烯的加成反應 (頁93)





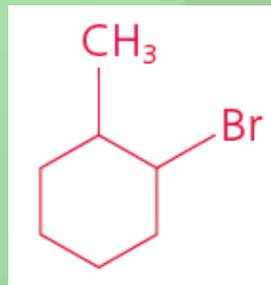
31.3 烯的加成反應 (頁93)

2 以下展示某烯與HBr(g) 的反應。



- 寫出該反應的類別的名稱。 加成反應
- 寫出主生成物的系統名稱。 1-甲基-1-溴環己烷
- 寫出副生成物的結構式。
- P 和Q 是哪一類結構異構體？

位置異構

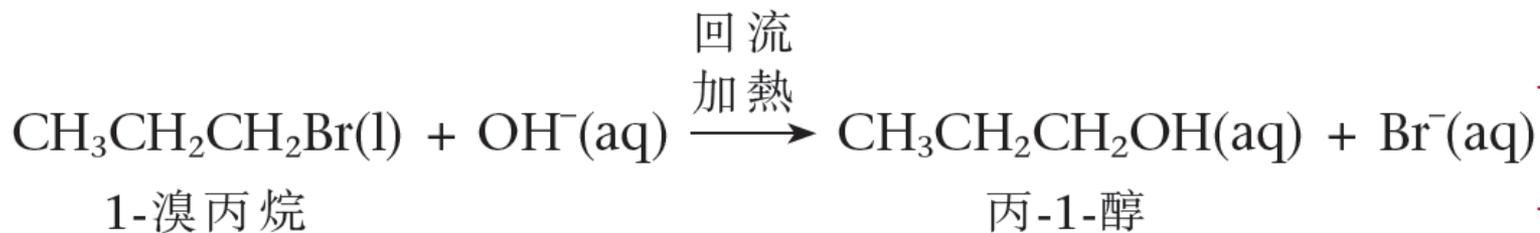
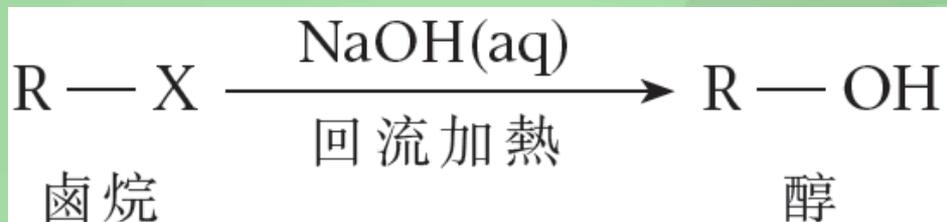




31.4 鹵烷的取代反應 (頁98)

- ◆ 鹵烷是飽和的化合物（如烷一樣），因此它們會進行取代反應。

- ◆ 例：



- ◆ 這反應又稱為**水解 (hydrolysis)** — 因為反應相當於用水令分子斷裂。



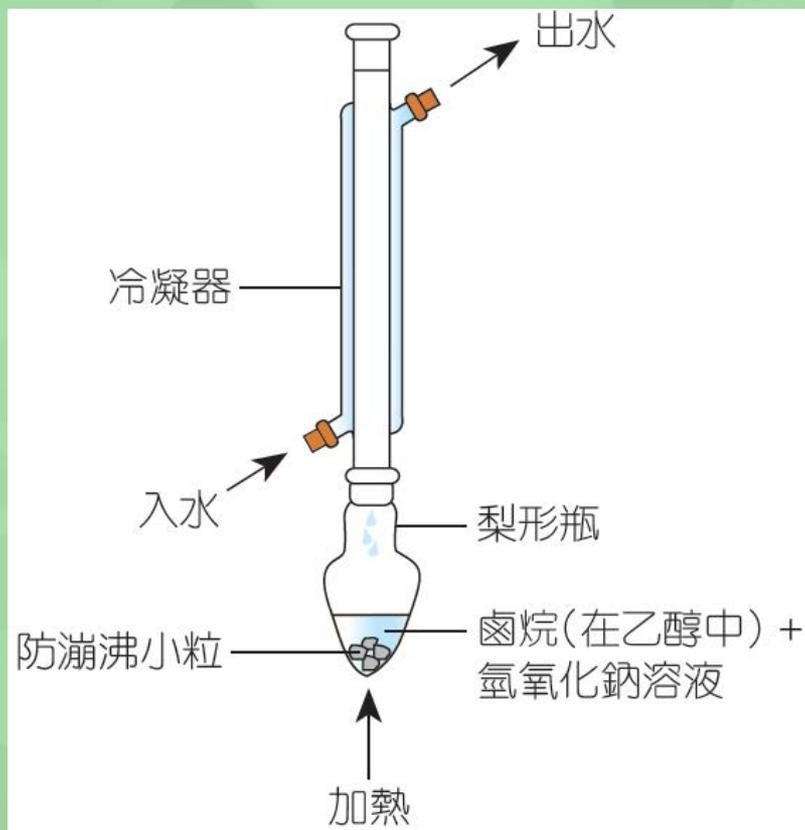
31.4 鹵烷的取代反應 (頁98)

- ◆ 鹵烷不會與水或水溶液混和，因此該反應會在有乙醇的條件下進行。乙醇既能溶解鹵烷，又能與氫氧化鈉溶液混和。
- ◆ 這反應在常溫下非常緩慢，必須把混合物加熱才能加快反應。下圖展示用來把鹵烷與氫氧化鈉溶液回流加熱的實驗裝置。



31.4 鹵烷的取代反應 (頁98)

- ◆ 使用回流冷凝器能確保具揮發性的反應物冷凝回流至反應混合物，以免具揮發性的反應物在反應前已蒸發逸走。

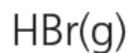
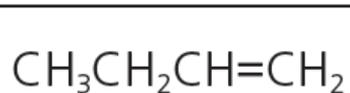




31.4 鹵烷的取代反應 (頁98)

小測試 31.3

一名學生提出以下從丁-1-烯合成丁-2-醇的路線。


$$\text{X}$$


a) i) 辨認X。



ii) 寫出把丁-1-烯轉化成X 涉及反應的類別的名稱。

加成反應

b) i) 提出把X 轉化成丁-2-醇所需的試劑和反應條件。

NaOH(aq) , 回流加熱

ii) 寫出涉及反應的類別的名稱。

取代反應/ 水解作用



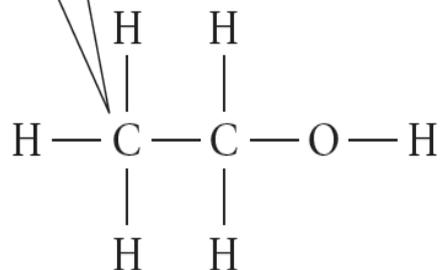
31.5 醇的反應 (頁99)

- ◆ 醇在有機官能基化學中佔據中央位置 —
 - 它們可通過氧化作用轉化成醛和羧酸；也可通過還原作用從醛和羧酸還原而成；
 - 它們又可以通過取代反應轉化成鹵烷或從鹵烷轉回醇。
- ◆ 醇可分為一級 (**1°, primary**)、二級 (**2°, secondary**) 和三級 (**3°, tertiary**)，取決於分子中與羥基 ($-OH$) 相連的碳原子連接多少個碳原子。

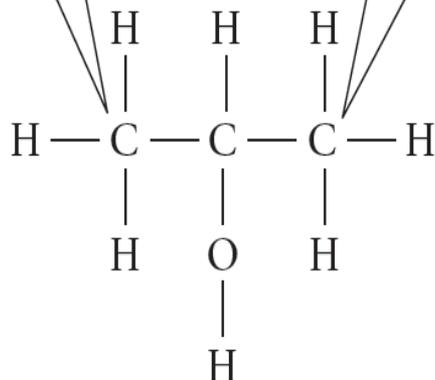


31.5 醇的反應 (頁99)

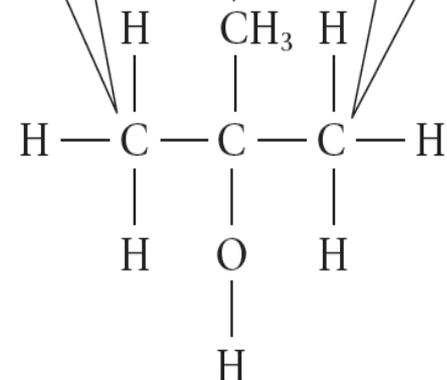
與羥基相連的碳原子連接
一個碳原子



與羥基相連的碳原子連接
兩個碳原子



與羥基相連的碳原子連接
三個碳原子



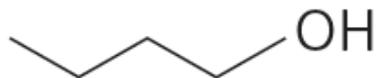


31.5 醇的反應 (頁99)

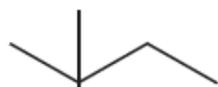
小測試 31.4

把下列每種醇分類為一級、二級或三級醇，並寫出每種醇的系統名稱。

a)



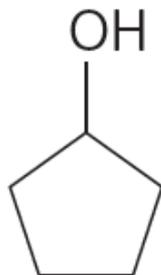
b)



c)



d)





31.5 醇的反應 (頁99)

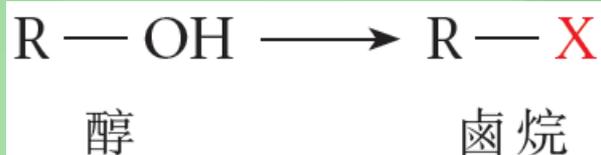
- ◆ 在本節中，你將會研習以下有關從醇生成其他碳化合物的反應：
 - 取代反應生成鹵烷；
 - 脫水作用生成烯；和
 - 氧化作用生成醛、酮和羧酸。



31.5 醇的反應 (頁99)

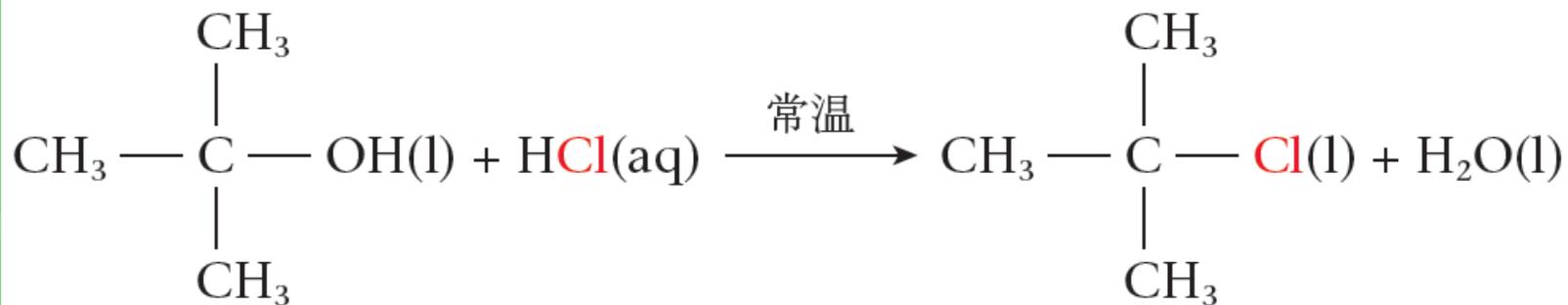
取代反應生成鹵烷

- 醇在這類取代反應的活潑性的次序是： $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ 。



與 $\text{HCl}(\text{aq})$ 和 $\text{HCl}(\text{g})$ 的反應

- 在常溫下，把三級醇與濃氫氯酸搖勻，反應迅速。



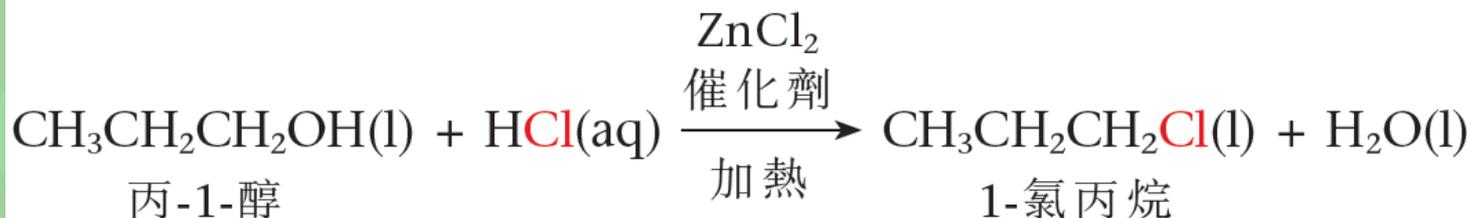
甲基丙-2-醇

2-甲基-2-氯丙烷

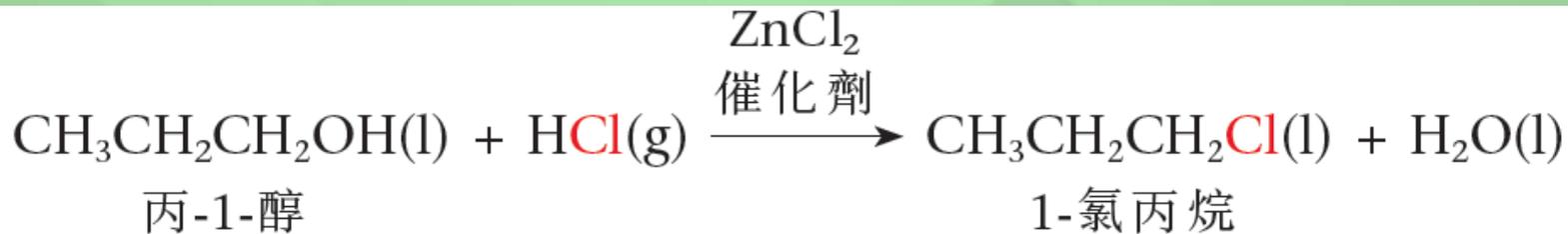


31.5 醇的反應 (頁99)

- ◆ 一級和二級醇也能與濃氫氯酸反應，但反應較緩慢，須用無水氯化鋅作為催化劑，並把涉及的混合物加熱。



- ◆ 把乾燥的氯化氫氣體通入無水的醇中，並以無水氯化鋅作為催化劑，也會發生取代反應。

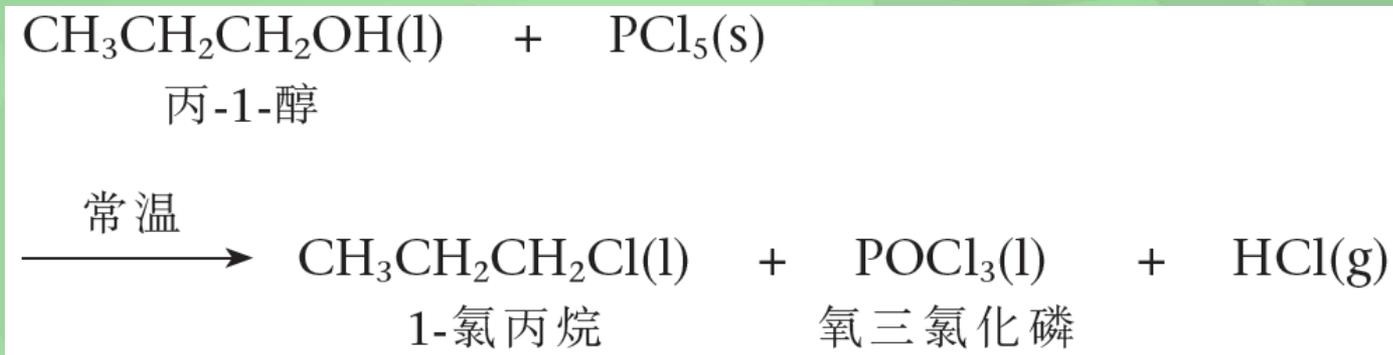




31.5 醇的反應 (頁99)

與 $\text{PCl}_5(\text{s})$ 和 $\text{SOCl}_2(\text{l})$ 的反應

- ◆ 在常溫下，醇和五氯化磷的反應非常劇烈，所以毋須把反應混合物加熱。

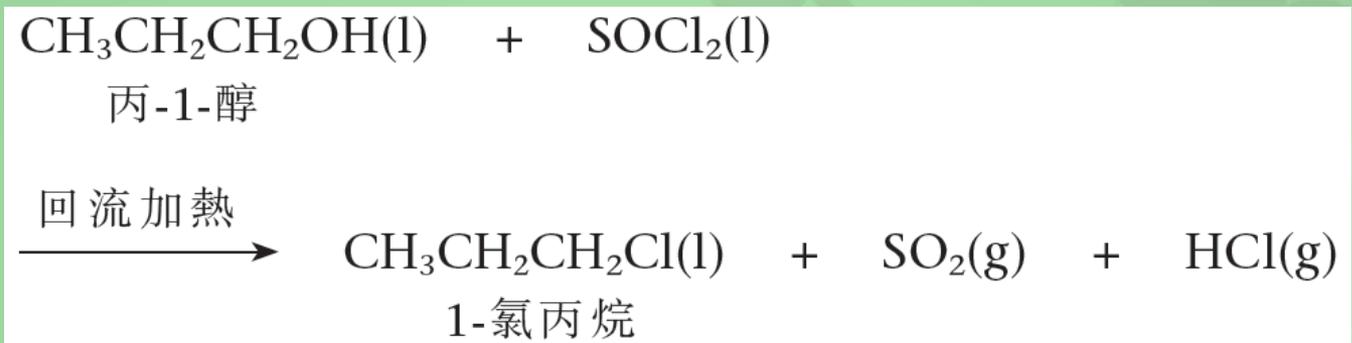


- ◆ 可通過檢測這反應釋出的酸性氯化氫氣體來推斷羥基是否存在。該氣體會產生可觀察到的「煙霧」。



31.5 醇的反應 (頁99)

- ◆ 氧二氯化硫 (SOCl_2) (**Sulphur dichloride oxide**) 也可用於把氯原子代入醇分子內。



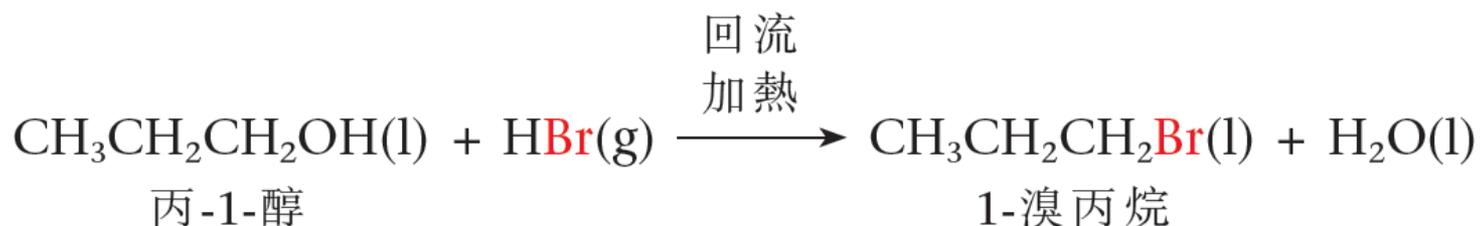
- ◆ 留意在這反應中，另外兩種生成物 (SO_2 和 HCl) 都是氣體，它們會從反應混合物逸走，剩下氯烷。



31.5 醇的反應 (頁99)

與 HBr(g) 的反應

- 把溴化鈉和濃硫酸的混合物與醇一同回流加熱，可以把該醇轉化成溴烷。



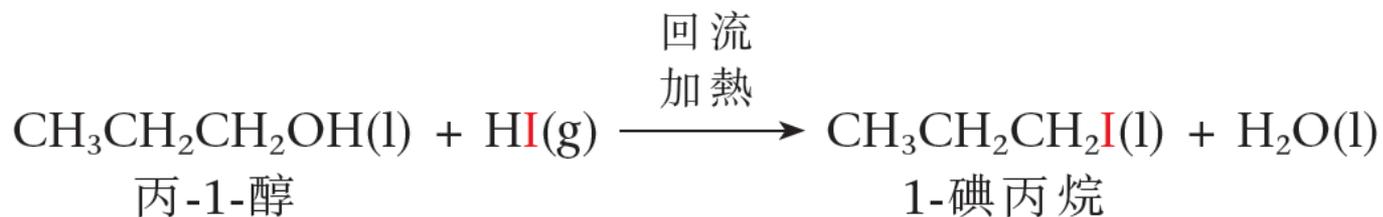
- 最後把反應混合物溫和加熱，蒸餾出生成的溴烷。



31.5 醇的反應 (頁99)

與 HI(s) 的反應

- ◆ 把碘化鈉和濃磷酸的混合物與醇一同回流加熱，可以把該醇轉化成碘烷。
- ◆ 反應中用濃 H_3PO_4 而不是濃 H_2SO_4 ，原因是後者會與 HI 反應生成 I_2 ，難以生成任何碘化氫。



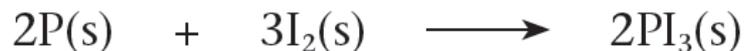
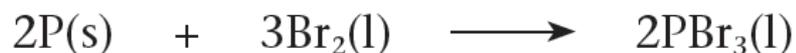
- ◆ 最後把反應混合物溫和加熱，蒸餾出生成的碘烷。



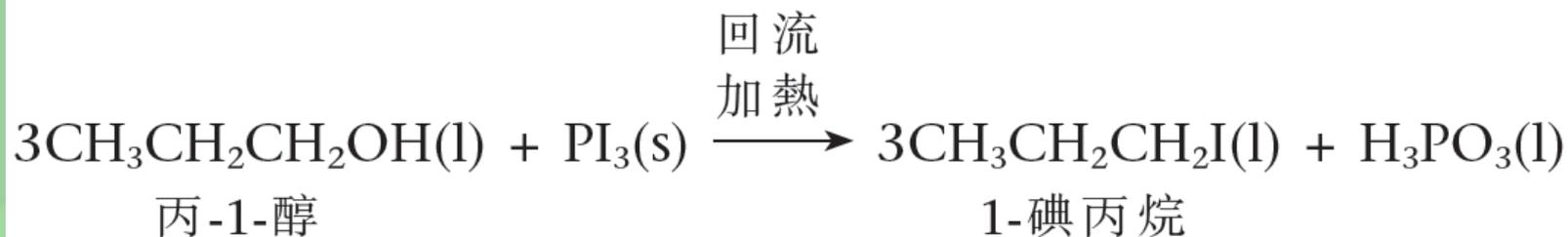
31.5 醇的反應 (頁99)

與紅P(s) 和 Br₂(l) 或 I₂(l) 的反應

- 把醇、紅磷和溴或碘一同回流加熱，可以製得溴烷或碘烷。

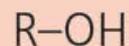


- 三鹵化磷 (例如三碘化磷) 會與醇反應，生成碘烷。接着可把碘烷蒸餾出來。

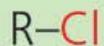




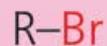
31.5 醇的反應 (頁99)



- 濃 HCl、加熱和以 ZnCl_2 作為催化劑；或
- 在常溫下與 PCl_5 混合；或
- 與 SOCl_2 回流加熱



- 與 NaBr 和濃 H_2SO_4 回流加熱；或
- 與紅磷和 Br_2 回流加熱



- 與 NaI 和濃 H_3PO_4 回流加熱；或
- 與紅磷和 I_2 回流加熱

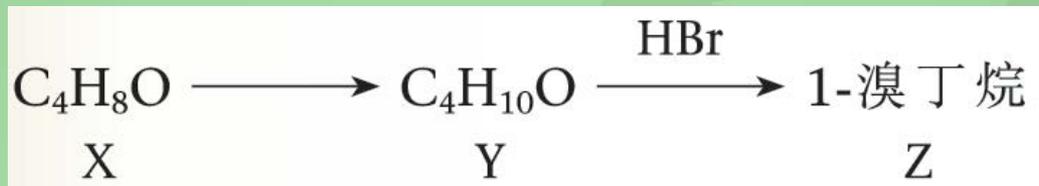




31.5 醇的反應 (頁99)

問 (例題 31.1)

考慮以下轉化：



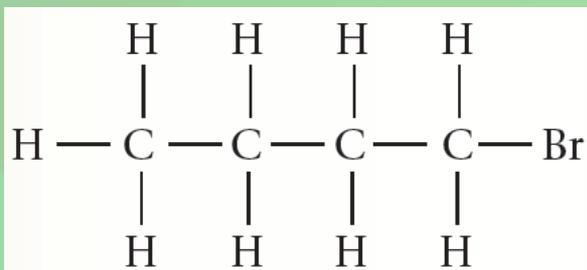
- 寫出z的結構式。
- 推定Y的結構式。
 - 寫出Y轉化成z的反應的類別的名稱。
- X展~~展~~順-反異構。
 - 推定X的結構式。
 - 寫出X轉化成Y所需的試劑和反應條件。



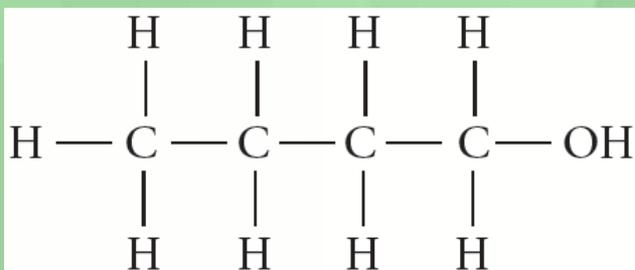
31.5 醇的反應 (頁99)

答

a)



b) i) HBr 把 Y 的 $-\text{OH}$ 基團轉化成 Z 的 $-\text{Br}$ 基團。因此，Y 的結構式是



ii) 取代反應



31.5 醇的反應 (頁99)

- c) i) X 較 Y 少兩個氫原子，X 有一個 C=C 鍵。
因為 X 展 順-反異構，所以其 C=C 鍵的每個碳原子連接兩個不同的原子或基團。因此，X 的結構式是



- ii) 以下任何一項：
- H₂ / Pt 催化劑、加熱
 - H₂ / Ni 催化劑、加熱



31.5 醇的反應 (頁99)

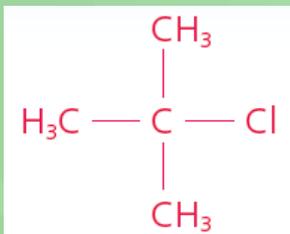
小測試 31.5

1 就以下各反應，

- i) 寫出有機生成物的結構式；
- ii) 寫出有機生成物的系統名稱。

a) 把甲基丙-2-醇與氯化鈉和濃硫酸的混合物回流加熱。

i)



ii) 2-甲基-2-氯丙烷

b) 把丁-1-醇與紅磷和碘的混合物回流加熱。

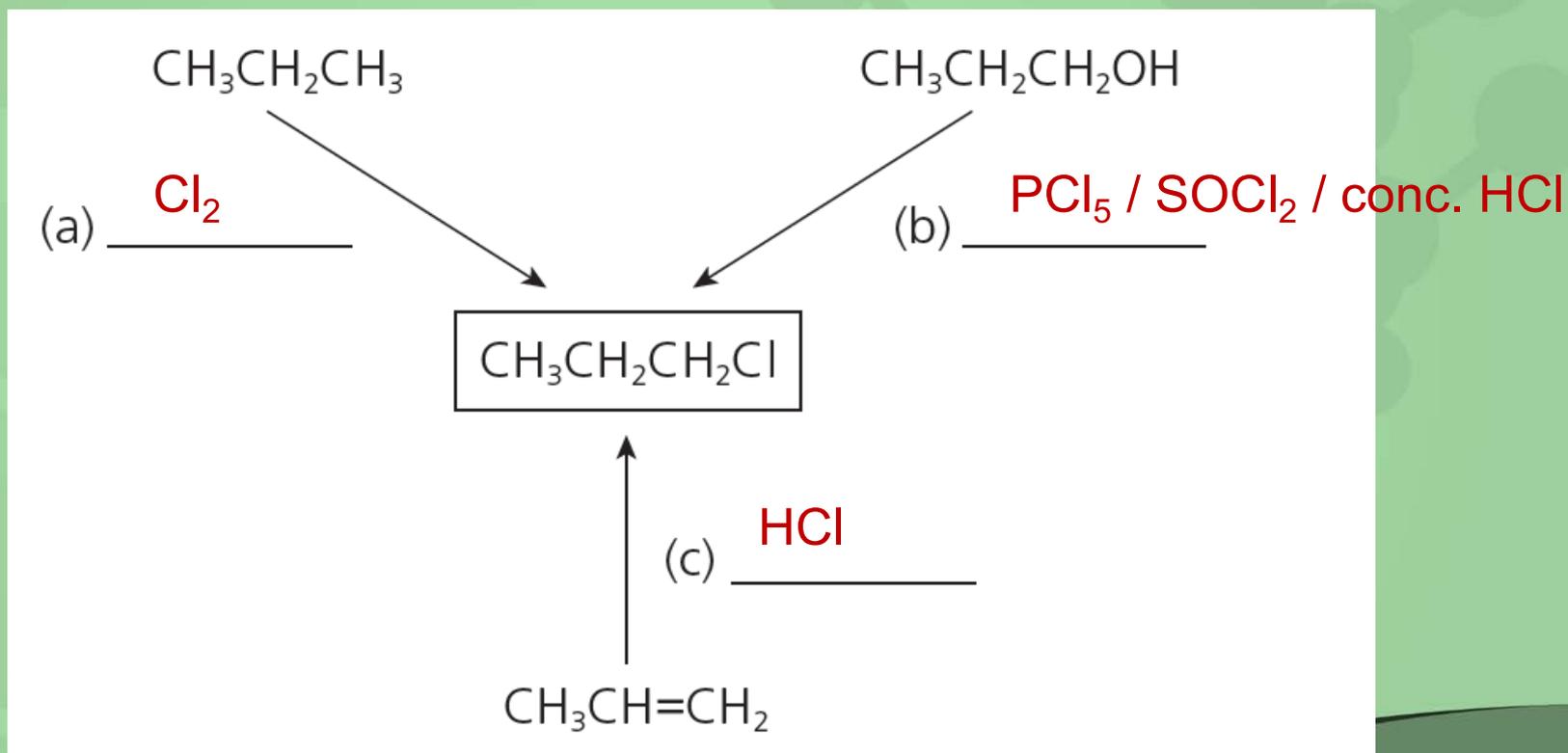
i) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I}$

ii) 1-碘丁烷



31.5 醇的反應 (頁99)

2 1-氯丙烷可通過以下展示的不同方法生成。寫出各反應所需的試劑。

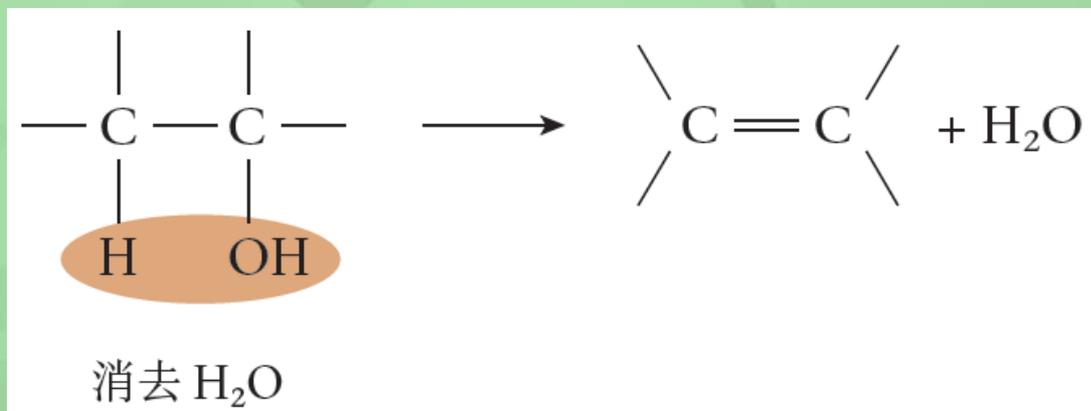




31.5 醇的反應 (頁99)

脫水作用生成烯

- ◆ 在**脫水作用 (Dehydration)** 中，會有一個水分子從反應物的分子消去。
- ◆ 醇在有催化劑的條件下受熱，會失去水而生成烯。在這個過程中，**-OH** 基團和與其相連的碳原子的相鄰碳原子上的氫原子會被消去，生成一個水分子，並在碳鏈上形成一個**碳-碳雙鍵**。





31.5 醇的反應 (頁99)

- ◆ 脫水作用是**消去反應 (elimination reaction)**的一個類別。消去反應是從反應物的分子消去一個小分子的反應。
- ◆ 醇進行脫水作用的相對容易程度的次序是： $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ 。
- ◆ 因此，脫水作用所需的實驗條件取決於涉及的醇的級別。

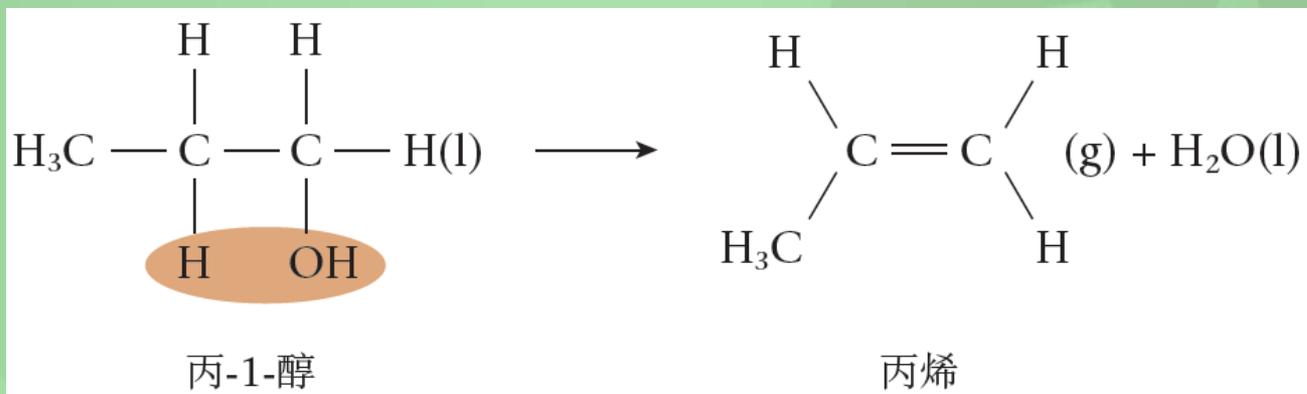


31.5 醇的反應 (頁99)

一級醇的脫水作用

- ◆ 一級醇最難脫水。

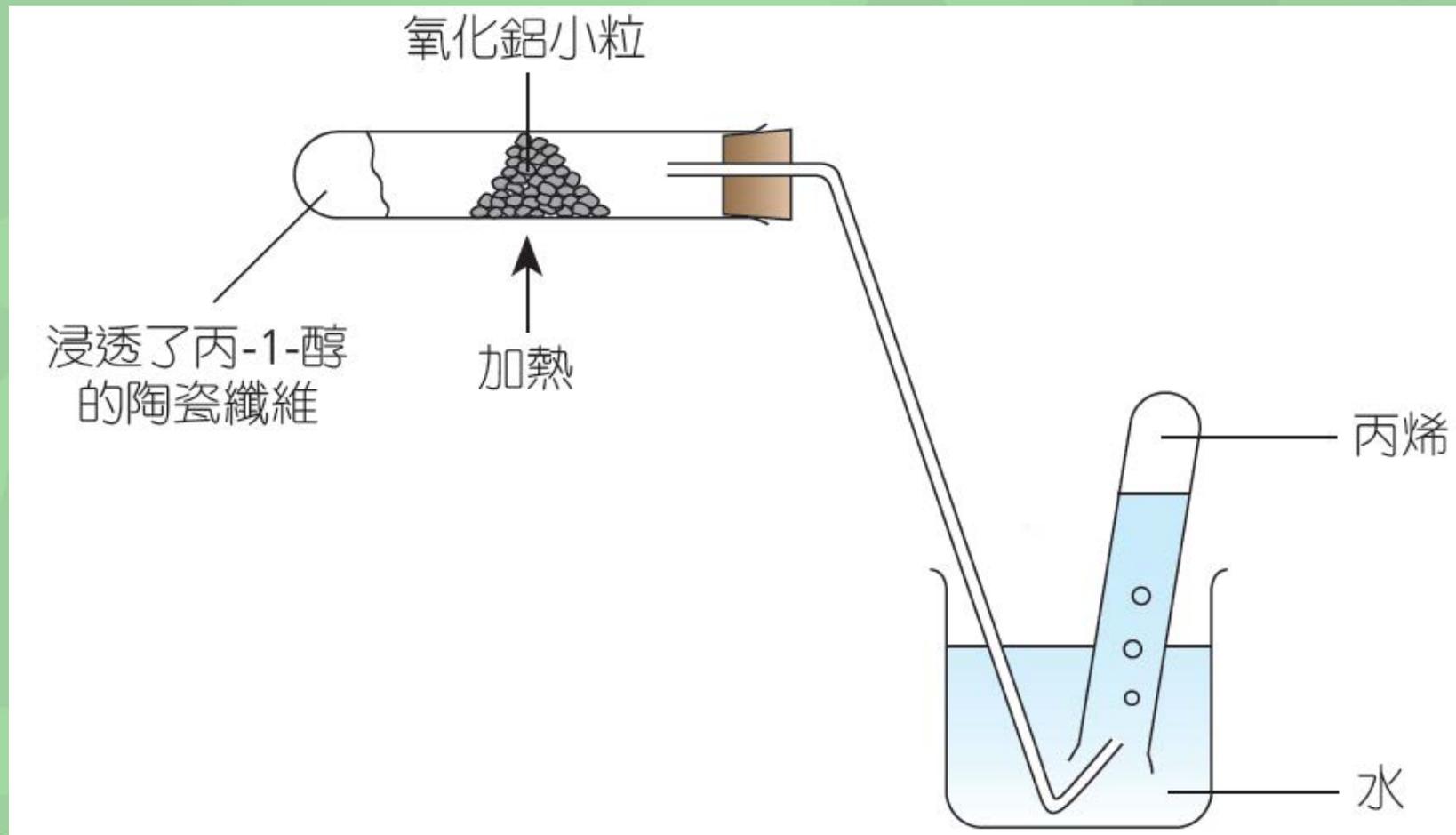
丙-1-醇經脫水作用生成丙烯。



- ◆ 有兩個方法可進行這類醇的脫水作用：
 - 在 $300\text{ }^\circ\text{C}$ ，把丙-1-醇通過氧化鋁催化劑；
 - 在 $180\text{ }^\circ\text{C}$ ，把丙-1-醇與酸性催化劑（例如濃硫酸）共熱。

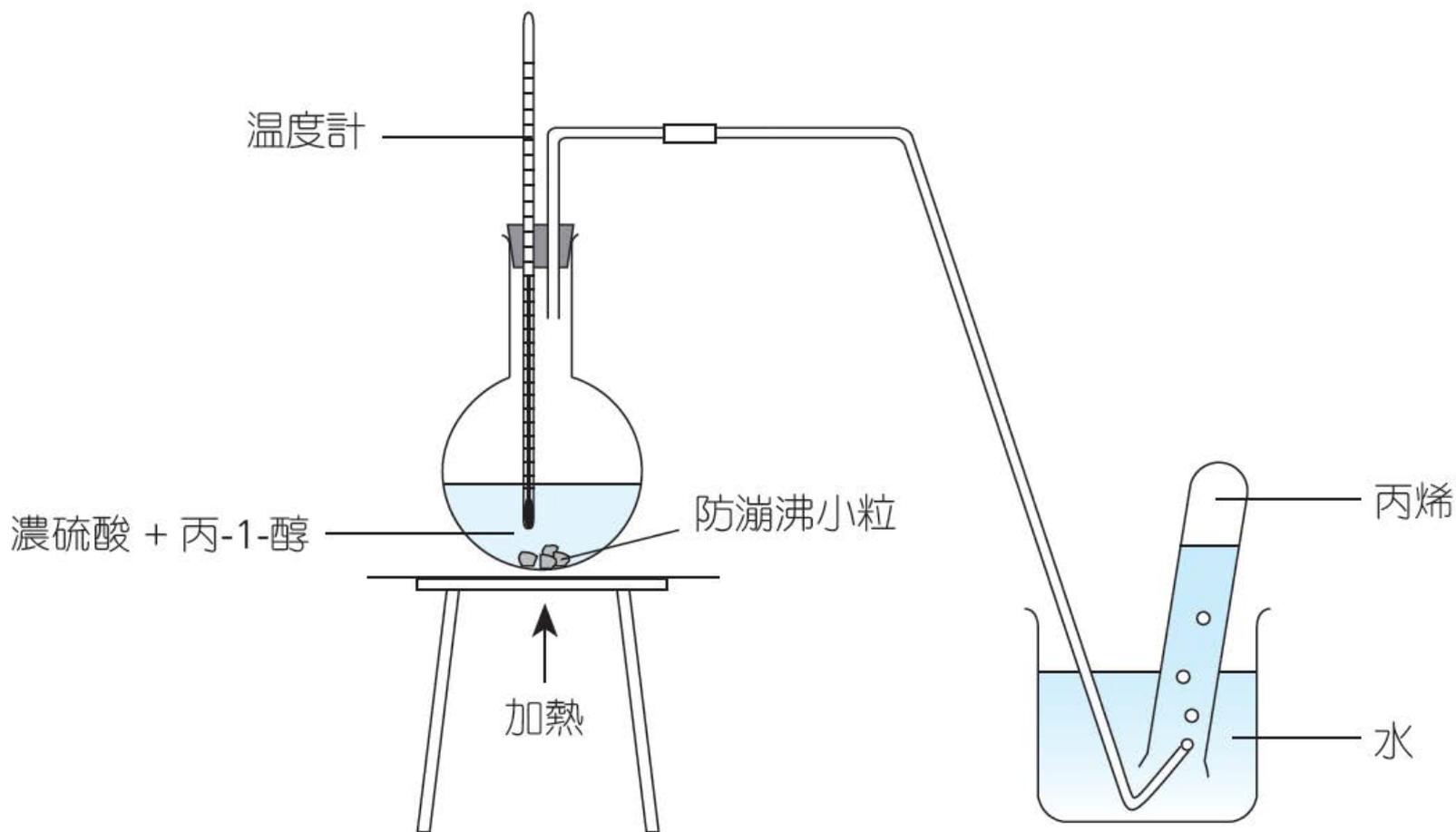


31.5 醇的反應 (頁99)





31.5 醇的反應 (頁99)

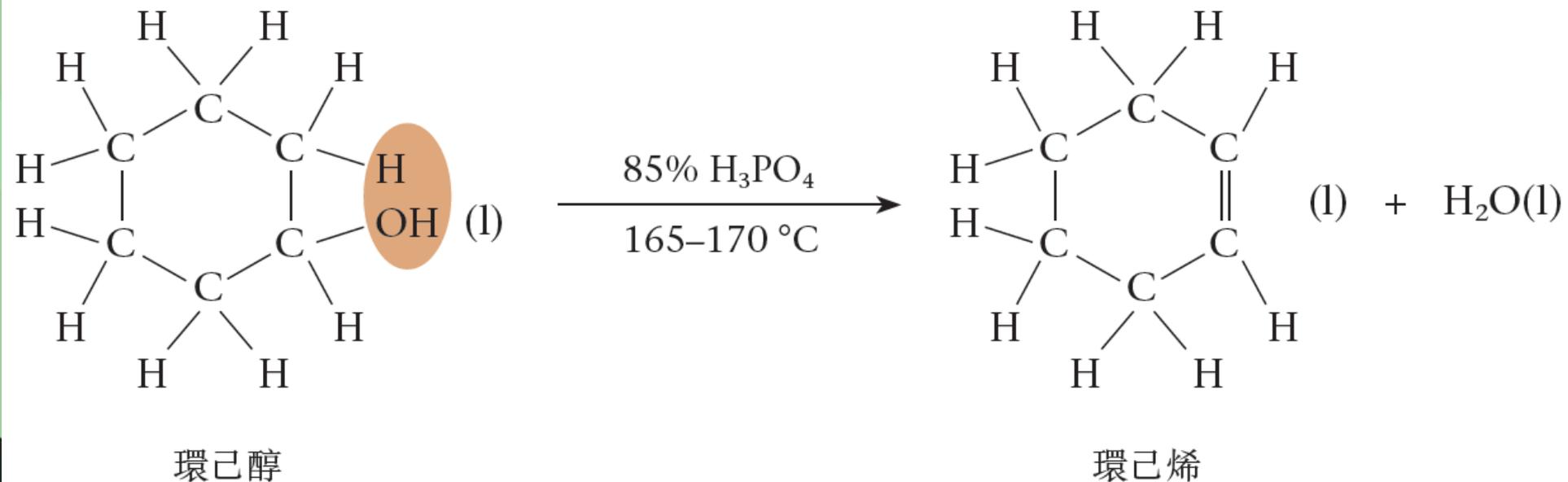




31.5 醇的反應 (頁99)

二級醇的脫水作用

- ◆ 二級醇通常可在較溫和的條件下進行脫水作用。例如在 165–170 °C，使用 85% 磷酸，便可把環己醇脫水生成環己烯。

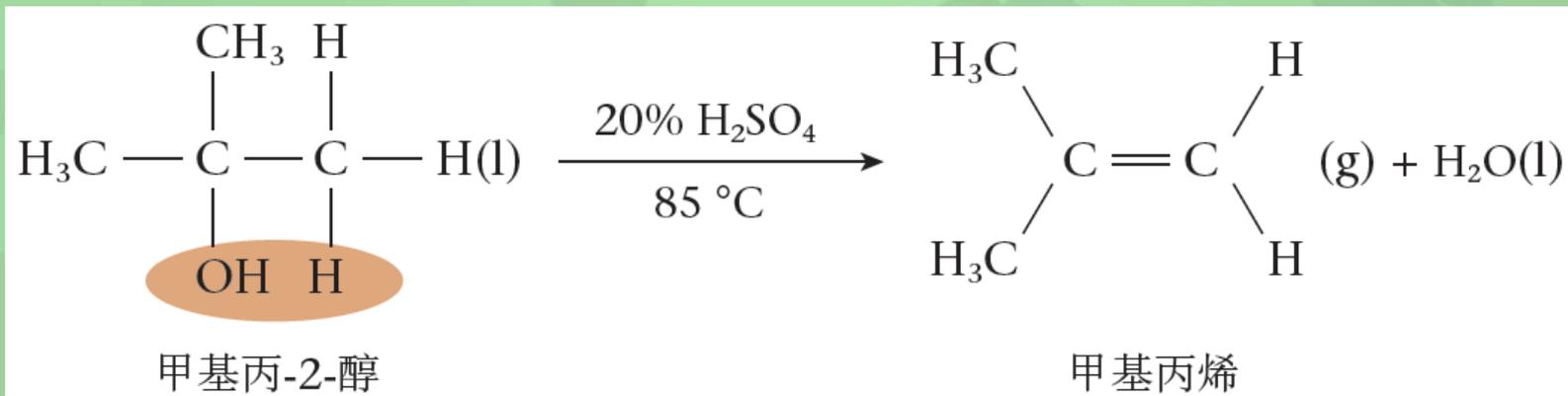




31.5 醇的反應 (頁99)

三級醇的脫水作用

- 三級醇一般很容易脫水，所需條件極之溫和。例如在85 °C，使用20% 硫酸，便可把甲基丙-2-醇脫水。

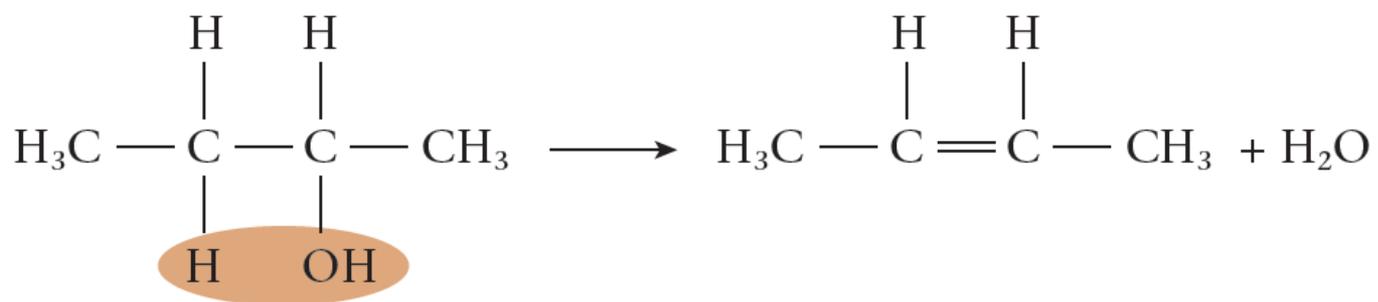




31.5 醇的反應 (頁99)

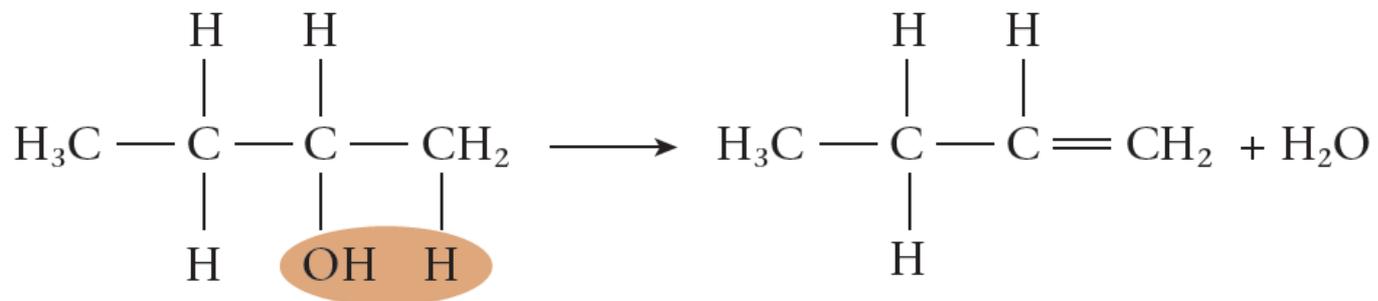
丁-2-醇脫水時的主生成物

- 醇的脫水作用可能產生多於一種烯。
就丁-2-醇而言，有兩種方法消去水：



丁-2-醇

丁-2-烯



丁-2-醇

丁-1-烯



31.5 醇的反應 (頁99)

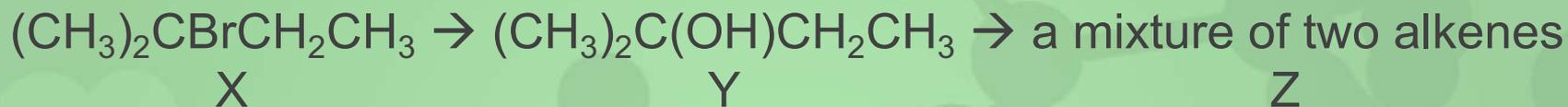
- ◆ 謹記丁-2-烯其實以一對順-反異構體存在，因此，正確而言是有三種生成物——丁-1-烯和兩個丁-2-烯的異構體（即是順-丁-2-烯和反-丁-2-烯）。
- ◆ 丁-2-烯有兩個烷基與碳-碳雙鍵中的碳原子連接，而丁-1-烯則只有一個。丁-2-烯是含較多烷基的烯，是脫水作用的主生成物。



31.5 醇的反應 (頁99)

問 (例題 31.2)

考慮以下轉化：



a) 就以下各項轉化：



- i) 寫出涉及反應的類別的名稱；和
- ii) 提出所需的試劑和反應條件。

- b) i) 寫出Z 中兩種烯的結構式，並提供它們的系統名稱。
 ii) 提出這兩種烯能否展現順-反異構，並加以解釋。



31.5 醇的反應 (頁99)

答

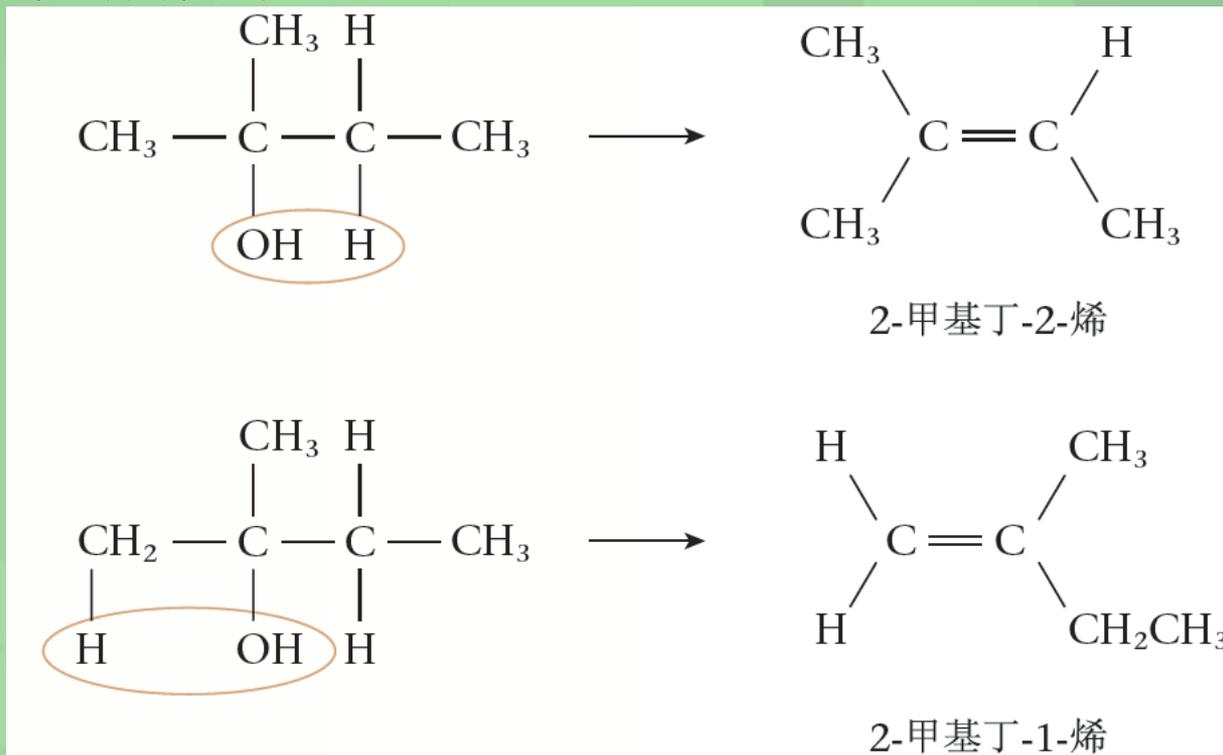
a)

| 轉化 | 涉及反應的類別 | 所需的試劑和反應條件 |
|-----------------------|-------------|--|
| $X \longrightarrow Y$ | 取代(或水解) | NaOH(aq) ; 回流加熱 |
| $Y \longrightarrow Z$ | 脫水作用(或消去反應) | 以下任何一項： <ul style="list-style-type: none"> 以濃 H_2SO_4 或 H_3PO_4 作為催化劑，加熱 以氧化鋁作為催化劑，加熱 |



31.5 醇的反應 (頁99)

b) i) 從Y消去水的兩個方法：



ii) 兩種烯都不會展現順-反異構，原因是在兩種烯中，其C=C鍵的其中一個碳原子都連接相同的原子或基團。



31.5 醇的反應 (頁99)

小測試 31.6

醇 A ($(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{OH})\text{CH}_3$) 進行反應，得出兩個同分異構烯 (X 和 Y)。

a) 寫出涉及反應的類別的名稱。

脫水作用

b) 提出所需的試劑和反應條件。

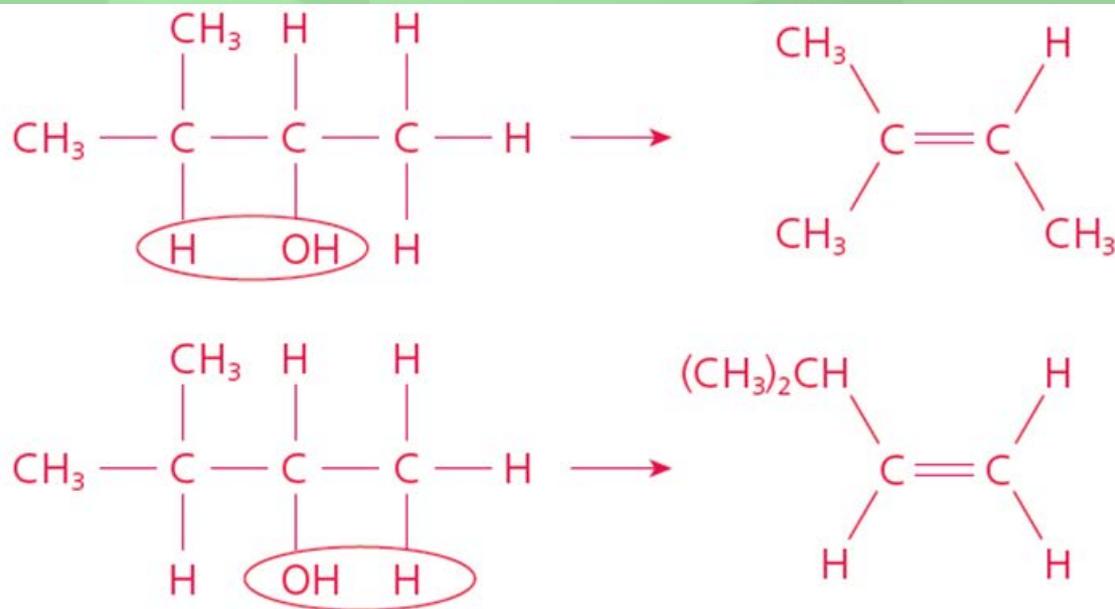
加熱， Al_2O_3 或濃 H_2SO_4 作為催化劑

c) i) 寫出兩個同分異構烯 (X 和 Y) 的結構式。

ii) X 和 Y 是哪一類

結構異構體？

位置異構

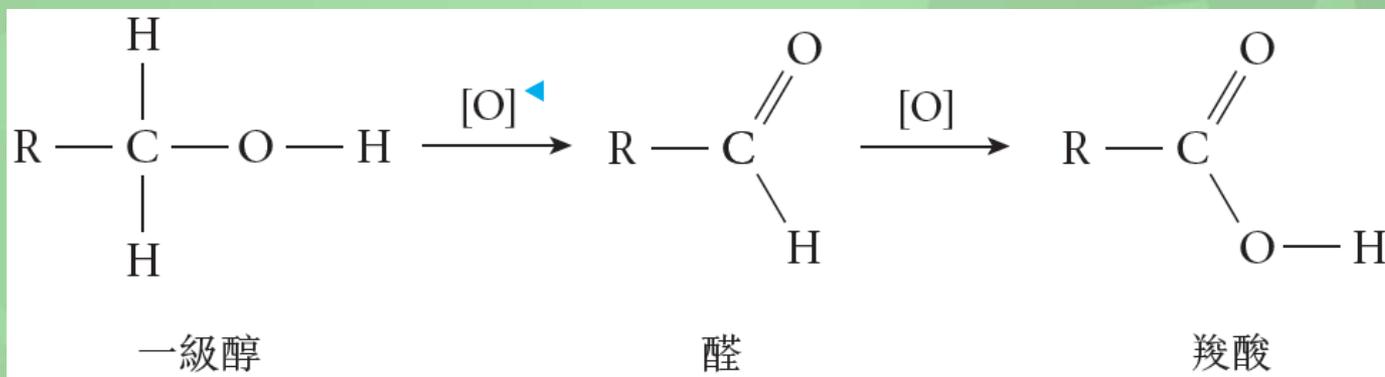




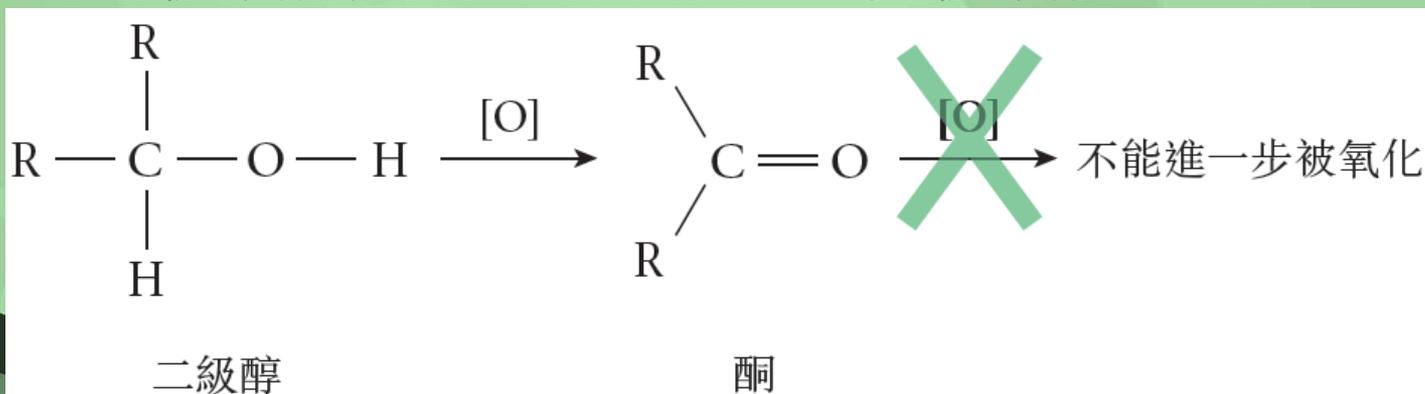
31.5 醇的反應 (頁99)

醇的氧化作用

- 在有氧化劑的條件下，一級醇很容易被氧化成醛，醛可進一步被氧化成羧酸。



- 二級醇可被氧化成酮。酮不能進一步被氧化。





31.5 醇的反應 (頁99)

- ◆ 在三級醇中，與羥基相連的碳原子上並沒有氫原子，所以三級醇一般很難被氧化。
- ◆ 用於氧化作用的氧化劑有很多種，例如酸化重鉻酸鉀溶液和酸性或鹼性高錳酸鉀溶液。



把乙醇氧化成乙酸，並測試所生成的乙酸的性質



31.5 醇的反應 (頁99)

把一級醇氧化成醛

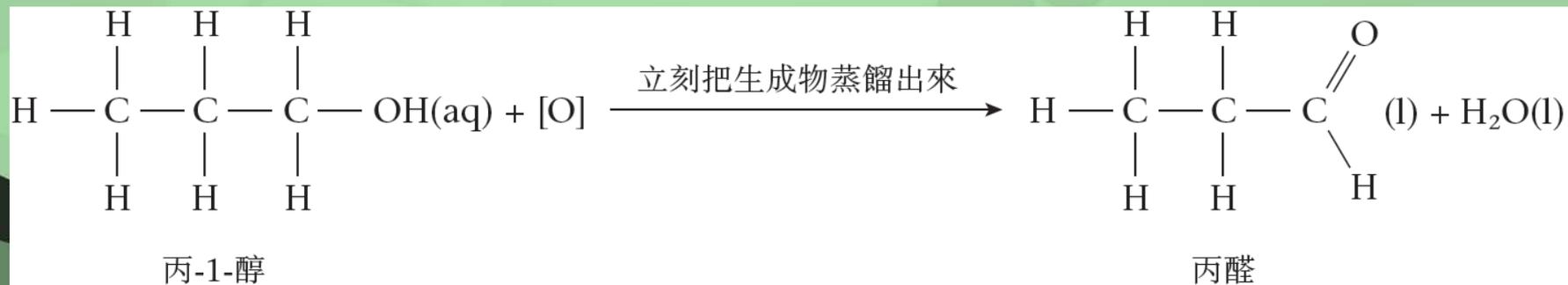
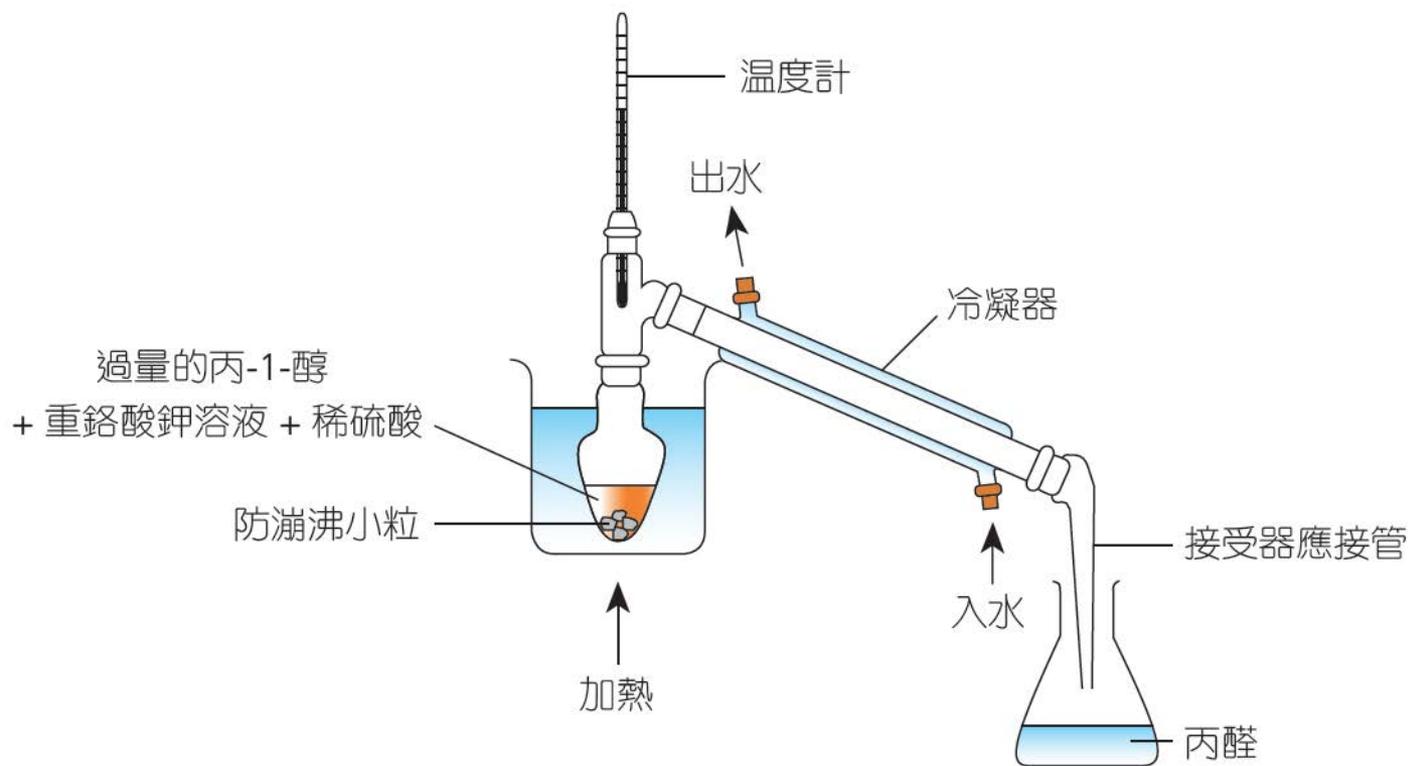
- ◆ 要生成醛，需要過量的一級醇，並在醛生成時即時把它蒸餾出來，以確保醇只是部分氧化，生成醛而非羧酸。
- ◆ 要把丙-1-醇氧化成丙醛，把過量的丙-1-醇與酸化重鉻酸鉀溶液放在圖31.10 所示的裝置中溫和共熱。丙醛（沸點 $49\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）生成後立刻汽化，被蒸餾出來。



把乙醇氧化成乙酸，並測試所生成的乙酸的性質 [參](#)



31.5 醇的反應 (頁99)



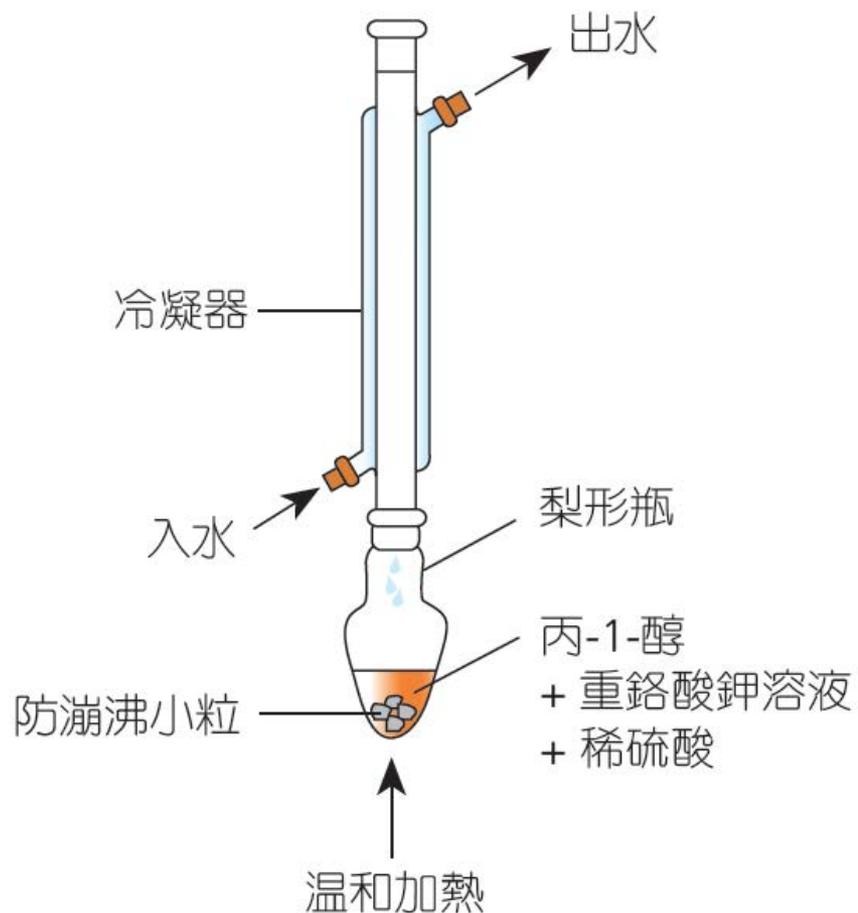


31.5 醇的反應 (頁99)

把一級醇氧化成羧酸

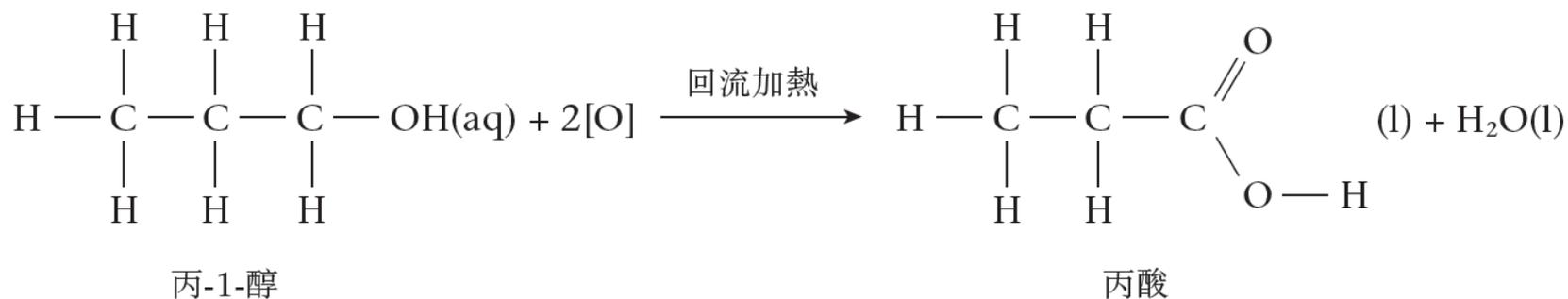
◆ 如果把一級醇與過量的酸化重鉻酸鉀溶液回流強熱，便會生成羧酸。

- 用過量的酸化重鉻酸鉀溶液，能確保醇全被氧化。
- 回流加熱能確保任何在反應初段生成的醛都被氧化成羧酸。





31.5 醇的反應 (頁99)



- ◆ 反應完成後，利用簡單蒸餾裝置把丙酸從反應混合物中蒸餾出來。
- ◆ 要醛不進一步被氧化，便不應使用酸化高錳酸鉀溶液作為氧化劑，因為它是過強的氧化劑，它會把一級醇氧化成酸，把二級醇氧化成酮。



31.5 醇的反應 (頁99)

- ◆ 與酸化高錳酸鉀溶液溫和共熱會把乙醇氧化成乙酸。下圖展示過程中酸化高錳酸鉀溶液的顏色變化，高錳酸根離子被還原成錳(II)離子。

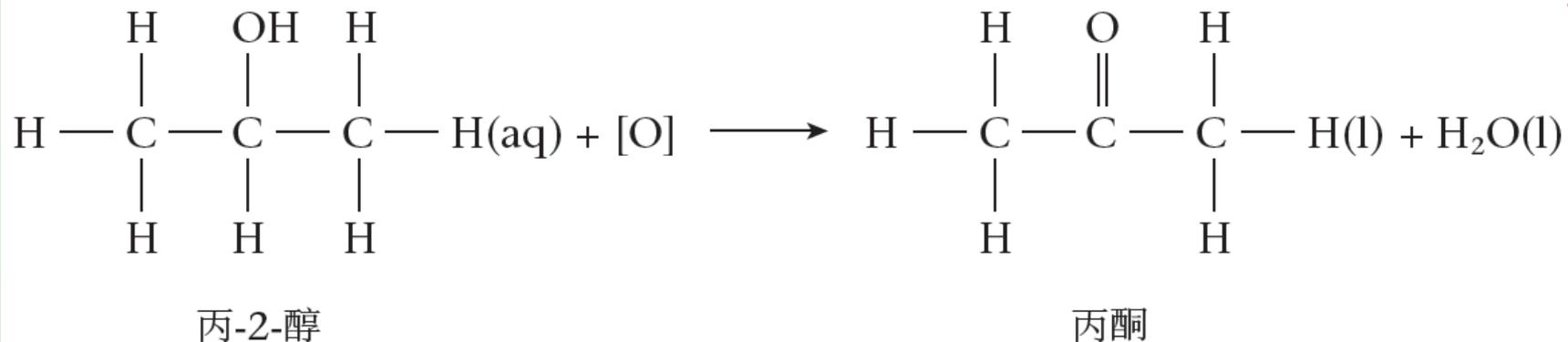




31.5 醇的反應 (頁99)

把二級醇氧化成酮

- 二級醇在有氧化劑（例如酸化重鉻酸鉀溶液）的條件下回流加熱會氧化成酮。





31.5 醇的反應 (頁99)

把三級醇氧化

- ◆ 三級醇 (例如甲基丙-2-醇) 很難被氧化，不會被酸化重鉻酸鉀溶液氧化。因此，把酸化重鉻酸鉀溶液與三級醇共熱，你不會看到顏色變化。



31.5 醇的反應 (頁99)

| 醇的級別 | 與酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 的氧化作用的反應條件 | 生成物 | 反應混合物可觀察到的變化 |
|------|---------------------------------|-----|--------------|
| 一級 | 微熱；生成物生成後立刻蒸餾出來 (使用過量的醇) | 醛 | 由橙色變成綠色 |
| | 回流強熱 (使用過量的氧化劑) | 羧酸 | 由橙色變成綠色 |
| 二級 | 回流加熱 | 酮 | 由橙色變成綠色 |
| 三級 | 沒有反應 | — | 維持橙色 |



31.5 醇的反應 (頁99)

- 因此，你可就三種不同的醇分別與酸化重鉻酸鉀溶液溫和共熱時可觀察的顏色變化，測試醇是否三級醇。

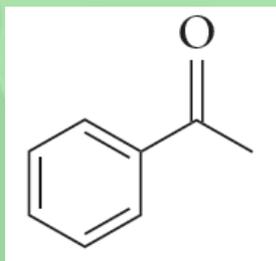




31.5 醇的反應 (頁99)

問 (例題 31.3)

化合物P和Q是兩個同分異構體。它們的熔點和在甲醇中的溶解度相同。分別把P和Q進行氧化作用，便會生成化合物X。X的結構顯示如下：



- X屬於哪個同系列？
從這些資料可推斷出P和Q是甚麼？
- P和Q是哪一類同分異構體？
- 提出一項化學試驗，以辨別P和X。



31.5 醇的反應 (頁99)

答

a) X是酮。

P和Q是二級醇。

b) P和Q是對映異構體。

c) 以下任何一項:

- 把每種化合物分別與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 溫和共熱。

P把重鉻酸鉀溶液由橙色變成綠色。

X則沒有可觀察到的變化。

- 把每種化合物分別與酸化 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 溫和共熱。

P把高錳酸鉀溶液由紫色變成無色。

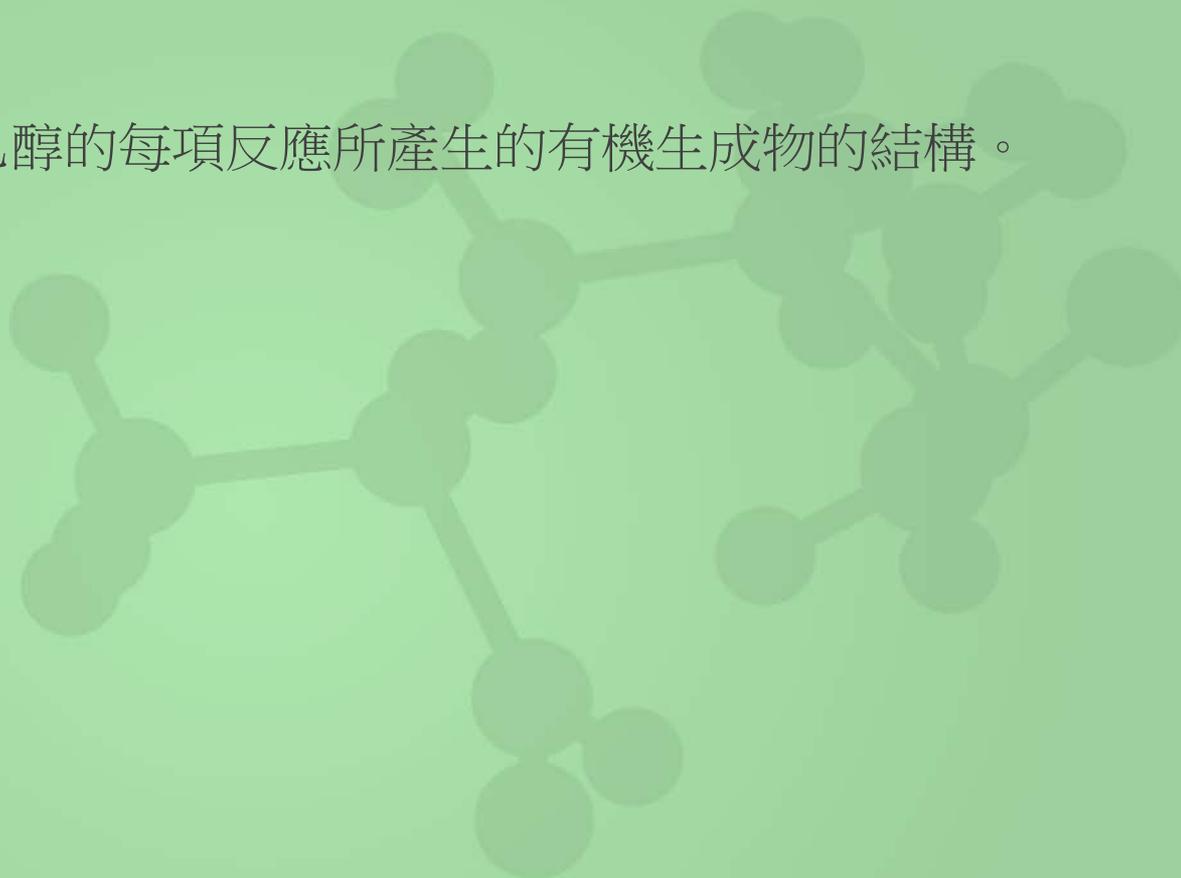
X則沒有可觀察到的變化。



31.5 醇的反應 (頁99)

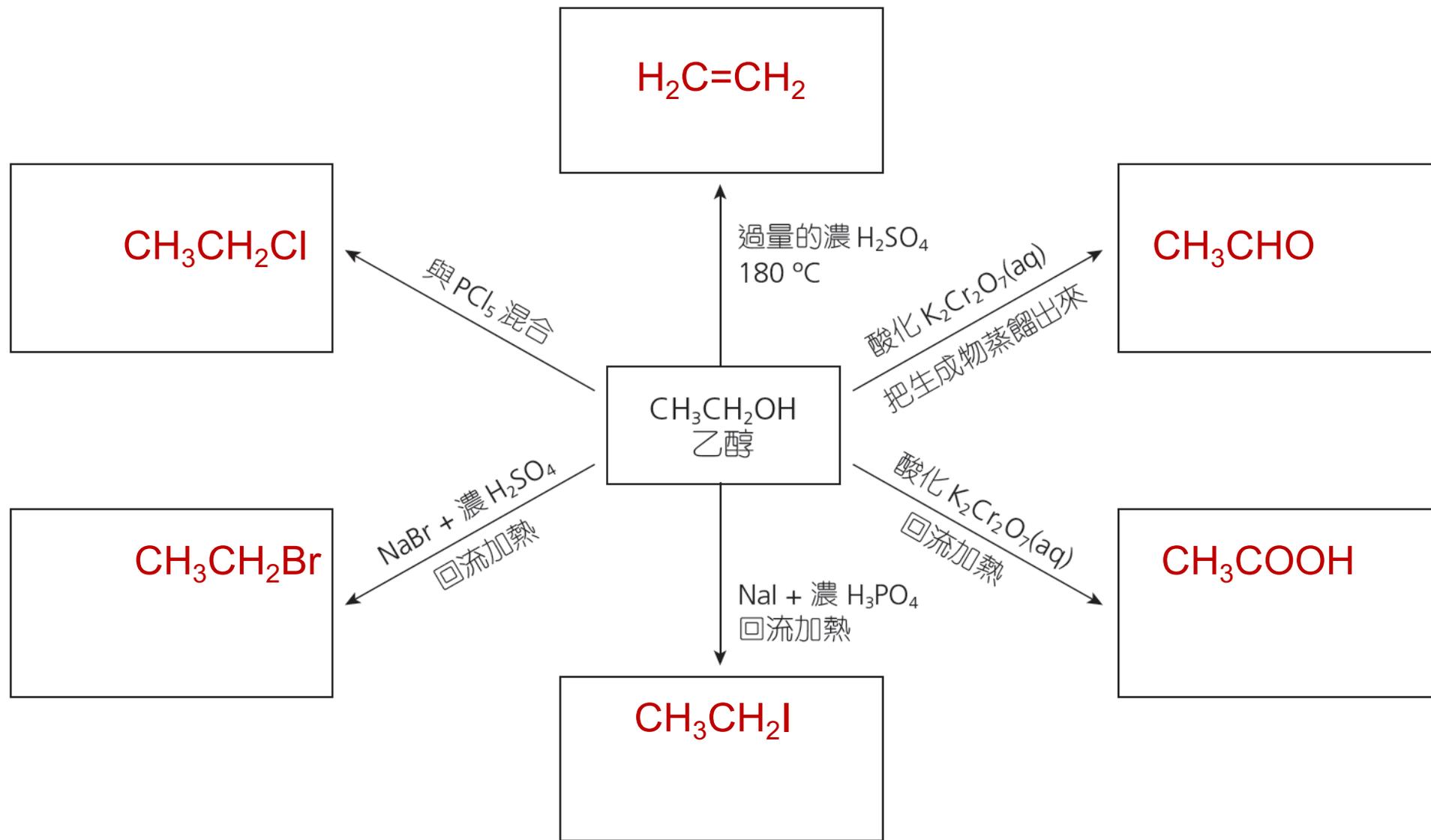
小測試 31.7

1 完成以下流程圖，繪出乙醇的每項反應所產生的有機生成物的結構。





31.5 醇的反應 (頁99)

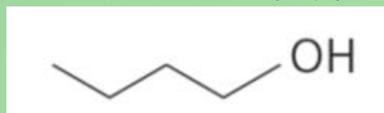




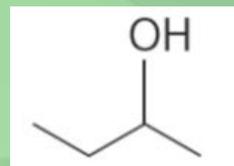
31.5 醇的反應 (頁99)

2 以下四個同分異構體的分子式都是 $C_4H_{10}O$ 。

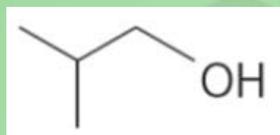
同分異構體W:



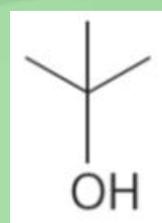
同分異構體X:



同分異構體Y:

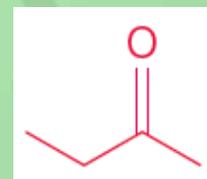


同分異構體Z:



a) 其中一個同分異構體會與酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 反應，生成酮。

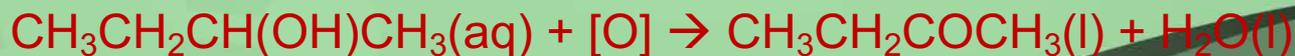
i) 辨認該同分異構體。 同分異構體 X



ii) 寫出所生成的酮的骨架式。

iii) 寫出該同分異構體與酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 反應的化學方程式。

用 $[O]$ 表示酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 。





31.5 醇的反應 (頁99)

b) 其中兩個同分異構體會與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 反應，生成醛。

i) 辨認該兩個同分異構體。 同分異構體 **W and Y**

ii) 提出一個可獲取最高產量的醛的實用方法，並提供理據支持你的答案。

醛生成一刻即時把它蒸餾出來。

使用過量的醇。

防止進一步氧化。 / 防止羧酸的生成。

 31.6 醛和酮的反應 (頁119)

- ◆ 醛可被還原和氧化，但酮只能被還原。



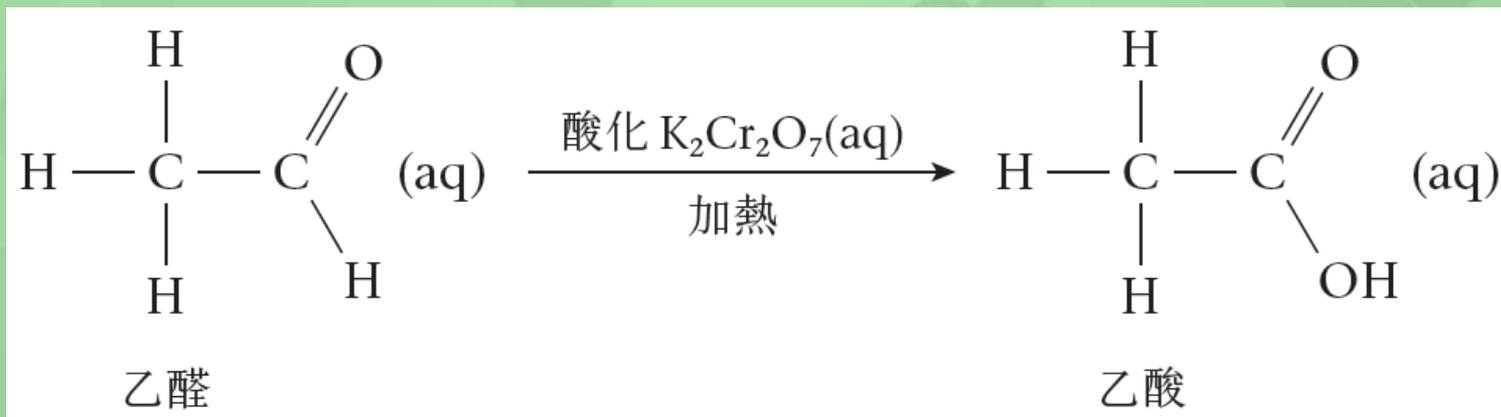
探究丙醛和丙酮的性質



31.6 醛和酮的反應 (頁119)

醛的氧化作用

- ◆ 醛很容易被酸化重鉻酸鉀溶液氧化。該反應需溫和加熱，反應混合物的顏色由橙色變成綠色。



- ◆ 酮不會被酸化重鉻酸鉀溶液氧化。你可用這個分別來辨別醛和酮。



31.6 醛和酮的反應 (頁119)

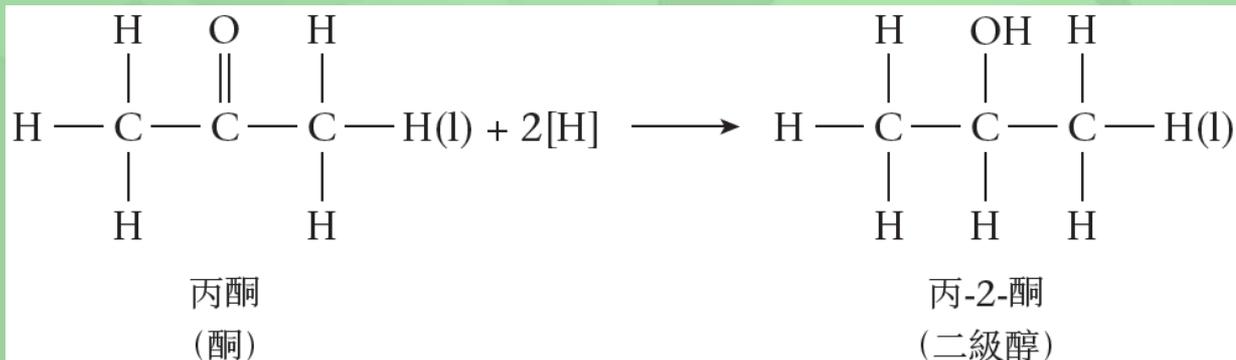
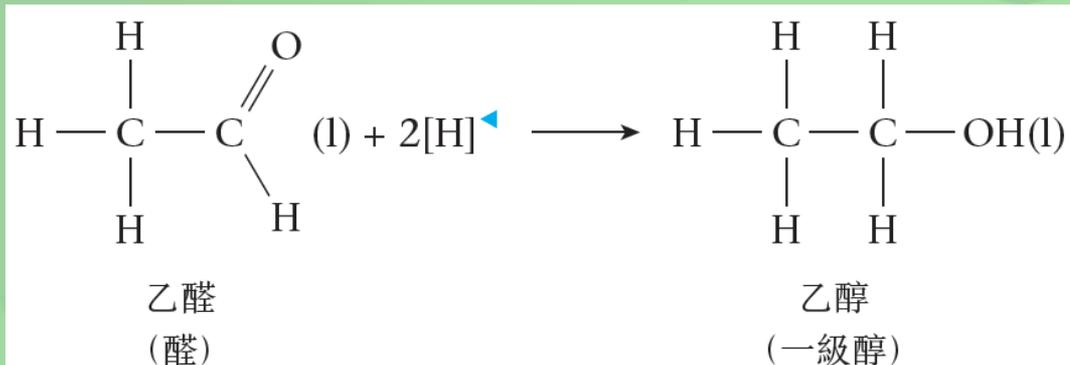
醛和酮的還原作用

- ◆ 醛和酮都可被還原成醇。常見的還原劑包括：
 - 在水溶液中的**硼氫化鈉 (NaBH_4) (sodium borohydride)**；和
 - 在乾燥的二乙醚中的**氫化鋁鋰 (LiAlH_4) (lithium aluminium hydride)**，接着加入稀酸。
- ◆ 氫化鋁鋰是較強的還原劑，可用來還原醛、酮和羧酸，但硼氫化鈉只能還原醛和酮。



31.6 醛和酮的反應 (頁119)

- 在醛和酮的還原作用中，較常使用硼氫化鈉。雖然使用氫化鋁鋰進行還原作用較為有效，但它較危險，而且較昂貴。



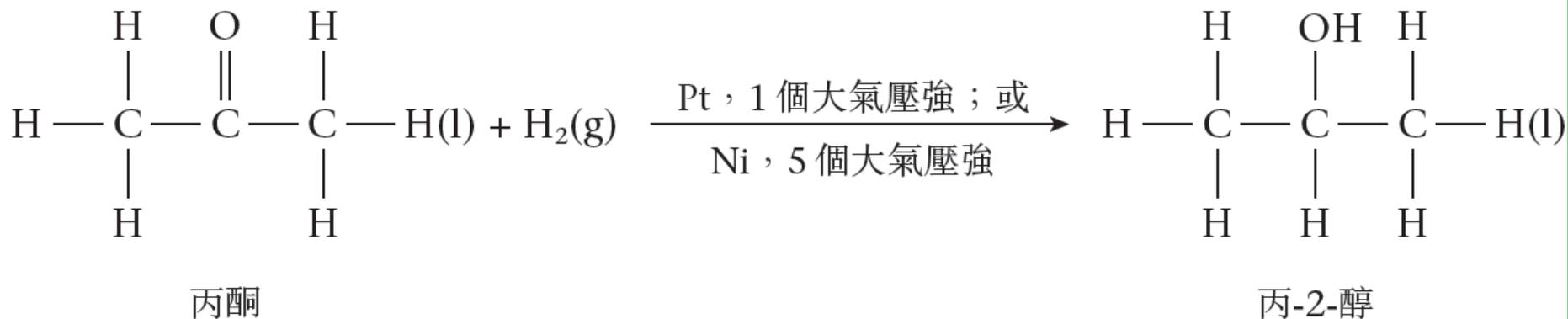
把香草醛還原成香草醇



31.6 醛和酮的反應 (頁119)

催化氫化作用

- 如烯般，在有鎳或鉑作為催化劑的條件下，羰基化合物可被氫氣還原。

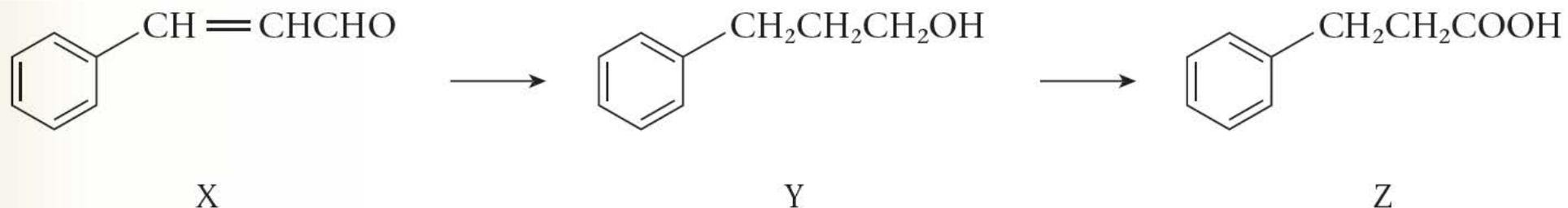




31.6 醛和酮的反應 (頁119)

問 (例題 31.4)

考慮以下轉化：



就以下各轉化，

- X → Y
- Y → X

- a) 寫出涉及反應的類別的名稱；和
- b) 提出所需的試劑和反應條件。



31.6 醛和酮的反應 (頁119)

答

| 轉化 | 涉及反應的類別 | 所需的試劑和反應條件 |
|-----------------------|---------|---|
| $X \longrightarrow Y$ | 還原作用 | $H_2(g)$ Pt 或 Ni 作為催化劑 |
| $Y \longrightarrow Z$ | 氧化作用 | 與過量的酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 或酸化 $KMnO_4(aq)$ 回流加熱 |

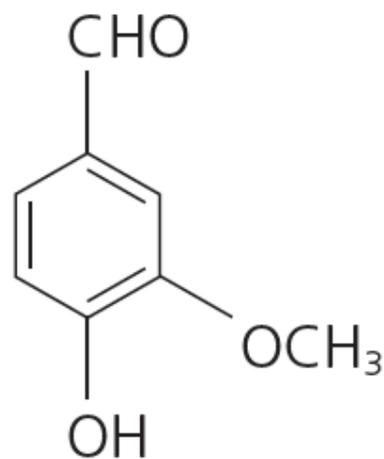
▶ $LiAlH_4$ 和 $NaBH_4$ 兩者都不會影響碳-碳雙鍵，所以它們會把不飽和的醛轉化成不飽和的醇。



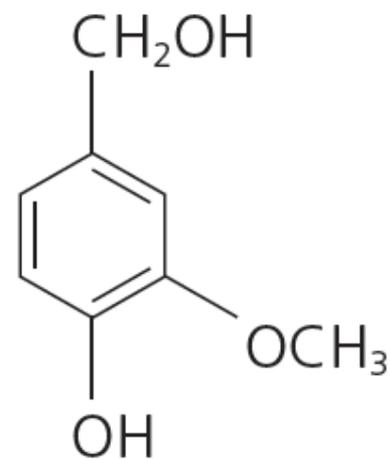
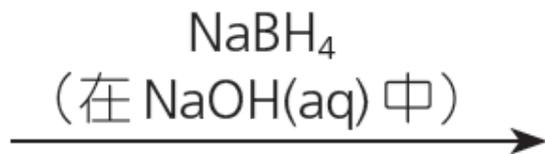
31.6 醛和酮的反應 (頁119)

小測試 31.8

1 一名學生進行實驗，研習利用硼氫化鈉把香草醛還原成香草醇。



香草醛



香草醇



31.6 醛和酮的反應 (頁119)

步驟1 把一香草醛樣本置於錐形瓶中，再加入 2 cm^3 的乙醇。

步驟2 攪拌以讓固體香草醛完全溶解。用冰水浴把混合物冷卻。

步驟3 把 NaBH_4 溶液逐滴加入香草醛溶液，過程中需不斷攪拌及冷卻溶液。

步驟4 從冰水浴取出錐形瓶，在室溫下把反應混合物攪拌 10 分鐘。

步驟5 再次把該反應混合物置於冰水浴中。在攪拌下，把 HCl(aq) 逐滴加入反應混合物內，直至再沒有任何氣體（即 H_2 ）從混合物釋出。
(加入 HCl(aq) 可與過量的 NaBH_4 和 NaOH 反應。)

步驟6 在持續攪拌下把混合物冷卻，讓生成物從反應混合物中沉澱出來。



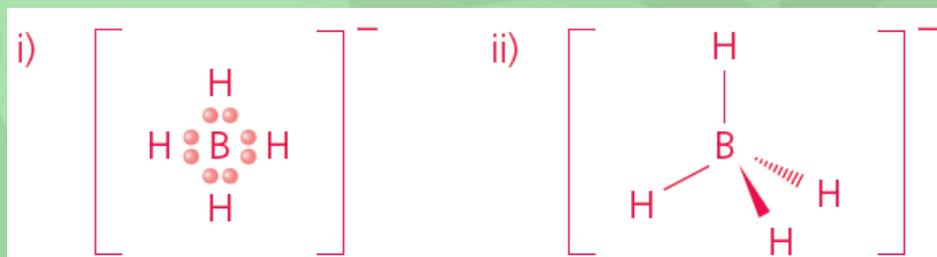
31.6 醛和酮的反應 (頁119)

a) 指出香草醛和香草醇在結構上的差異。
香草醛含羰基；香草醇含羥基。

b) 硼氫離子的化學式是 BH_4^- 。

i) 繪出該離子的電子圖。

ii) 提出該離子的形狀。



c) 為甚麼在步驟3 中不斷冷卻香草醛溶液？

該反應是放熱的。

d) 提出該名學生如何在步驟6 後取得乾的香草醇。

通過過濾收集生成物。

用冰冷的水沖洗生成物。

把生成物移放至濾紙上風乾。

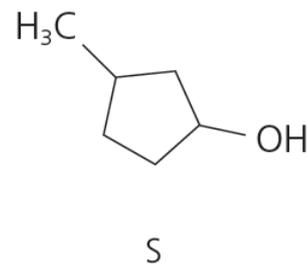
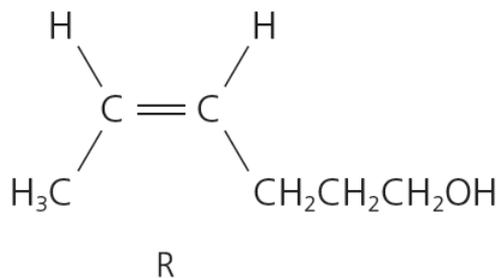
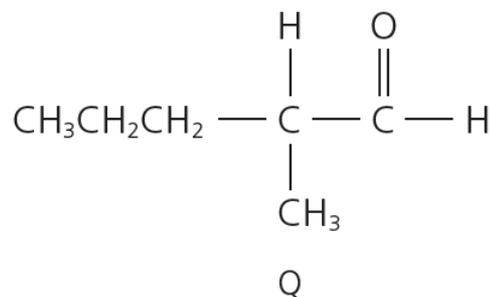
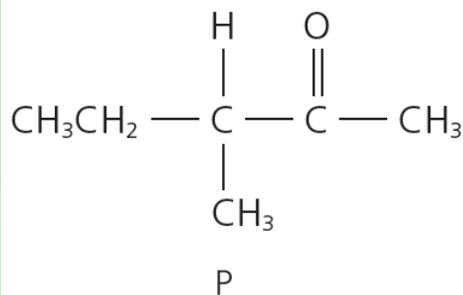


31.6 醛和酮的反應 (頁119)

2 某學生利用試管進行反應，以探究以下四個同分異構體 (P、Q、R 和 S)。提出一項化學試驗，以辨別以下各對同分異構體。答案應包括所用的試劑和你所預期的觀察結果。

a) P 和 Q

b) R 和 S





31.6 醛和酮的反應 (頁119)

a) 以下任可一項：

- 把每個異構體分別與酸化重鉻酸鉀溶液溫和共熱。
Q 把重鉻酸鉀溶液由橙色變成綠色；
P 則沒有可觀察到的變化。
- 把每個異構體分別與酸化高錳酸鉀溶液溫和共熱。
Q 把高錳酸鉀溶液由紫色變成無色；
P 則沒有可觀察到的變化。

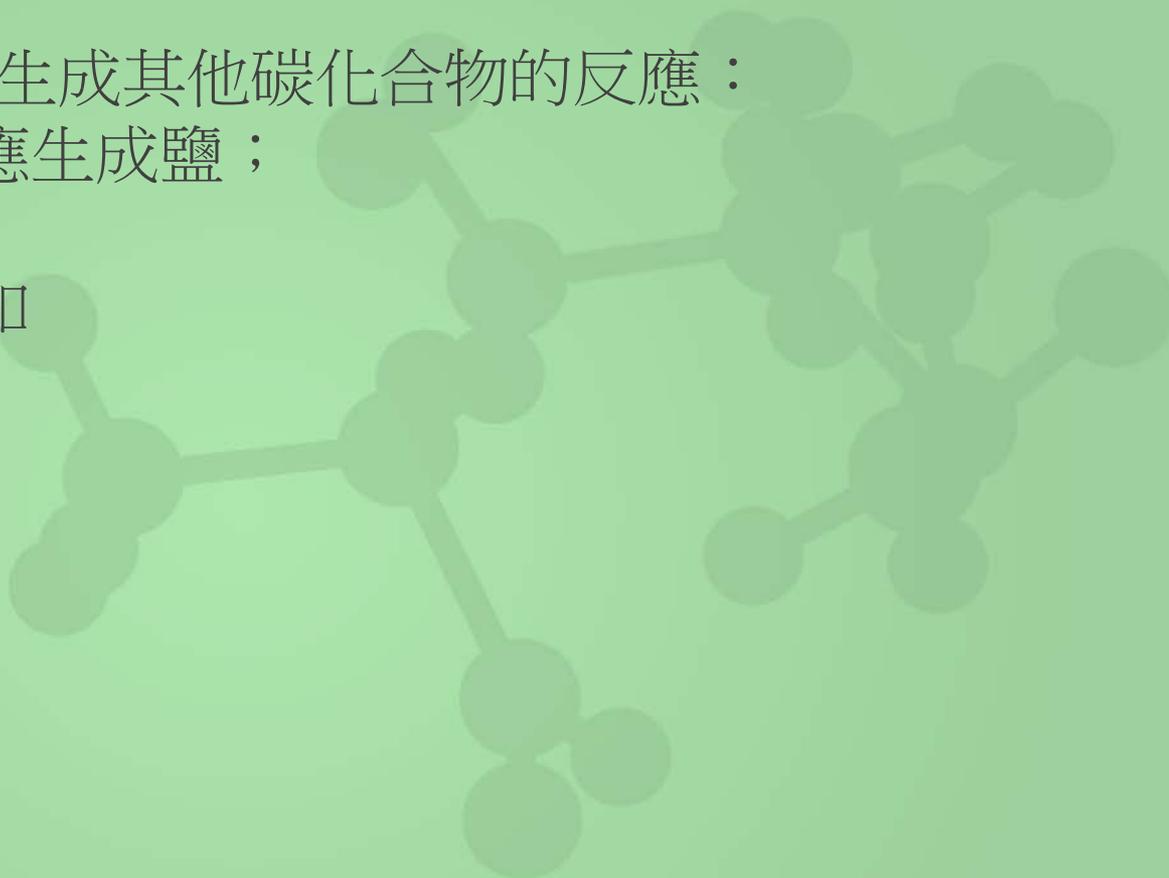
b) 以下任可一項：

- 把溴水分別加入每個異構體中，並搖勻。
異構體 R 把棕色的溴水迅速地變為無色；
異構體 S 則沒有可觀察到的變化。
- 把冷的酸化稀高錳酸鉀溶液分別加入每個異構體中，並搖勻。
異構體 R 把紫色的高錳酸鉀溶液迅速地變為無色。
異構體 S 則沒有可觀察到的變化。



31.7 羧酸的反應 (頁123)

- ◆ 你會學習以下由羧酸生成其他碳化合物的反應：
 - 與鹼和碳酸氫鹽反應生成鹽；
 - 與醇反應生成酯；
 - 還原作用生成醇；和
 - 製備酰胺。

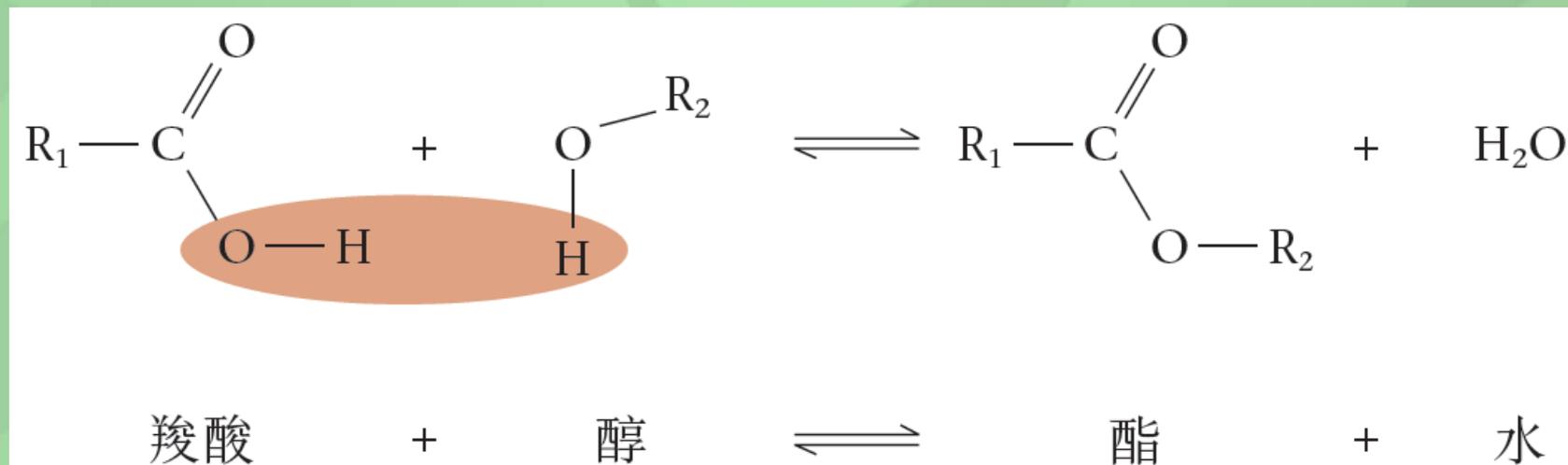




31.7 羧酸的反應 (頁123)

酯化作用

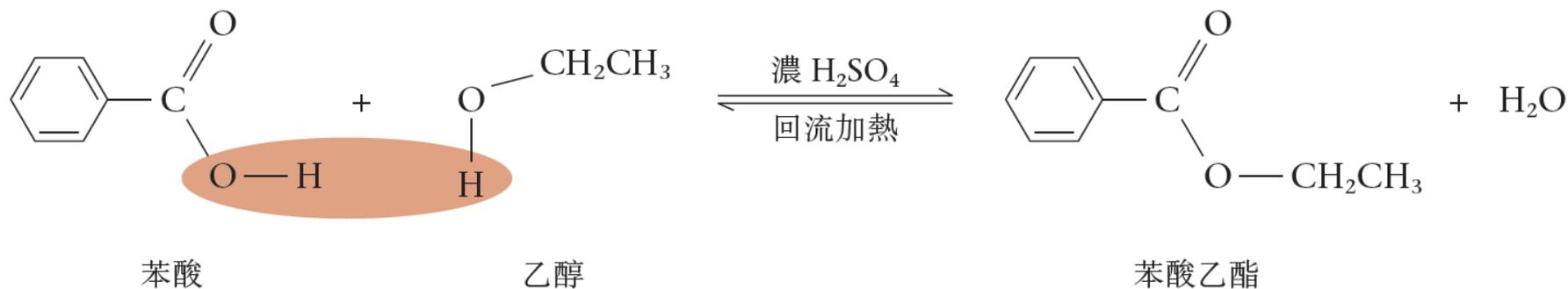
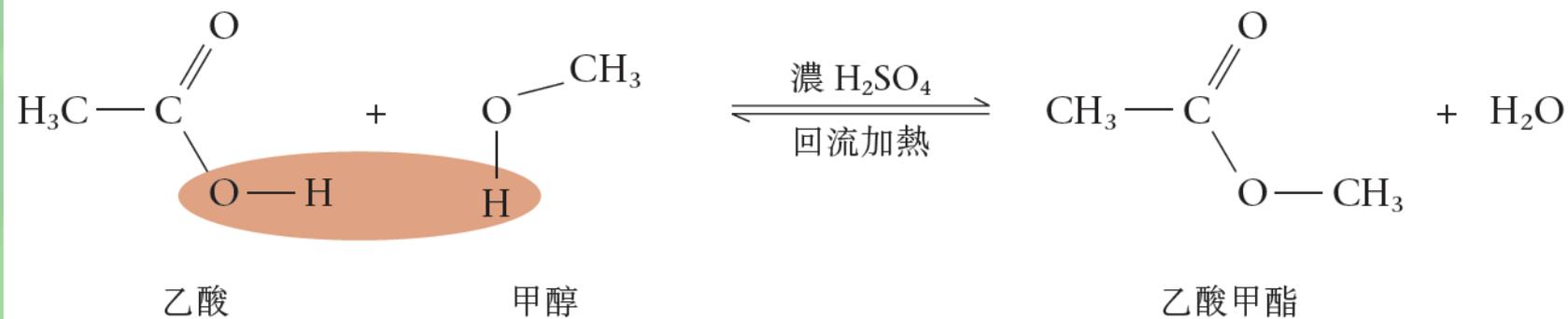
- ◆ 羧酸可與醇反應，生成酯。這種反應稱為**酯化作用 (esterification)**，它是可逆反應，一般在有濃酸（例如濃硫酸）作為催化劑的條件下進行。





31.7 羧酸的反應 (頁123)

- ◆ 酯化作用可分類為**縮合反應 (condensation reaction)**—兩個或以上的分子連結生成一個較大的分子的反應，過程中有細小的分子(例如水分子)被消去。





31.7 羧酸的反應 (頁123)

- ◆ 在方程式中的 ' \rightleftharpoons ' 符號表示該反應是可逆的，其中反應物和生成物同時存在。通過蒸餾把生成的酯從反應混合物中分離出來，然後提純。



用微型實驗裝置製備苯酸乙酯



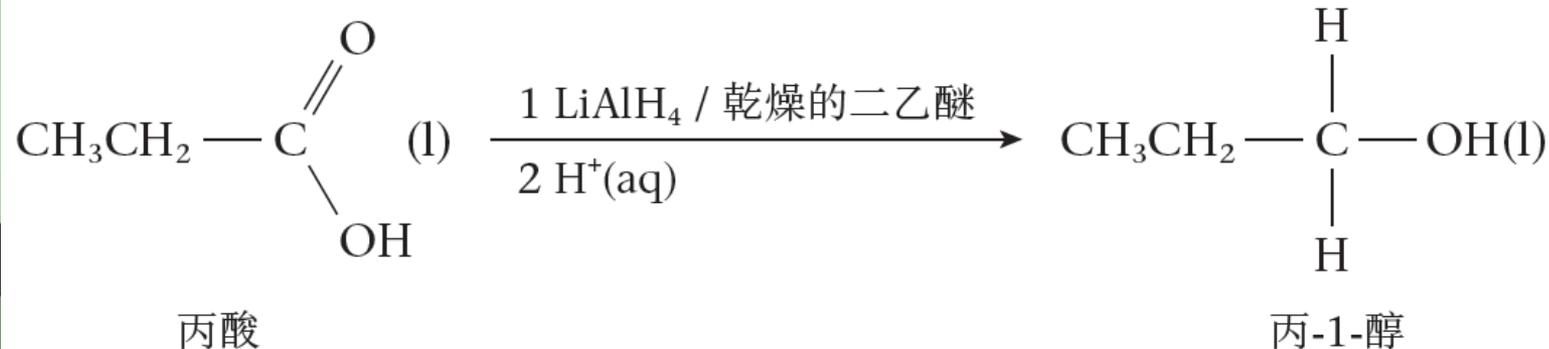
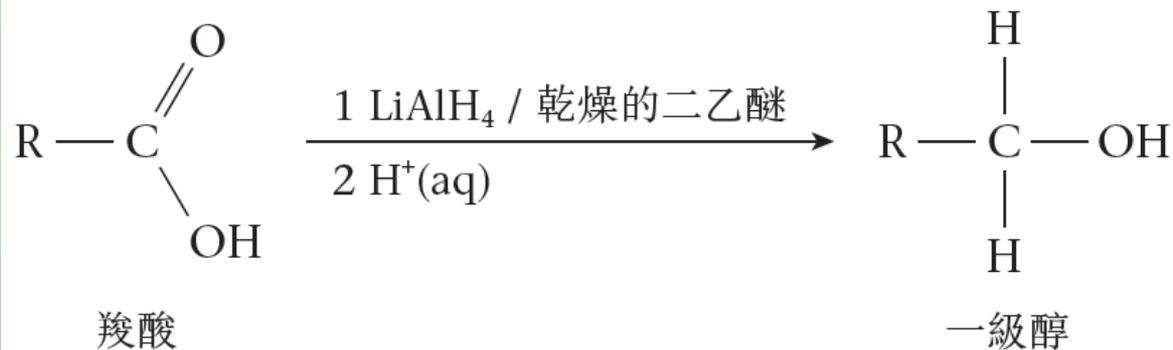
通過苯甲醇與乙酸的反應來製備乙酸苯甲酯



31.7 羧酸的反應 (頁123)

羧酸的還原作用

- ◆ 羧酸還原作用分兩個階段進行 — 首先生成醛，然後生成一級醇。LiAlH₄ 會與所生成的醛迅速地反應，還原不會在中途停止。



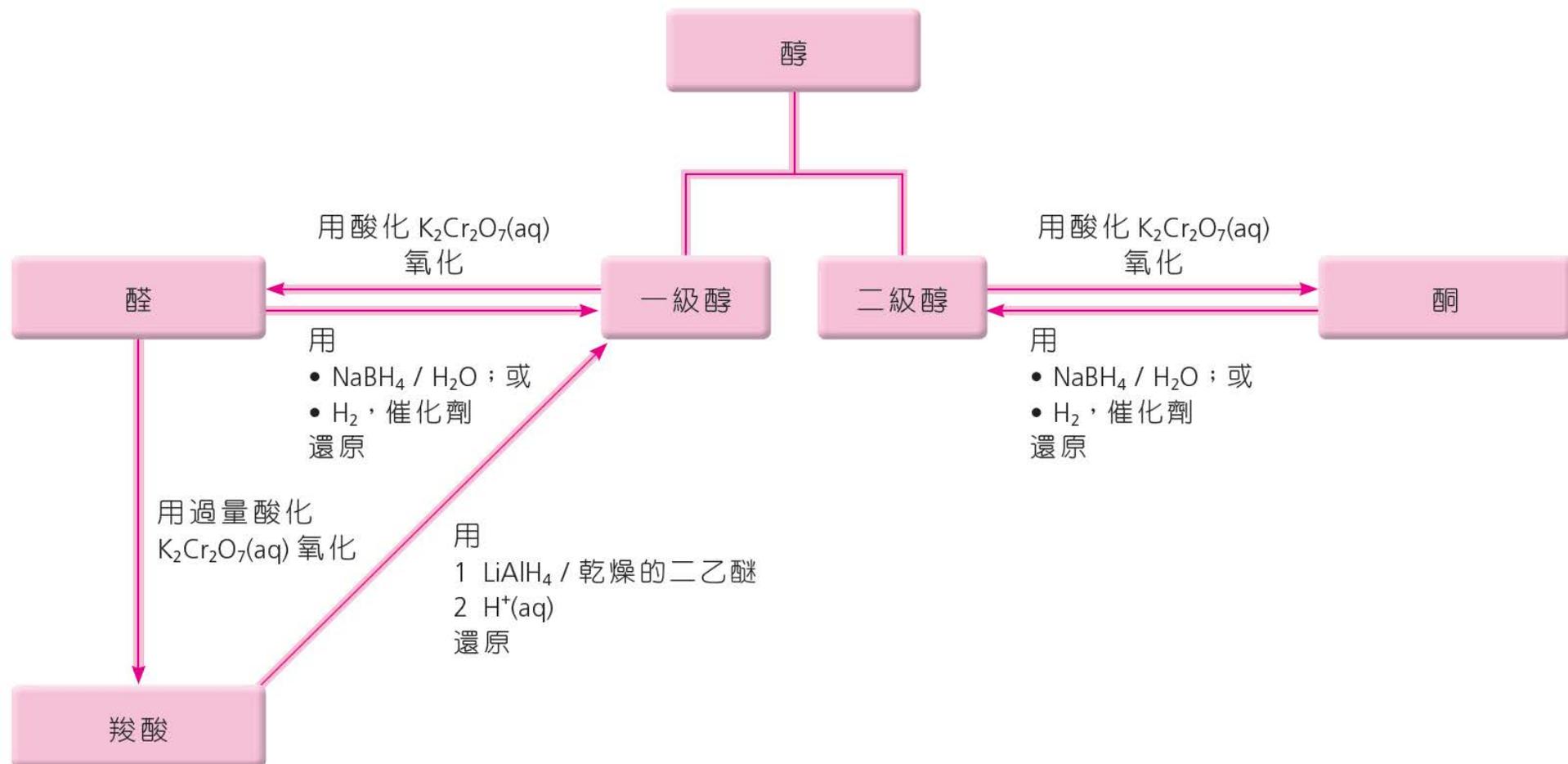


31.7 羧酸的反應 (頁123)

- ◆ 還原羧酸需用氫化鋁鋰這樣強的還原劑。硼氫化鈉或氫都不能把羧酸還原。
- ◆ 下圖總結了到目前為止已討論過涉及醇、醛、酮和羧酸的氧化和還原反應。



31.7 羧酸的反應 (頁123)

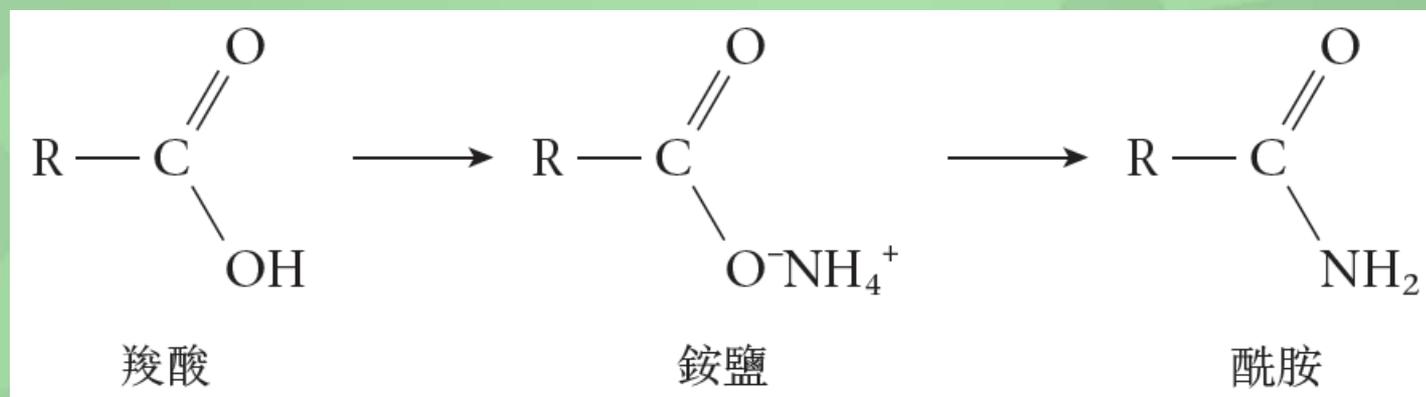




31.7 羧酸的反應 (頁123)

從羧酸製備酰胺

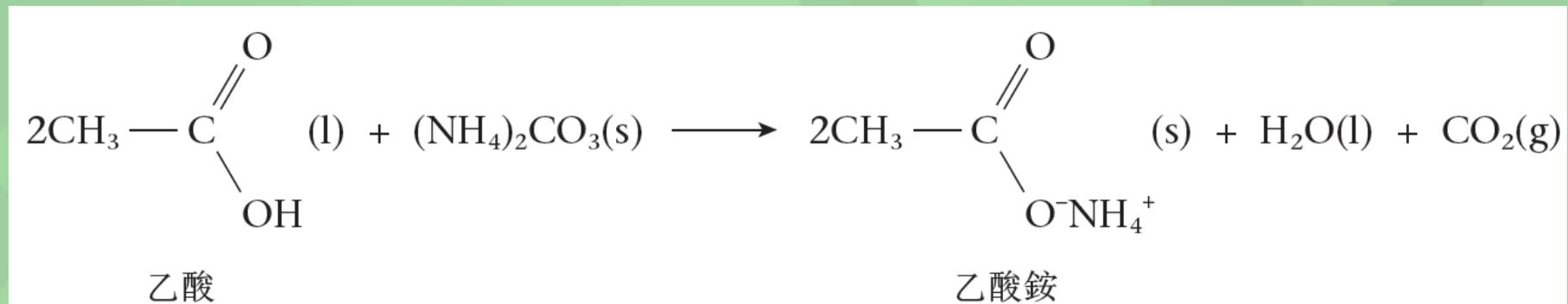
- ◆ 首先將羧酸轉化成銨鹽，繼而加熱以生成酰胺。





31.7 羧酸的反應 (頁123)

- ◆ 例如，把碳酸銨（或氨水）加入過量的乙酸中，便生成乙酸銨。



- ◆ 加熱時 $\text{CH}_3\text{COONH}_4(\text{s})$ 傾向分解成 $\text{NH}_3(\text{g})$ 和 CH_3COOH 。

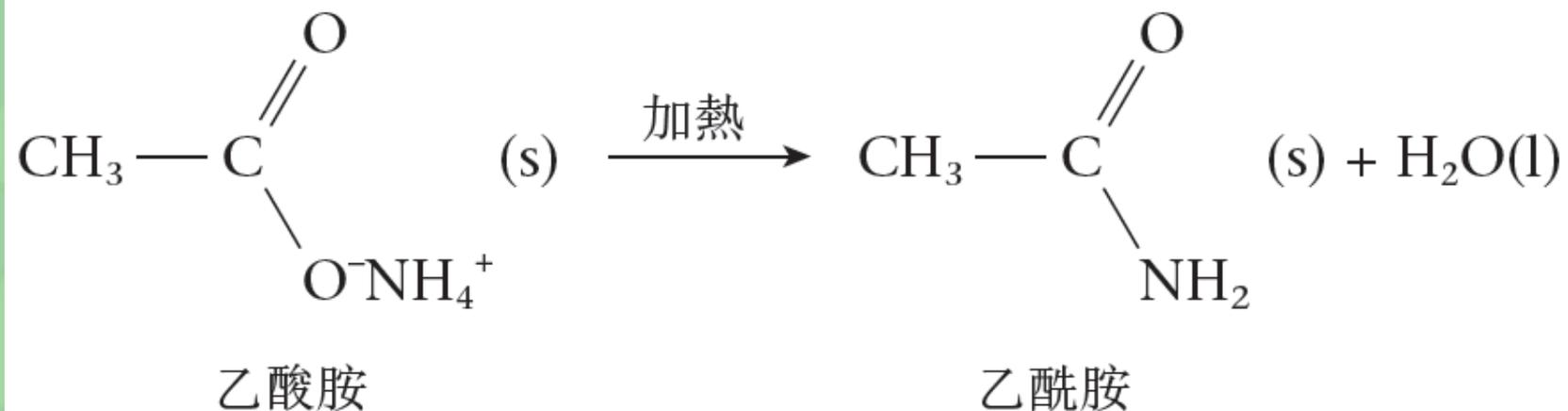
$$\text{CH}_3\text{COONH}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{NH}_3(\text{g})$$

過量的乙酸可使反應的平衡位置向左移，避免上述情況發生。



31.7 羧酸的反應 (頁123)

- ◆ 這個反應完成後，把反應混合物回流加熱，銨鹽會脫水，生成乙酰胺。



- ◆ 在約170 °C 蒸餾該混合物，以除掉過量的乙酸和水，剩下近乎純淨的乙酰胺在反應瓶內。



鑑定未知的碳化合物



31.7 羧酸的反應 (頁123)

問 (例題 31.5)

進行以下實驗來製備酯。

步驟1 把**10**滴冰乙酸放入微型試管內。

步驟2 加入**10**滴異戊醇，然後加入**5**滴濃硫酸。

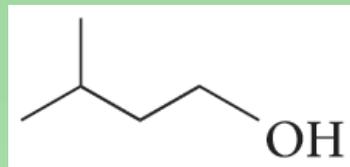
步驟3 把試管放入熱水浴內。讓反應物反應**10**分鐘。

步驟4 把試管內的混合物倒入盛有半滿的碳酸鈉溶液的燒杯內。



31.7 羧酸的反應 (頁123)

a) 異戊醇的結構顯示如下:



- 寫出異戊醇的系統名稱。
- 繪出所製備的酯的結構。

b) 指出把試管內的混合物倒入碳酸鈉溶液時可觀察到的兩項變化。

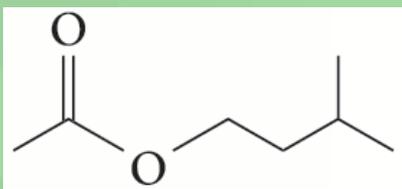


31.7 羧酸的反應 (頁123)

答

a) i) 3-甲基丁-1-醇

ii)



b) 以下任何兩項:

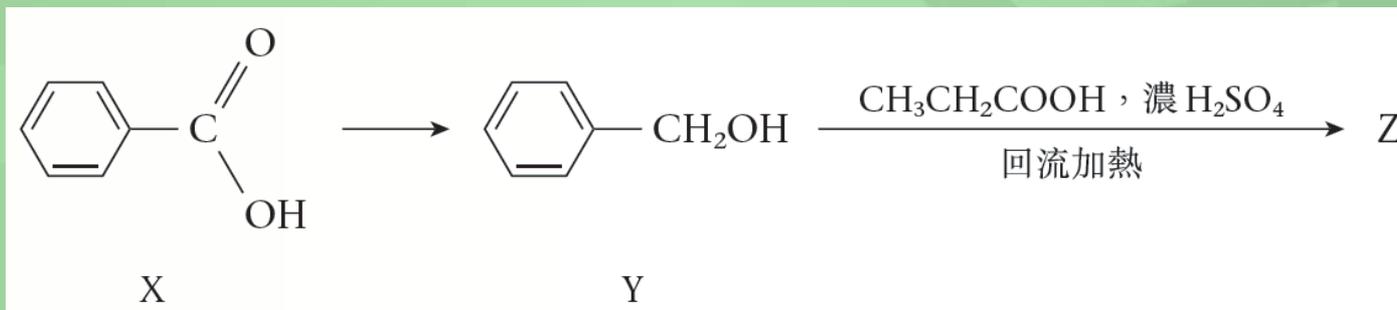
- 發生泡騰。
- 不溶於水的液層浮在水液層上面。(該酯只微溶於水。)
- 有果香/香甜的氣味。



31.7 羧酸的反應 (頁123)

問 (例題 31.6)

考慮以下轉化：



- a) 就 X 至 Y 的轉化，
- i) 寫出該反應的類別的名稱。
 - ii) 提出所需的試劑和反應條件。
- b) i) 寫出 Z 的結構式。
- ii) 寫出該反應的類別的名稱。



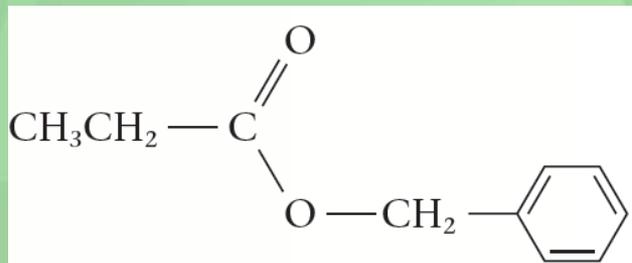
31.7 羧酸的反應 (頁123)

答

a) i) 還原作用

ii) 1 LiAlH_4 / 乾燥的二乙醚
2 $\text{H}^+(\text{aq})$

b) i)



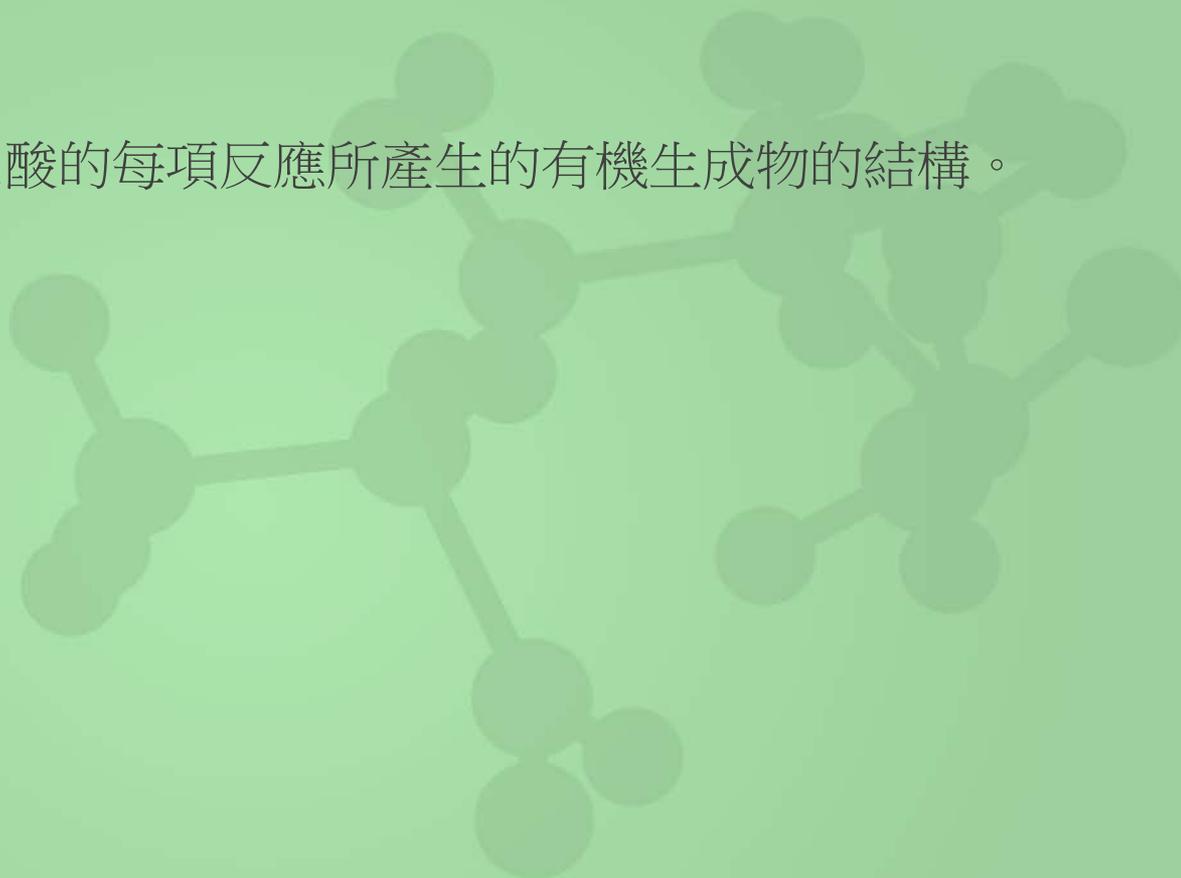
ii) 酯化作用



31.7 羧酸的反應 (頁123)

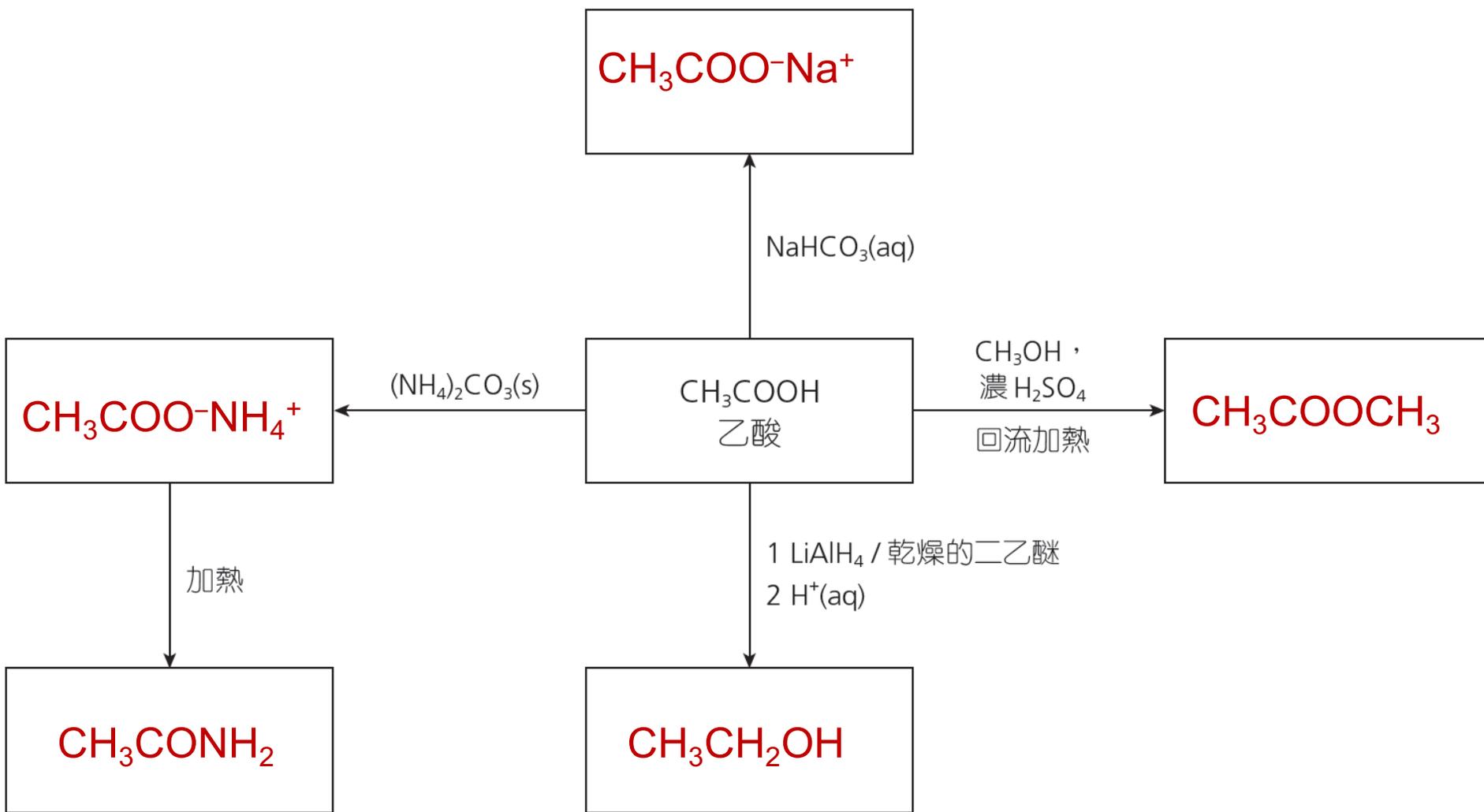
小測試 31.9

1 完成以下流程圖，繪出乙酸的每項反應所產生的有機生成物的結構。





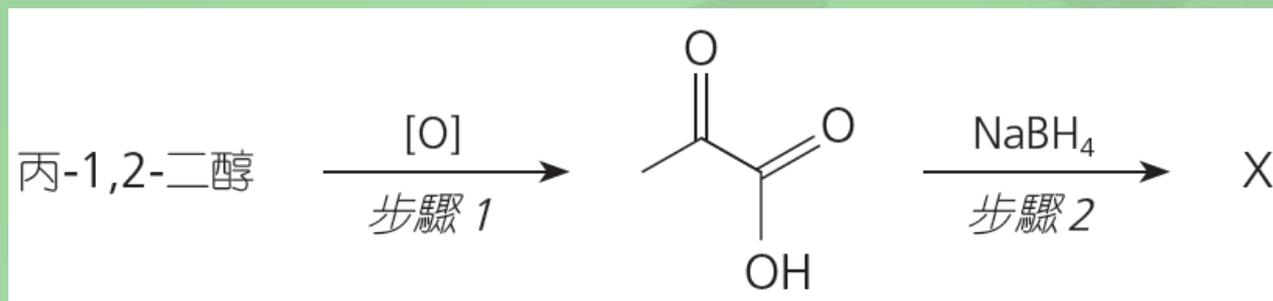
31.7 羧酸的反應 (頁123)





31.7 羧酸的反應 (頁123)

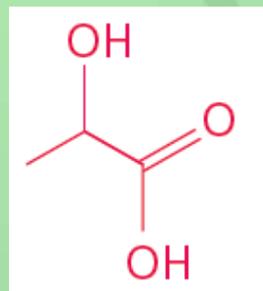
2 一名學生如下所示從丙-1,2-二醇製備化合物X。



a) 為步驟1 提出合適的氧化劑。

酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$

b) 寫出X 的結構式。



c) 寫出步驟2 涉及反應的類別的名稱。

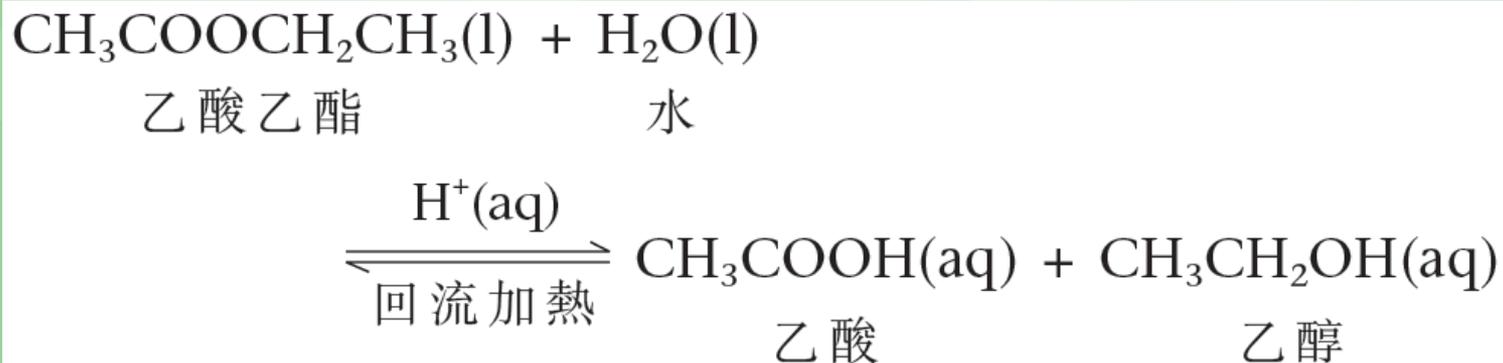
還原作用



31.8 酯的水解 (頁131)

- ◆ 酯化作用的逆向反應相等於用水把酯分解，即是水解。酯的水解需要熱，並要加入稀礦酸（例如稀硫酸）或稀氫氧化鈉溶液作為催化劑來加速反應。

加酸水解





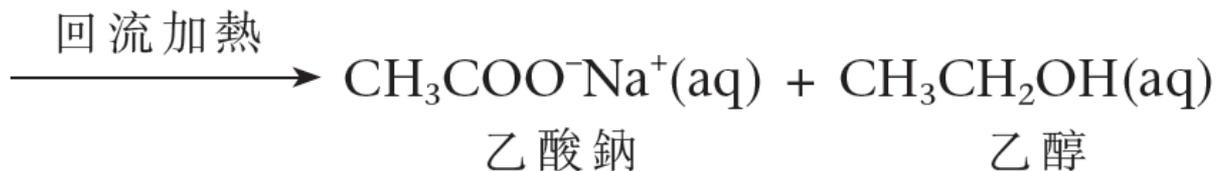
31.8 酯的水解 (頁131)

加鹼水解

- ◆ 也可通過與稀氫氧化鈉溶液回流加熱來進行酯的水解。
- ◆ 該反應較加酸水解快。此外，酯會完全反應，原因是所生成的羧酸會與過量的鹼反應生成負離子，而該負離子不會與醇反應。



乙酸乙酯



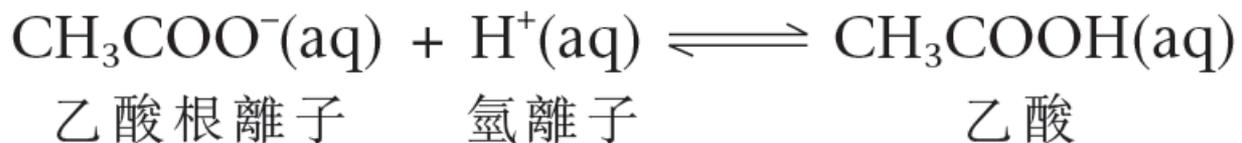
乙酸鈉

乙醇



31.8 酯的水解 (頁131)

- ◆ 要從乙酸鈉獲取乙酸，可把過量的稀礦酸（例如稀氫氟酸或稀硫酸）加入該鹽。

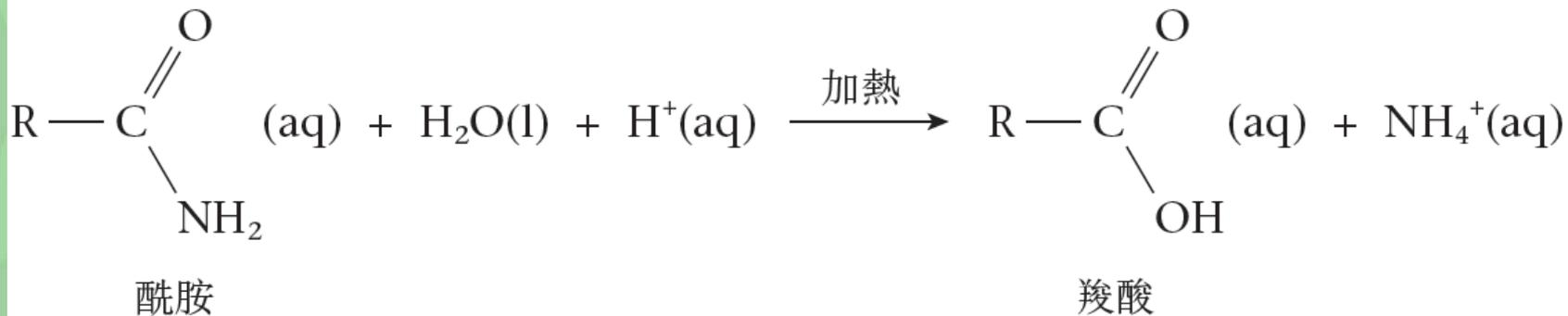




31.9 酰胺的水解 (頁132)

加酸水解

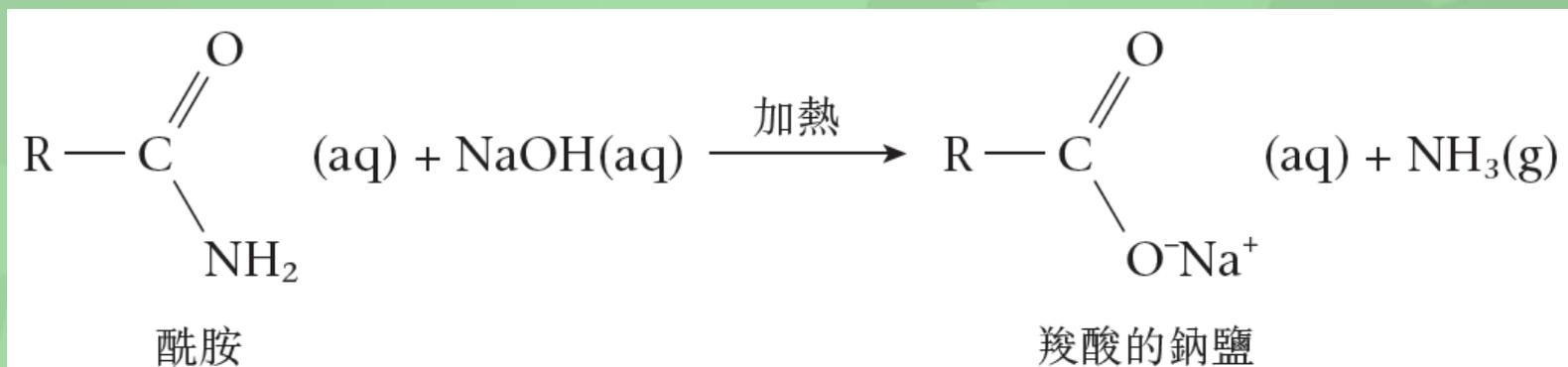
- 除了作為催化劑外，酸的氫離子更與生成的氨反應生成銨離子。





31.9 酰胺的水解 (頁132)

加鹼水解



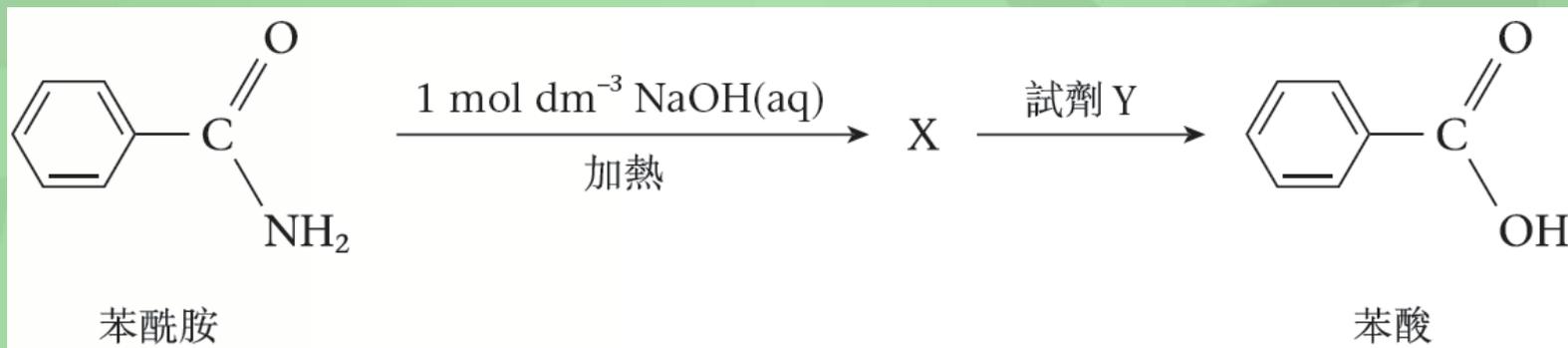
- 把乙酰胺與氫氧化鈉溶液共熱，氨氣會釋出並逸走，剩下的只有乙酸钠的溶液。要從乙酸钠獲取乙酸，可把過量的礦酸（例如稀氫氯酸）加入該鹽。



31.9 酰胺的水解 (頁132)

問 (例題 31.7)

考慮以下的轉化：



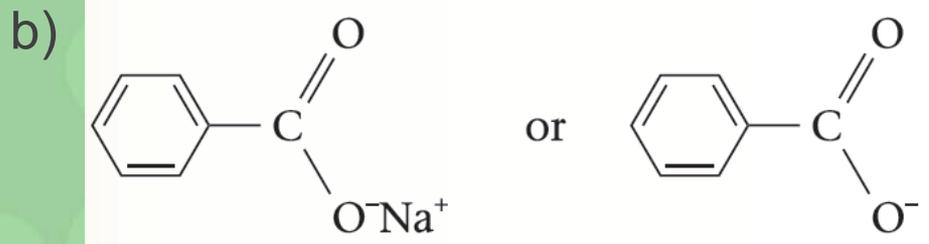
- 寫出苯酰胺轉化成X涉及反應的類別的名稱。
- 寫出X的結構式。
- Y可能是甚麼？
- 解釋為甚麼X比苯酸較溶於水。



31.9 酰胺的水解 (頁132)

答

a) 加鹼水解



c) HCl(aq) / H₂SO₄(aq)

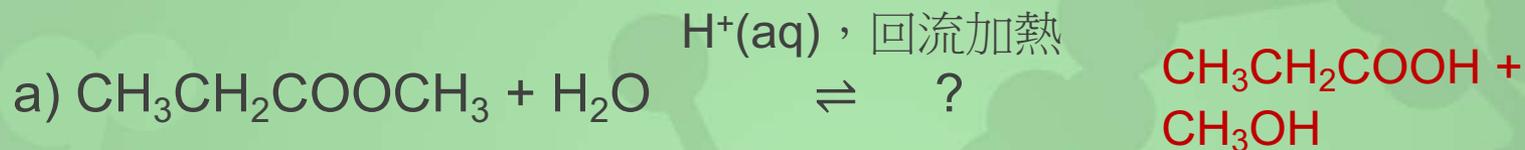
d) X是離子化合物，與水有較強的引力。
苯酸的分子太大，較難與水分子形成氫鍵。



31.9 酰胺的水解 (頁132)

小測試 31.10

1 加入遺漏了的反應物或生成物的結構，或在箭號上寫上反應條件，以完成以下方程式。





31.9 酰胺的水解 (頁132)

2 提出酯的加酸水解與加鹼水解的三項不同之處。

在加酸水解中，

- 酸作為催化劑；
- 反應是可逆的/ 並不完全；
- 有羧酸（而非其鹽）生成。

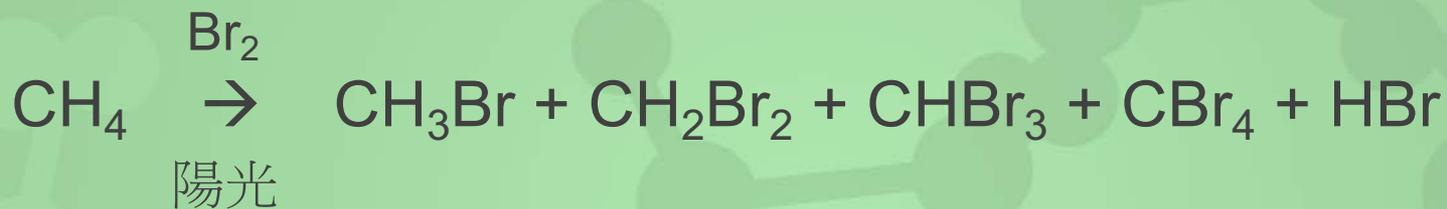


關鍵詞彙 (頁135)

| | | | |
|--------|-----------------------|-------|---------------------------|
| 取代反應 | substitution reaction | 氧二氯化硫 | sulphur dichloride oxide |
| 氫化作用 | hydrogenation | 脫水作用 | dehydration |
| 溴化作用 | bromination | 消去反應 | elimination reaction |
| 馬科尼科夫規 | Markovnikov's rule | 硼氫化鈉 | sodium borohydride |
| | 則 | | |
| 水解 | hydrolysis | 氫化鋁鋰 | lithium aluminium hydride |
| 一級 | primary | 二乙醚 | diethyl ether |
| 二級 | secondary | 酯化作用 | esterification |
| 三級 | tertiary | 縮合作用 | condensation reaction |

 摘要 (頁136)

- 1 烷與鹵素的取代反應
例如：



摘要 (頁136)

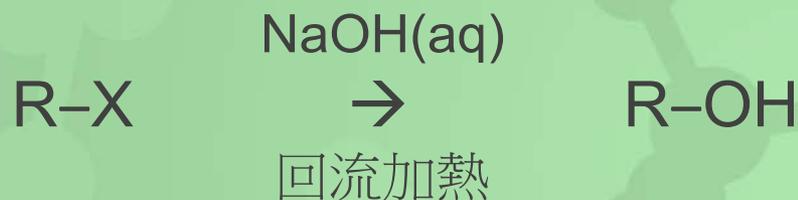
2 下表總結了烯的加成反應。

| 烯的加成反應 | | 所需試劑及 / 或反應條件 |
|-----------|--|--|
| 與氫的加成反應 | $\text{RCH}=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{RCH}_2\text{CH}_3$ | $\text{H}_2(\text{g})$ 、Pt 催化劑或 Ni 催化劑 (150 °C) |
| 與鹵素的加成反應 | $\text{RCH}=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{RCHClCH}_2\text{Cl}$ | $\text{Cl}_2(\text{g})$ |
| | $\text{RCH}=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{RCHBrCH}_2\text{Br}$ | Br_2 (在 CH_3CCl_3 中) |
| 與鹵化氫的加成反應 | $\text{RCH}=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{RCHClCH}_3$ 主生成物 + $\text{RCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 副生成物 | $\text{HCl}(\text{g})$ |

 摘要 (頁136)

3 分子HX 加到不對稱的烯時，氫原子主要加到已鍵合較多氫原子的碳原子上。

4 鹵烷的取代反應



摘要 (頁136)

5 醇與鹵化物的取代反應

醇反應的活潑性次序是： $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ 。

| 醇的反應 | | 所需試劑及反應條件 |
|---------|---|--|
| 與氯化物的反應 | $\text{ROH} \longrightarrow \text{RCl}$ | <ul style="list-style-type: none"> • 濃 HCl、加熱和以 ZnCl_2 作為催化劑；或 • 在常溫下與 PCl_5 混合；或 • 與 SOCl_2 回流加熱 |
| 與溴化物的反應 | $\text{ROH} \longrightarrow \text{RBr}$ | <ul style="list-style-type: none"> • 與 $\text{NaBr} + \text{濃 H}_2\text{SO}_4$ 回流加熱；或 • 與紅 P + Br_2 回流加熱 |
| 與碘化物的反應 | $\text{ROH} \longrightarrow \text{RI}$ | <ul style="list-style-type: none"> • 與 $\text{NaI} + \text{濃 H}_3\text{PO}_4$ 回流加熱；或 • 與紅 P + I_2 回流加熱 |

摘要 (頁136)

6 下表總結了醇的脫水作用及氧化作用。

| | 醇的反應 | 所需試劑及 / 或反應條件 |
|---|--|--|
| <p>脫水作用 醇進行脫水作用的相對容易程度 $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$</p> | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{RCH}_2\text{CHCH}_3 \end{array} \longrightarrow$ $\begin{array}{c} \text{R} \qquad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \qquad \text{CH}_3 \end{array} \quad \text{及} \quad \begin{array}{c} \text{R} \qquad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \qquad \text{H} \end{array}$ <p style="text-align: center;">主生成物</p> <p style="text-align: center;">+</p> $\begin{array}{c} \text{RCH}_2 \qquad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \qquad \text{H} \end{array}$ <p style="text-align: center;">副生成物</p> <p style="text-align: center;">一般情況下含較多烷基的烯是主生成物</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 濃 H_2SO_4 催化劑，加熱；或 • Al_2O_3 催化劑，加熱 |



摘要 (頁136)

| | | |
|------|---|--|
| 氧化作用 | 1° 醇 $\text{RCH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{RCHO}$ $\text{RCH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{RCOOH}$ | <ul style="list-style-type: none"> • 酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$，溫和共熱，醛生成後立刻蒸餾出來 • 酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$，回流加熱，生成羧酸 |
| | 2° 醇 $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{RCHCH}_3 \end{array} \longrightarrow \text{RCOCH}_3$ | 酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ ， 回流加熱 |

摘要 (頁136)

7 下表總結了醛和酮的氧化作用和還原作用。

| 羰基化合物的氧化 / 還原作用 | | 所需試劑及 / 或反應條件 |
|-----------------|--|--|
| 醛的氧化作用 | $\text{RCHO} \longrightarrow \text{RCOOH}$ | 酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ ，加熱 |
| 醛和酮的還原作用 | $\text{RCHO} \longrightarrow \text{RCH}_2\text{OH}$ <p style="text-align: center;">1° 醇</p> $\text{RCOR}' \longrightarrow \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{RCHR}' \end{array}$ <p style="text-align: center;">2° 醇</p> | <ul style="list-style-type: none"> • $\text{NaBH}_4 / \text{H}_2\text{O}$；或 • $1 \text{ LiAlH}_4 / \text{乾燥的二乙醚}$ • $2 \text{ H}^+(\text{aq})$；或 • $\text{H}_2(\text{g})$、Ni 催化劑，5 atm |



摘要 (頁136)

8 下表總結了羧酸的反應。

| 羧酸的反應 | | 所需試劑及 / 或反應條件 |
|----------|---|---|
| 與鹼的反應 | $\text{RCOOH} \longrightarrow \text{RCOO}^-\text{Na}^+$ | NaOH(aq) |
| 與碳酸氫鹽的反應 | $\text{RCOOH} \longrightarrow \text{RCOO}^-\text{Na}^+$ | $\text{NaHCO}_3\text{(aq)}$ |
| 酯化作用 | $\text{RCOOH} + \text{R}'\text{OH} \rightleftharpoons \text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O}$ | 濃 H_2SO_4 催化劑，加熱 |
| 還原作用 | $\text{RCOOH} \longrightarrow \text{RCH}_2\text{OH}$ | 1 LiAlH_4 / 乾燥的二乙醚 2 $\text{H}^+\text{(aq)}$ |
| 酰胺的合成 | $\text{RCOOH} \longrightarrow \text{RCOO}^-\text{NH}_4^+$ $\downarrow \text{加熱}$ RCONH_2 | $(\text{NH}_3)_2\text{CO}_3\text{(s)}$ 或 $\text{NH}_3\text{(aq)}$ |



摘要 (頁136)

9 下表總結了酯和酰胺的反應。

| 水解 | | |
|----|------|---|
| 酯 | 加酸水解 | $\text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{回流加熱}]{\text{酸}} \text{RCOOH} + \text{ROH}$ |
| | 加鹼水解 | $\text{RCOOR}' + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{回流加熱}} \text{RCOO}^-\text{Na}^+ + \text{ROH}$ $\downarrow \text{H}^+(\text{aq})$ RCOOH |
| 酰胺 | 加酸水解 | $\text{RCONH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \xrightarrow{\text{加熱}} \text{RCOOH} + \text{NH}_4^+$ |
| | 加鹼水解 | $\text{RCONH}_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{加熱}} \text{RCOO}^-\text{Na}^+ + \text{NH}_3$ $\downarrow \text{H}^+(\text{aq})$ RCOOH |



摘要 (頁136)

10 下表總結了醇、醛、酮和羧酸的一些測試。

| 化合物 \ 測試 | 把水加入化合物並測試溶液的 pH 值 | 與酸化重鉻酸鉀溶液共熱 | 以濃硫酸作為催化劑，與乙酸共熱 | 以濃硫酸作為催化劑，與乙醇共熱 | 與碳酸氫鈉溶液混合 |
|----------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|-----------|
| 一級醇 | 中性的 | 重鉻酸鉀溶液由橙色變為綠色 | 生成帶香味的酯 | 沒有可觀察到的變化 | 沒有可觀察到的變化 |
| 二級醇 | | 沒有可觀察到的變化 | | | |
| 三級醇 | | 重鉻酸鉀溶液由橙色變為綠色 | 沒有可觀察到的變化 | | |
| 醛 | | 沒有可觀察到的變化 | | | |
| 酮 | pH 值低於 7 | 沒有可觀察到的變化 | 生成帶香味的酯 | 釋出無色的 CO ₂ 氣體 | |
| 羧酸 | | | | | |



按節練習 (頁140)

註：題目按難度由淺至深（1至5級）分類：

 題目以3級或以上程度為目標；

 題目以4級或以上程度為目標；

 題目以5級程度為目標。

「*」顯示有效的傳意可取一分。

 按節練習 (頁140)

第一部分 知識和理解

1 完成以下概念圖。





按節練習 (頁140)

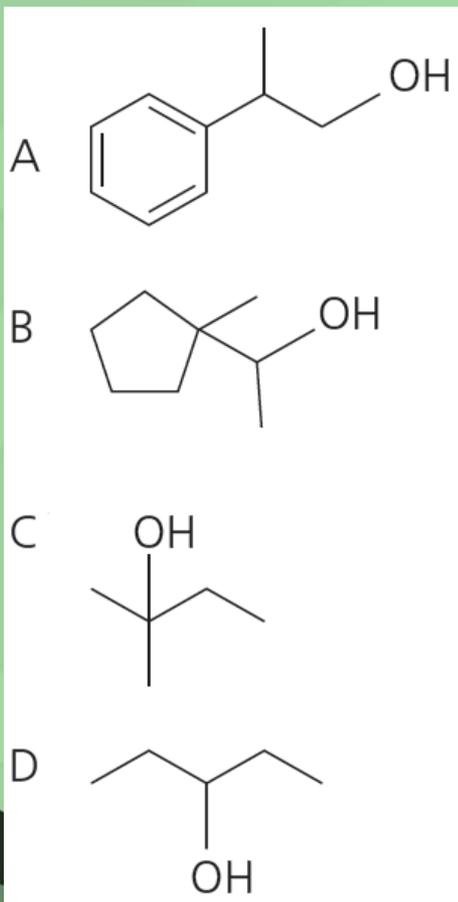
- a) 鹵烷
- b) 加成反應
- c) 水解作用
- d) 取代反應
- e) 與過量的濃 H_2SO_4 共熱
- f) 脫水作用/ 消去反應
- g) 氧化作用
- h) 羧酸
- i) 1 LiAlH_4 / 乾燥的二乙醚
 $2 \text{ H}^+(\text{aq})$
- j) 還原作用
- k) 酮
- l) 氧化作用
- m) $\text{NaBH}_4 / \text{H}_2\text{O}$
- n) 還原作用
- o) 烷
- p) Br_2 , 陽光
- q) 取代反應
- r) 加熱, 濃硫酸作為
催化劑
- s) 酯化作用
- t) 回流加熱, 稀硫酸
- u) 水解作用
- v) 加熱, 中濃度的硫
酸或氫氰酸
- w) 水解作用



按節練習 (頁140)

第二部分 多項選擇題

2 下列哪種醇是三級醇？



答案：C



按節練習 (頁140)

3 下列哪項不會與乙醇反應生成1-氯乙烷？

A Cl_2 (在 100°C 和在陽光下)

B NaCl 和濃硫酸

C PCl_5

D SOCl_2 (在常溫下)

(CEA Advanced Subsidiary GCE, Unit 2, Module 2, Jun. 2016, 8)

答案：A



按節練習 (頁140)

4 下列有關丁-1-烯和丁-1-醇的陳述，何者不正確？



- A 它們均可將酸化 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 脫色。
- B 丁-1-醇可與 $\text{PBr}_3(\text{l})$ 反應而丁-1-烯不可。
- C 它們均可在有鉑的存在下與 $\text{H}_2(\text{g})$ 反應。
- D 丁-1-烯可從丁-1-醇和 $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ 共熱而獲得。

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 28)

答案：C



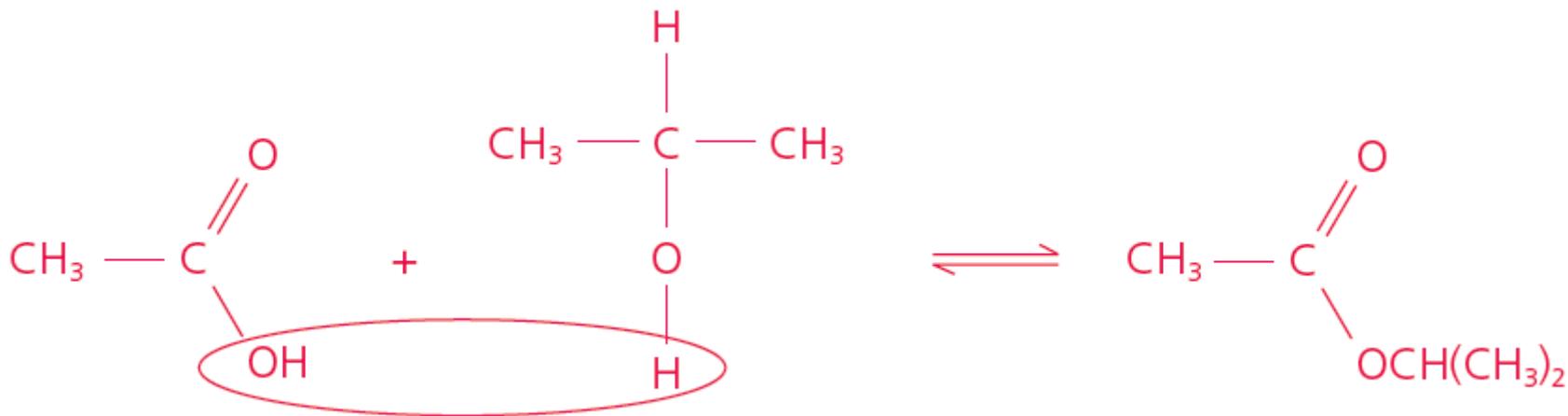
按節練習 (頁140)

5 下列哪種醇可用於製備 $\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$?



- A 乙醇
- B 甲基丙-2-醇
- C 丙-1-醇
- D 丙-2-醇

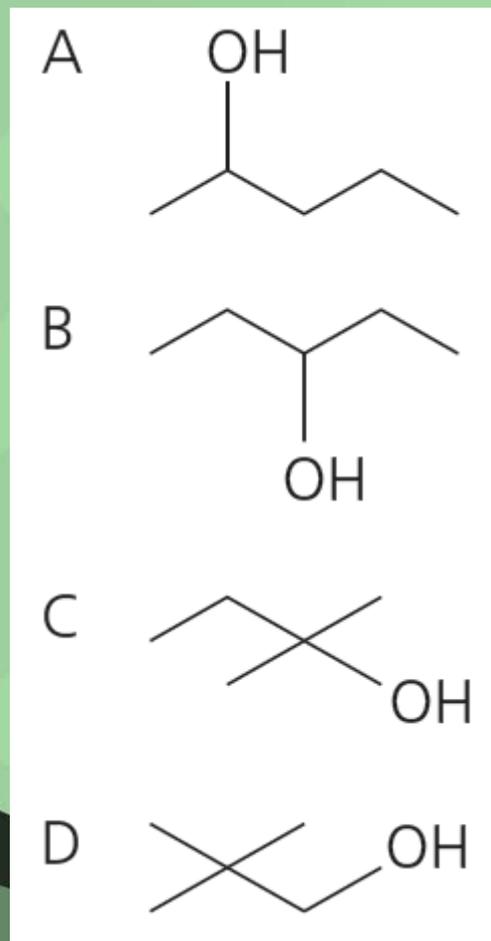
答案：D





按節練習 (頁140)

6 下列分子式均為 $C_5H_{12}O$ 的醇，哪個可被氧化成含五個碳原子的羧酸？



答案：D

題解：

選擇A和B — 這些二級醇可被氧化成酮。

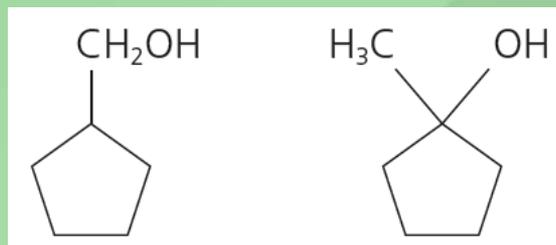
選擇C — 這三級醇不能被氧化。

選擇D — 這一級醇先被氧化成醛，再進一步被氧化成羧酸。



按節練習 (頁140)

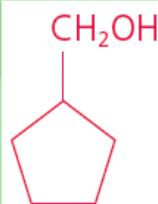
7 考慮以下兩種化合物。



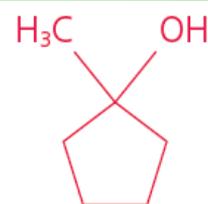
答案：C

下列哪試劑在測試該兩個化合物時會呈不同的結果？

- A 熱的 $\text{SOCl}_2(\text{l})$
- B PCl_5 (在常溫下)
- C 熱的酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$
- D $\text{NaOH}(\text{aq})$

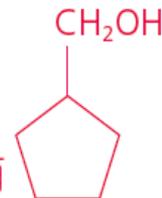


是一級醇；

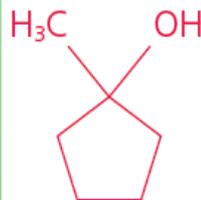


則是三級醇。

每種醇與熱的酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 混和時，只有



產生由橙色至綠色的顏色變化。



則沒有可觀察到的變化。



按節練習 (頁140)

8 丁-2-醇可由下列每項反應生成：

-  I 以 NaBH_4 還原化合物X。
II 化合物Y 與 NaOH(aq) 共熱。

下列哪個有關化合物X 和Y 的組合正確？

| | <u>X</u> | <u>Y</u> |
|---|----------|----------|
| A | 丁醛 | 1-氯丁烷 |
| B | 丁醛 | 2-氯丁烷 |
| C | 丁酮 | 1-氯丁烷 |
| D | 丁酮 | 2-氯丁烷 |

答案：D

題解：

丁酮（一種酮）被還原會生成丁-2-醇（一種二級醇）。
2-氯丁烷與 NaOH(aq) 共熱進行水解會生成丁-2-醇。

按節練習 (頁140)

9 下列哪種醇不可通過醛或酮的還原作用生成？

- A 2-甲基丁-1-醇
- B 2-甲基丁-2-醇
- C 3-甲基丁-1-醇
- D 3-甲基丁-2-醇

(AQA Advanced Level, 7405/3, Specimen v0.5, 2015, 29)

答案：B

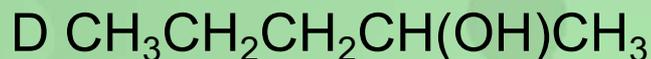
題解：

醛被還原會生成一級醇；酮被還原則生成二級醇。

2-甲基丁-2-醇是三級醇。因此，它不能通過醛或酮的還原作用生成。

 按節練習 (頁140)

指示：第10和11題與下列四種碳化合物有關。



10 哪種碳化合物是由氧化二級醇生成？

題解：

氧化二級醇會生成酮。

答案：C

11 哪種碳化合物被 NaBH_4 還原會生成一級醇？

題解：

醛被 NaBH_4 還原會生成一級醇。

答案：A



按節練習 (頁140)

12 下列哪種化合物與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 共熱時，不會有顏色變化？

- A 丙-1-醇
- B 丙-2-醇
- C 丙醛
- D 丙酮

答案：D

題解：

丙酮與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 共熱時不能被氧化。



按節練習 (頁140)

13 把丁-2-醇脫水會生成下列哪些化合物？



答案：B

題解：

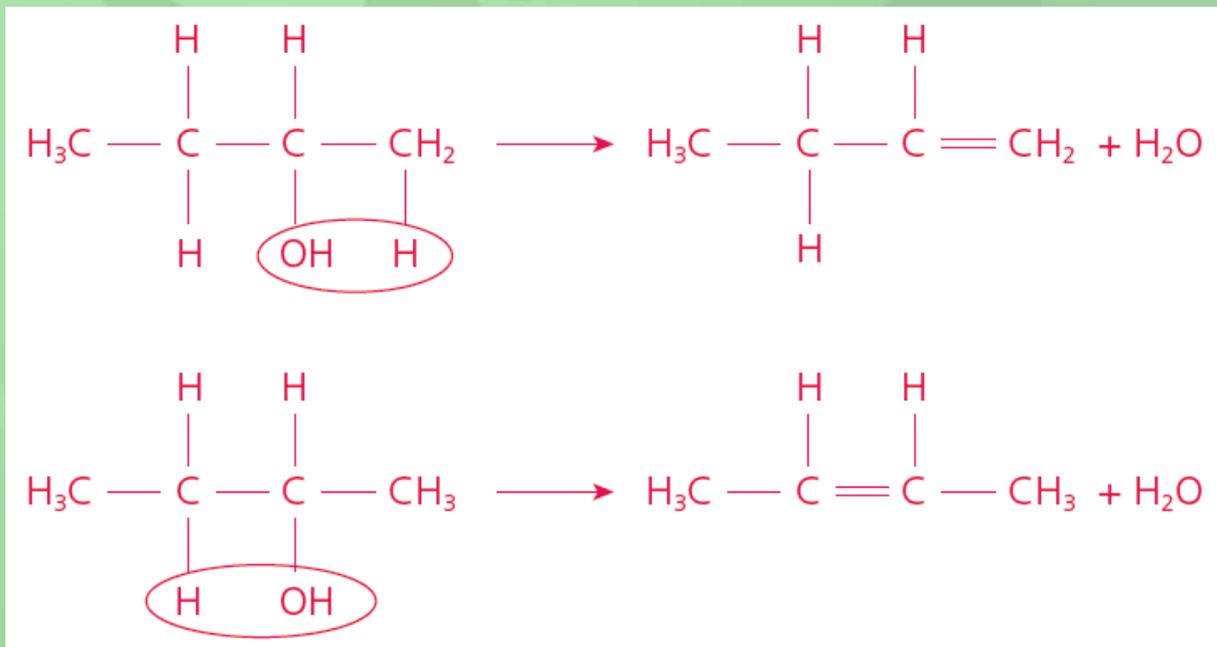
就丁-2-醇，水可從兩個途徑失掉：

A 只有(1) 和(2)

B 只有(1) 和(3)

C 只有(2) 和(3)

D (1)、(2) 和(3)





按節練習 (頁140)

14 下列哪些有關 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CHO}$ 的陳述正確？

- (1) 它與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 溫和共熱時會令後者變成綠色。
- (2) 它有立體異構體。
- (3) 它會與羧酸反應生成酯。

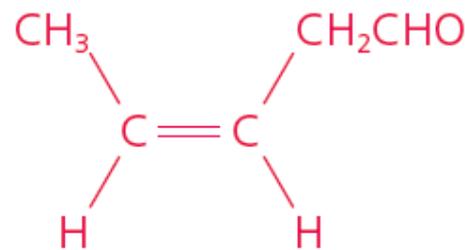
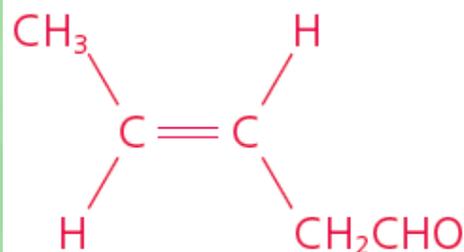
答案：A

- A 只有(1) 和(2)
- B 只有(1) 和(3)
- C 只有(2) 和(3)
- D (1)、(2) 和(3)

題解：

(1) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CHO}$ 是醛，可被酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 氧化。

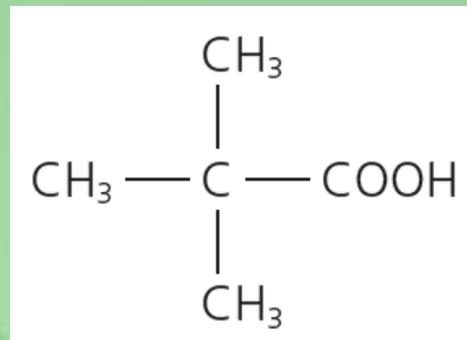
(2) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CHO}$ 有立體異構體。





按節練習 (頁140)

15 一種化合物的結構顯示如下：



下列哪些有關該化合物的陳述正確？

- (1) 它能與氨水反應生成鹽。
- (2) 它可藉 NaBH_4 還原成酮。
- (3) 它是丙酸乙酯的同分異構體。

答案：B

題解：

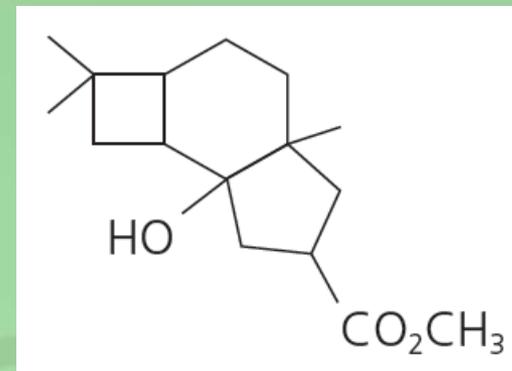
- A 只有(1) 和(2)
- B 只有(1) 和(3)
- C 只有(2) 和(3)
- D (1)、(2) 和(3)

- (1) 該化合物是羧酸。它與氨進行中和作用生成鹽。
- (2) NaBH_4 並未夠強把羧酸還原。
 LiAlH_4 是較強的還原劑，可用來把羧酸還原。
- (3) 該化合物和丙酸乙酯是官能基異構體。



按節練習 (頁140)

16 某有機化合物具以下結構：



下列哪些有關該化合物的陳述正確？

- (1) 它有一個酯基團。
- (2) 它最少含一個手性中心。
- (3) 它與酸化重鉻酸鈉溶液反應生成酮。

- A 只有(1) 和(2)
 B 只有(1) 和(3)
 C 只有(2) 和(3)
 D (1)、(2) 和(3)

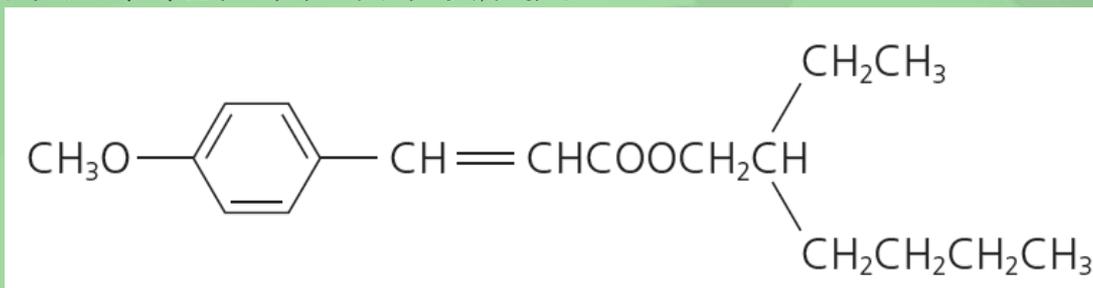
答案：A

(HKDSE, Paper 1A, 2018, 35)



按節練習 (頁140)

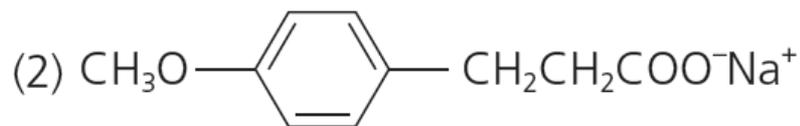
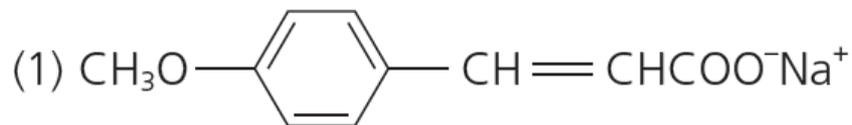
17 某防曬霜含有以下化合物為有效成分：



該化合物與氫氧化鈉溶液回流加熱，會生成下列何者？

答案：A

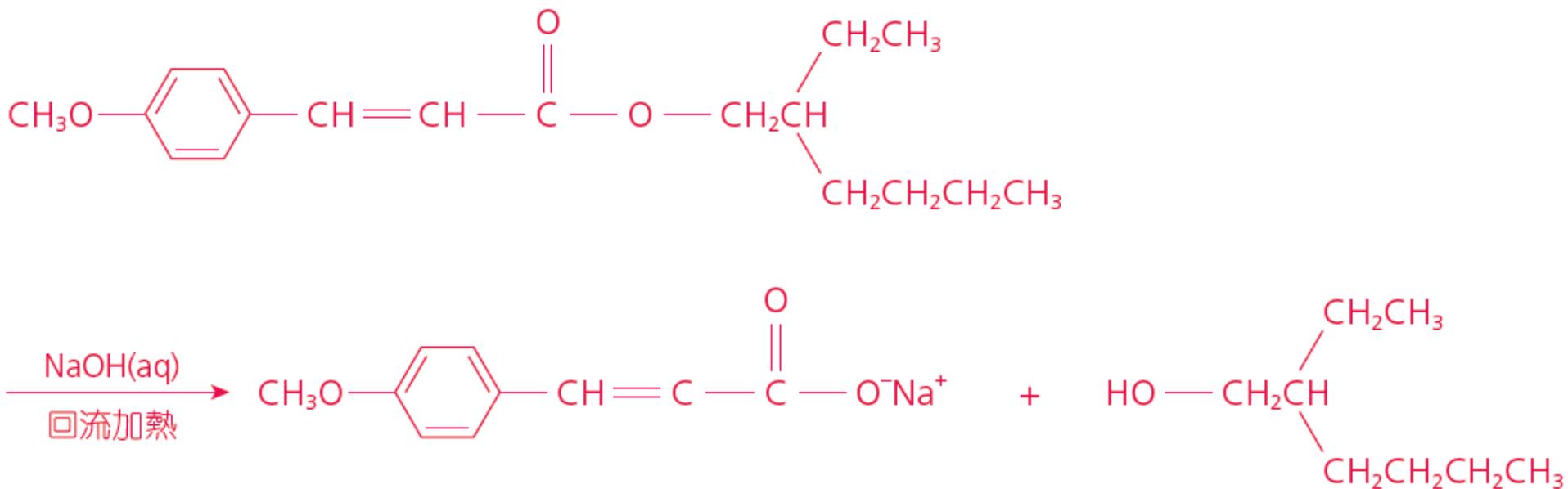
- A 只有(1)
- B 只有(2)
- C 只有(1) 和(3)
- D 只有(2) 和(3)





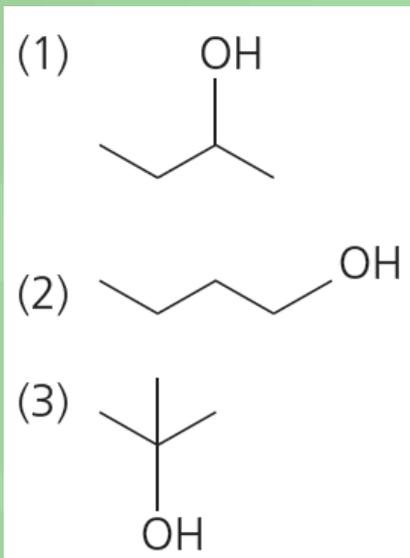
按節練習 (頁140)

題解：



 按節練習 (頁140)

18 下列的化合物中，何者可與酸化重鉻酸鉀溶液反應生成酮？



答案：A

- A 只有(1)
- B 只有(2)
- C 只有(1) 和(3)
- D 只有(2) 和(3)

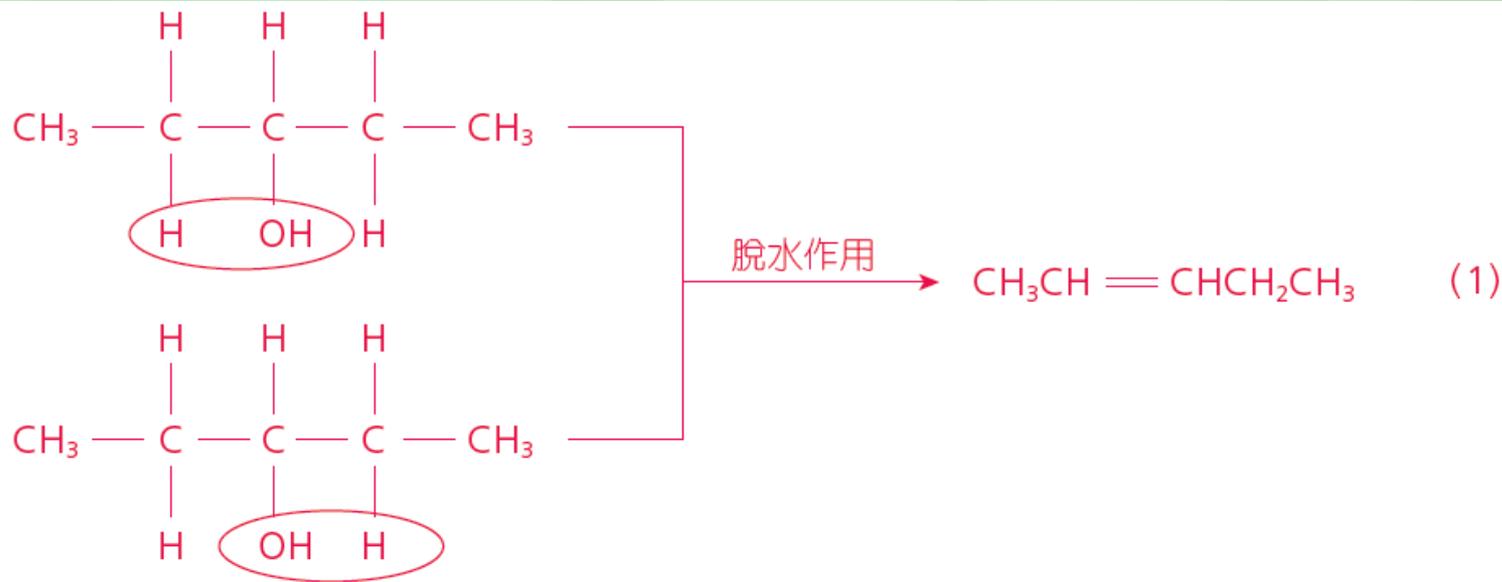
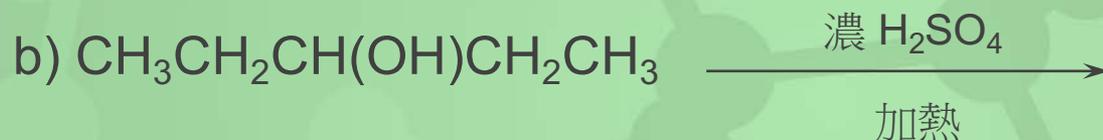
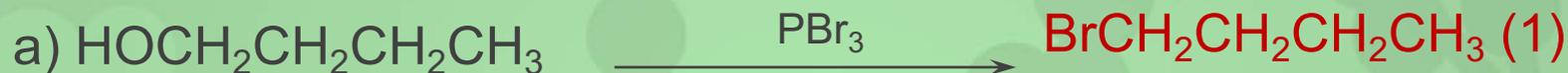
(HKDSE, Paper 1A, 2015, 32)



按節練習 (頁140)

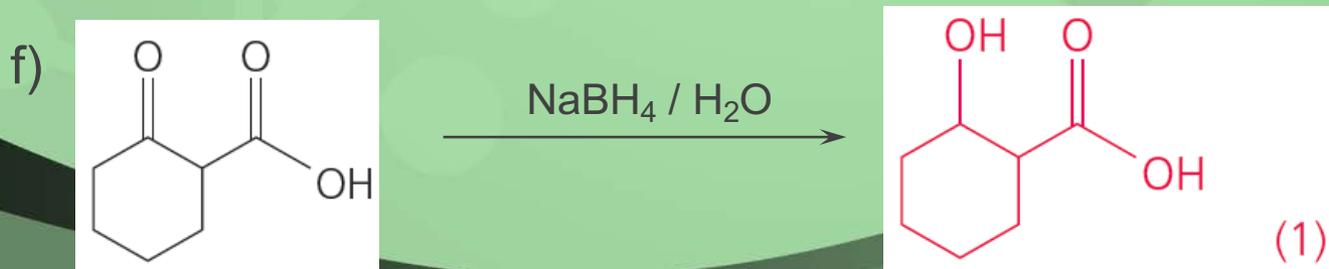
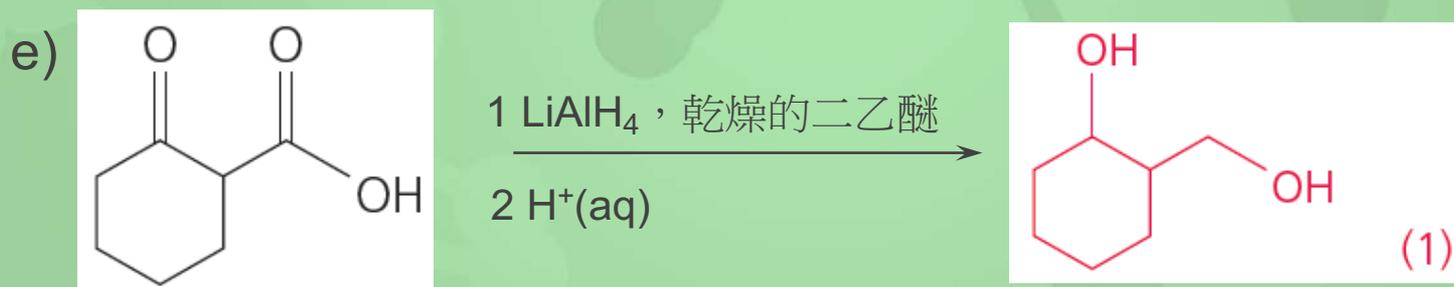
第三部分 結構性問題

19 就下列每項反應，寫出主生成物的結構式（一個或以上）。





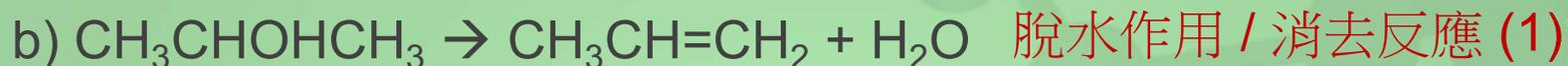
按節練習 (頁140)





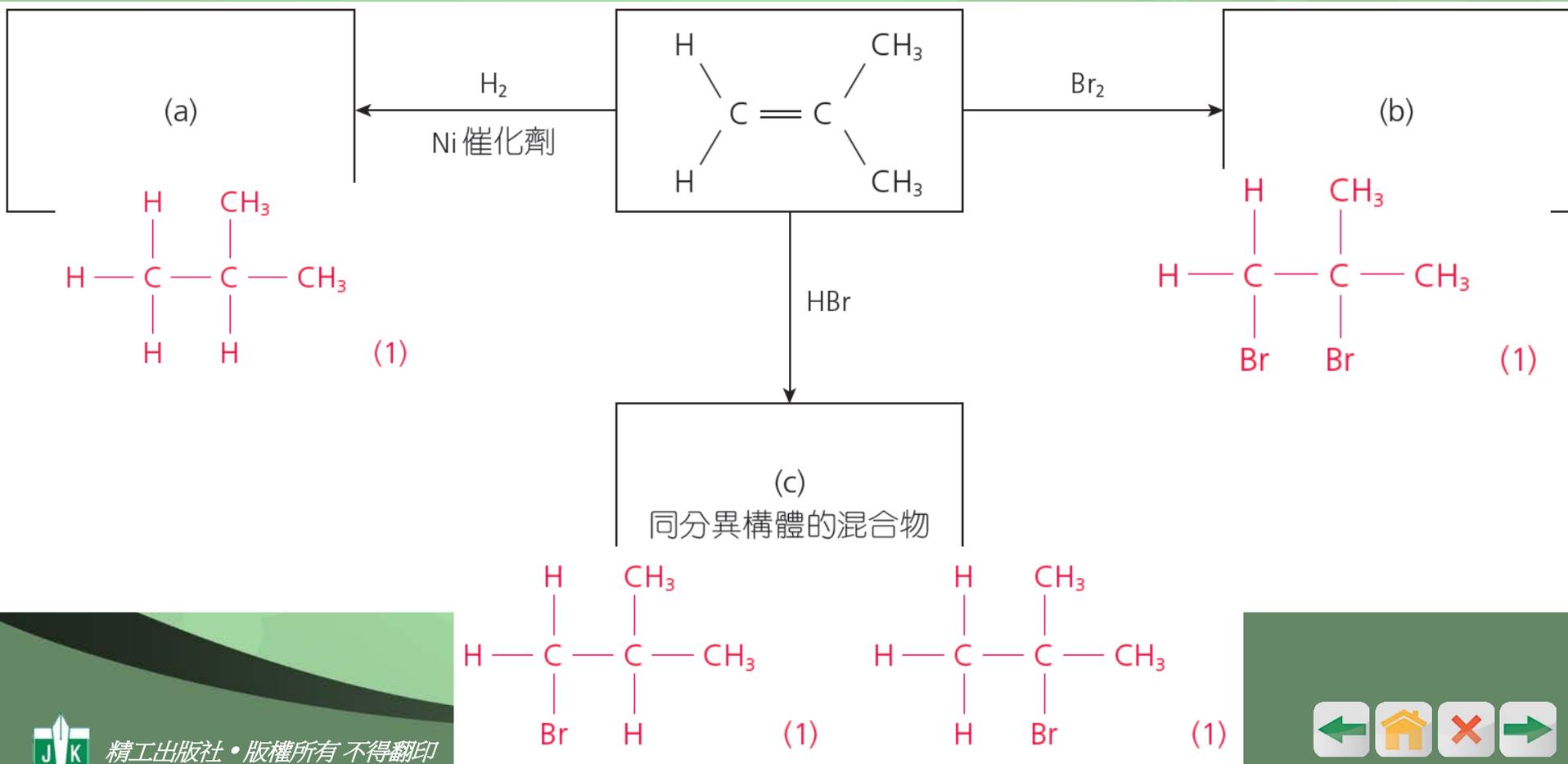
按節練習 (頁140)

20 寫出下列每項反應的類別的名稱。

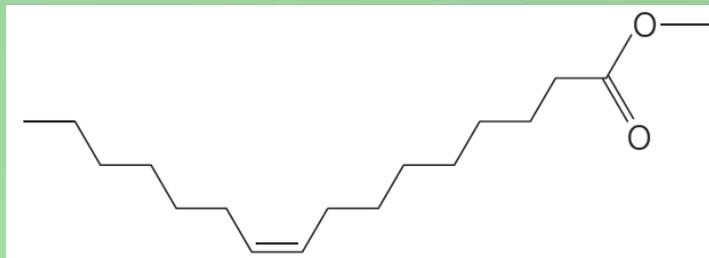


按節練習 (頁140)

21 烯是不飽和烴，可用於工業，生產許多有機化合物。
完成以下流程圖，以展示甲基丙烯的加成反應所生成的有機生成物的結構式。



按節練習 (頁140)



22 化合物 I 存在於生物柴油，其骨架式顯示如下：



a) 寫出存在於分子 I 中的兩個官能基的名稱。

碳-碳雙鍵 (1) 酯基 (1)

b) 為甚麼化合物 I 是不飽和的？ 它含碳-碳雙鍵。(1)

c) 把化合物 I 的樣本與溴水一起搖勻。
你會觀察到甚麼顏色變化？ 由棕黃色變成無色 (1)

d) 化合物 J 是化合物 I 的立體異構體。

i) 「立體異構體」一詞是甚麼意思？

立體異構體具相同的結構式（即原子以相同的方式鍵合—接連的方式相同），但原子在空間上的排佈方式有所不同。(1)

ii) 繪圖展示或以文字描述 J 的結構與 I 的有甚麼不同。

iii) 有學生注意到化合物 I 燃燒時產生黃色火焰並放出黑煙。
解釋這些觀察結果。



(OCR Advanced Subsidiary GCE, Chem A, F322, Jun. 2013, 3(a)–(d)(ii),(v))

不完全燃燒發生。(1)

有碳生成。

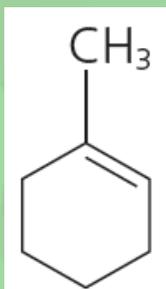


按節練習 (頁140)

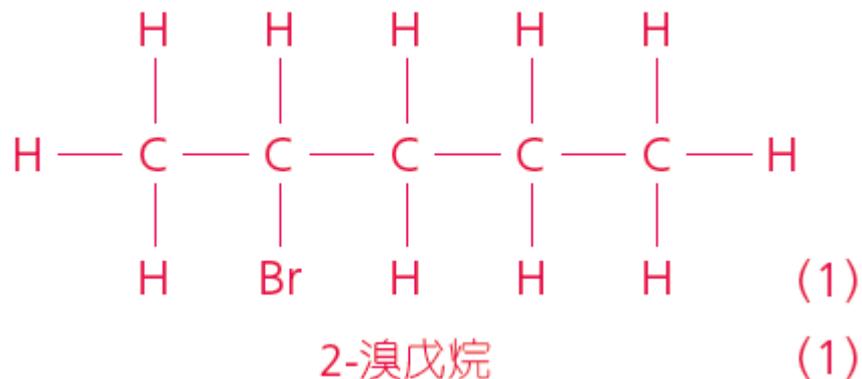
23 就下列每種化合物與溴化氫的反應，寫出主生成物的結構式和名稱。



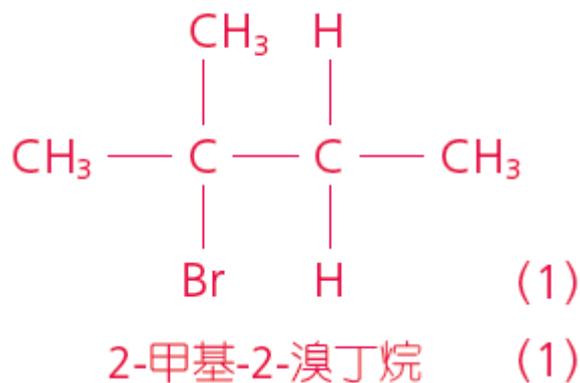
c)



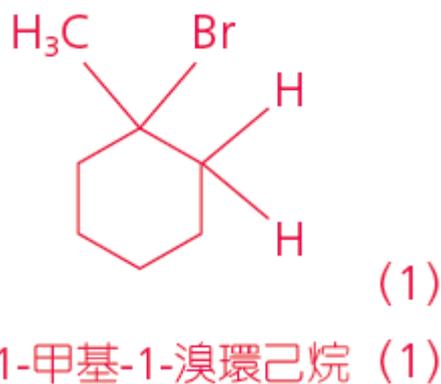
a)



b)



c)



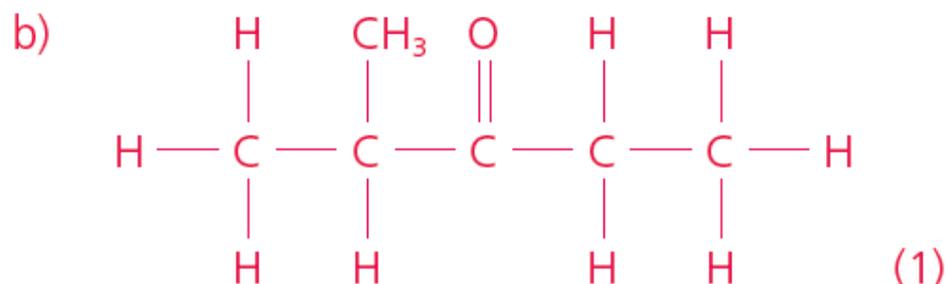
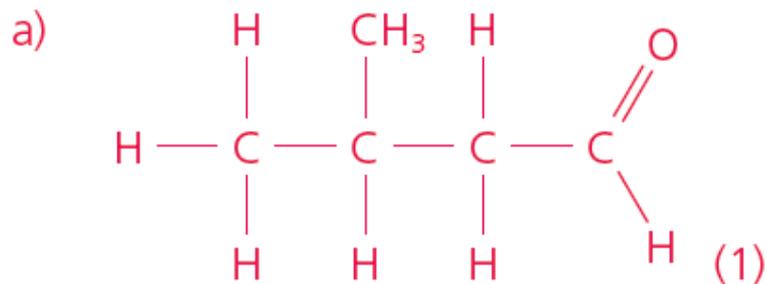


按節練習 (頁140)

24 就下列每種化合物與酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 置於蒸餾裝置內共熱時的反應，寫出有機生成物的結構式。

a) 3-甲基丁-1-醇

b) 2-甲基戊-3-醇



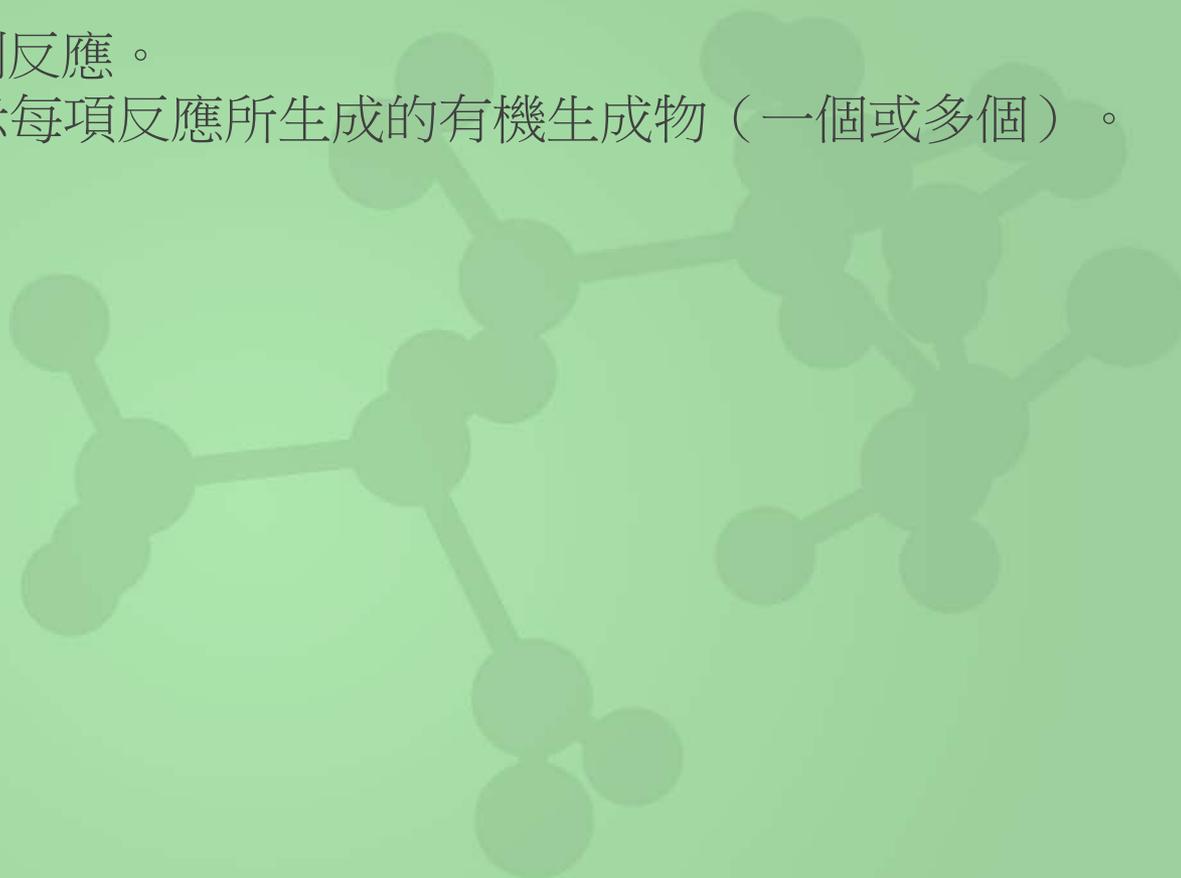


按節練習 (頁140)

25 醇X 會與三種不同的試劑反應。

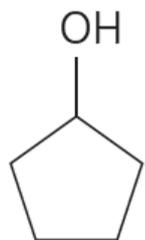


完成以下流程圖，以展示每項反應所生成的有機生成物（一個或多個）。



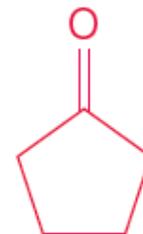


按節練習 (頁140)



酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$

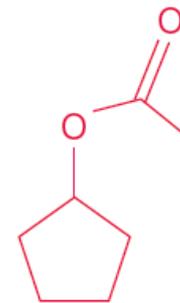
加熱



(1)

CH_3COOH 和酸作為催化劑

加熱



(1)

酸作為催化劑

加熱



(1)



按節練習 (頁140)

26 烯丙基溴是以下化合物的通俗名稱。



a) 寫出這化合物的系統名稱。

3-溴丙烯 (1)

b) 烯丙基溴能以兩個步驟的反應被轉化成丙烯醛。



i) 寫出試劑X 和Y 的名稱。

試劑X — NaOH(aq) (1)

試劑Y — 酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ (1)

ii) 寫出丙烯醛的系統名稱。

丙-2-烯醛 (1)

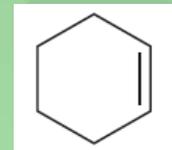


按節練習 (頁140)

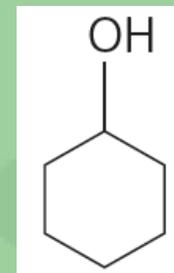
27 環己烯和環己醇在常溫下都是無色的液體，



它們分屬不同的同系列。



環己烯



環己醇

a) 提出在有限氧氣供應下，燃燒環己烯時所生成的兩種化合物。

一氧化碳/ 碳； (1)

水 (1)

b) 寫出環己醇所含官能基的名稱。

羥基 (1)

c) 五氯化磷用於測試 $-OH$ 基團的存在。

寫出環己醇與五氯化磷反應的化學方程式。





按節練習 (頁140)

d) 描述能辨別環己烯與環己醇的化學試驗。

答案應包括：

- 在試驗中所使用的化學品的名稱；
- 反應條件（如適用）；
- 每項試驗的觀察結果。

(不接受涉及五氯化磷的試驗。)

環己烯

加入溴水，並搖勻。(1)

棕黃色的溴水迅速地變為無色。(1)

環己醇

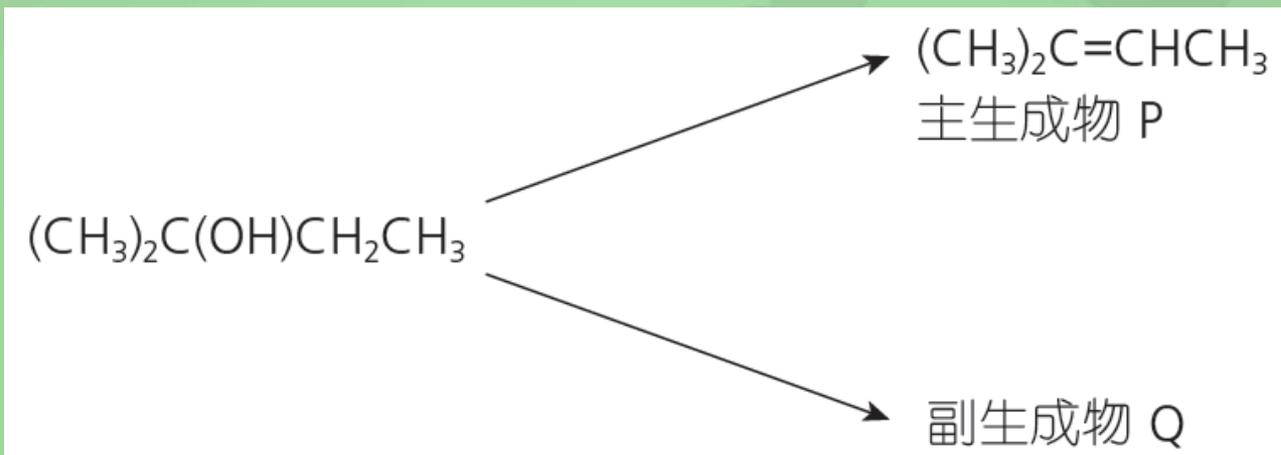
與酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 溫和共熱。(1)

橙色的重鉻酸鉀溶液變為綠色。(1)



按節練習 (頁140)

28 醇X 進行脫水作用，生成兩種烯。



a) 提出脫水劑可能是甚麼？

氧化鋁/ 濃硫酸 (1)

b) 寫出副生成物Q 的結構式。

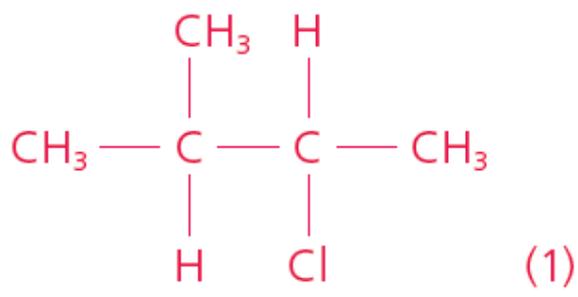


 按節練習 (頁140)

c) 生成物P 和Q 是同分異構體。P 和Q 是哪一類同分異構體？

結構異構體 (1)

d) 主生成物P 可與HCl 反應生成具旋光性的氯烷。
寫出這氯烷的結構式。





按節練習 (頁140)

29 丁-1-醇可被氧化成化合物X 和Y。



化合物X 生成時須立刻蒸餾出來。
化合物Y 是在回流加熱時氧化生成的。

a) 辨認化合物X 和Y 所含的官能基。

X 含羰基。(1)

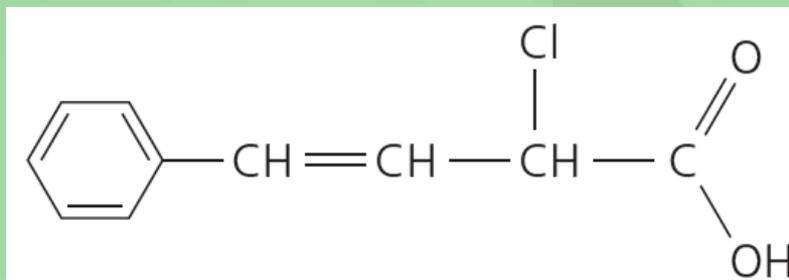
Y 含羧基。(1)

b) 根據分子間引力，解釋為甚麼可於化合物X 生成時立刻從反應混合物把它蒸餾出來以獲取X，卻不可以同樣方法獲取Y。

Y 可形成氫鍵，而氫鍵較X 中的范德華力強。 (1)

 按節練習 (頁140)

30 化合物X 的結構式顯示如下。指出並解釋下列每種試劑與X 反應時你所預期的觀察結果。



a) 碳酸鈉溶液
-COOH 基團導致有泡騰發生。(1)

b) 溴水

碳-碳雙鍵導致溴水由棕黃色迅速地變為無色。(1)

 按節練習 (頁140)

31 碳化合物X 是無色的液體，它含有四個碳原子和一個官能基。

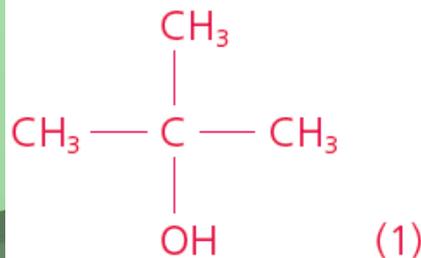
 某學生進行了一系列有關化合物X 的試驗。

a) 一個乾燥的化合物X 樣本與五氯化磷反應時，有濃煙生成。從這測試結果能推斷出甚麼？ **X 含羥基。(1)**

b) 把X 加進碳酸鈉溶液 ($\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$) 時，沒有可觀察到的變化。從這測試結果能進一步推斷出甚麼？
X 不是羧酸。(1)

c) 把X 與酸化重鉻酸鉀溶液 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$) 溫和共熱，沒有可觀察到的變化。從這測試結果能進一步推斷出甚麼？
X 是三級醇。(1)

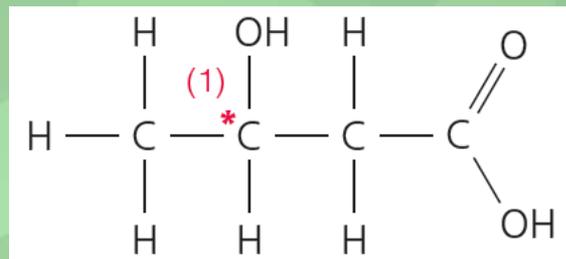
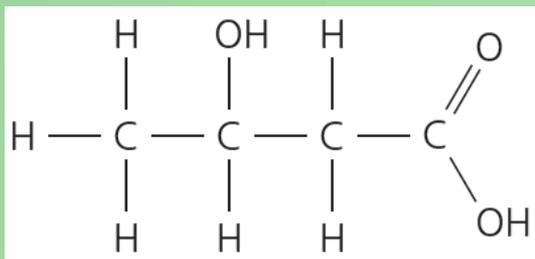
d) 根據問題(a)–(c) 的答案及每個X 分子含四個碳原子這項資料，推定X 的結構式。



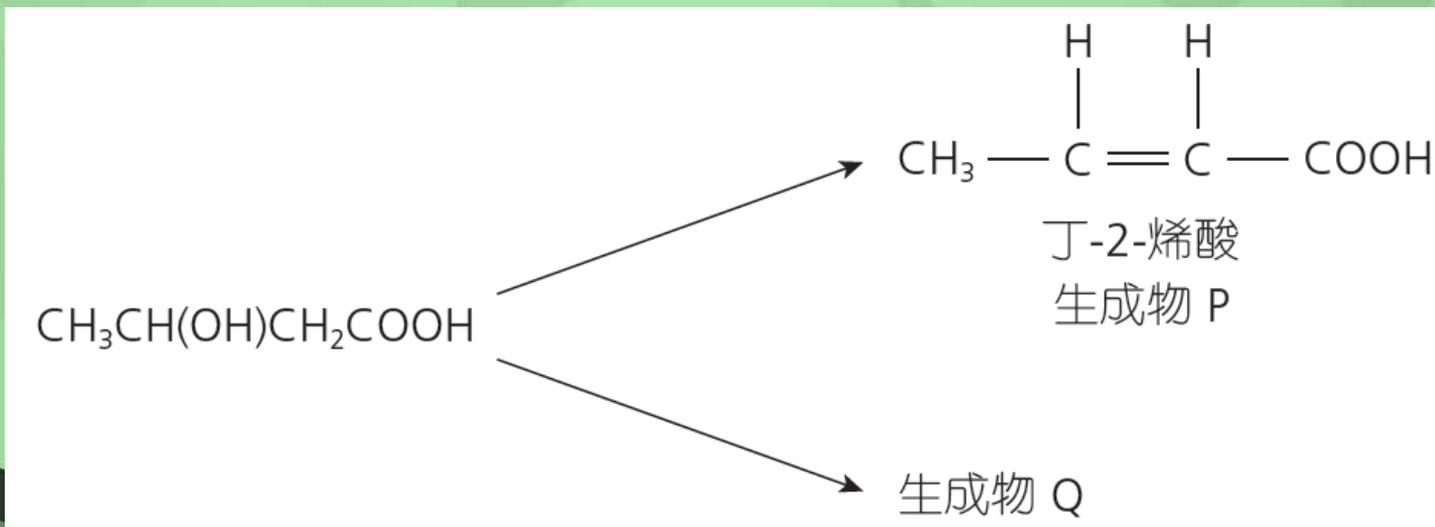


按節練習 (頁140)

32 化合物X 是白色的固體，進行反應時既可作為羧酸又作為醇。



- a) 以「*」標示在X 的結構式上的手性中心。
 b) 化合物X 與濃 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 共熱時，生成一不飽和酸的混合物。



按節練習 (頁140)

- i) 寫出所進行的反應的類別的名稱。
脫水作用/ 消去反應 (1)
- ii) 生成物Q 是生成物P 的結構異構體，寫出Q 的結構式。



- iii) 解釋為甚麼生成物P 有一對順-反異構體。

它含有碳雙鍵。碳-碳雙鍵限制了在旁的原子或基團以該鍵為軸轉動。 (1)
碳-碳雙鍵的每個碳原子都連接兩個不同的原子或基團。 (1)



按節練習 (頁140)

- c) 通過與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 回流加熱，化合物X 可被氧化。
寫出該有機生成物的結構式。



按節練習 (頁140)

33 丙醛是工業生產過程中有用的中間體。

a) 丙醛有一個同分異構體。該異構體也是羰基化合物，但不會與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 反應。

i) 把丙醛與酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 溫和共熱時，會觀察到甚麼？

溶液由橙色變為綠色。(1)

ii) 寫出丙醛的該同分異構體的名稱。

丙酮 (1)

b) 丙醛可被還原成一種化合物，該化合物是製藥行業所用的溶劑。

i) 提出進行這反應所用的試劑。

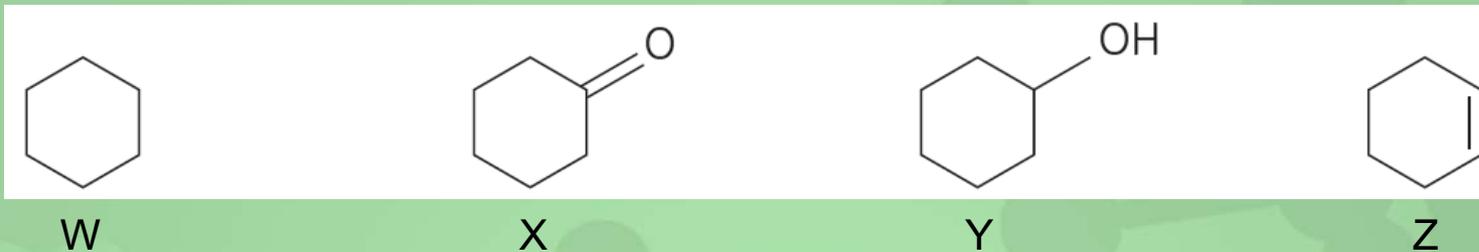
$\text{NaBH}_4 / \text{H}_2\text{O}$ (1)

ii) 寫出該生成物的名稱。

丙-1-醇 (1)

按節練習 (頁140)

34 考慮W、X、Y和Z四個環狀化合物：



a) 提出一項能辨別化合物W和Z的簡單化學試驗，並寫出你所預期的觀察結果。

以下任可一項：

- 把溴水分別加入每個化合物中，並搖勻。 (1)
 化合物Z把棕黃色的溴水迅速地變為無色；
 化合物W則沒有可觀察到的變化。 } (1)
- 把冷的酸化稀高錳酸鉀溶液分別加入每個化合物中，並搖勻。 (1)
 化合物Z把紫色的高錳酸鉀溶液迅速地變為無色。
 化合物W則沒有可觀察到的變化。 } (1)



按節練習 (頁140)

- b) • 化合物X 可被轉化成化合物Y。
• 化合物Y 可被轉化成化合物Z。

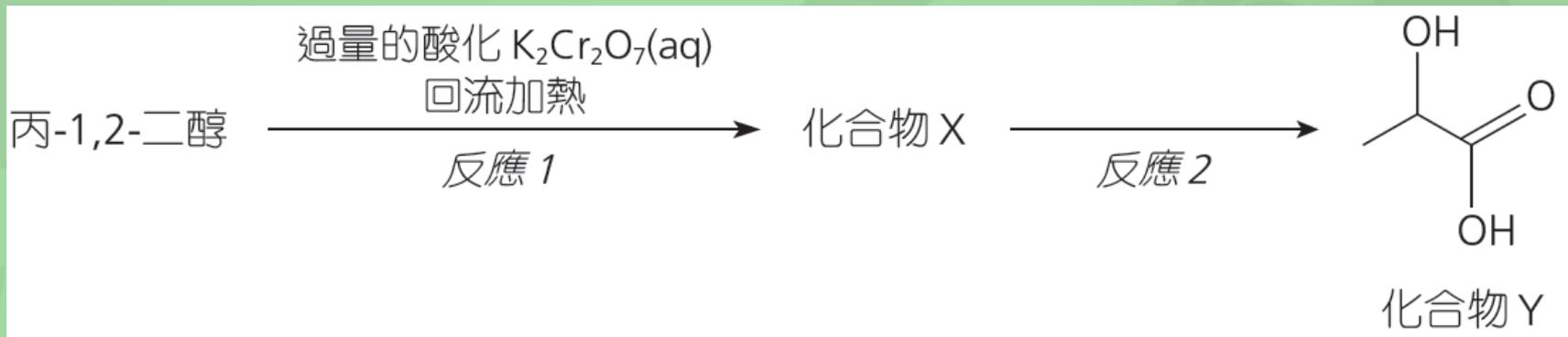
就每項轉化，

- i) 提出能用於該反應的一種或一組試劑；
ii) 寫出涉及反應的類別的名稱。

| 轉化 | 試劑 | 反應類別 |
|-----------------------|---|--------------------|
| $X \longrightarrow Y$ | $\text{NaBH}_4 / \text{H}_2\text{O}$ (1) | 還原作用 (1) |
| $Y \longrightarrow Z$ | Al_2O_3 或濃 H_2SO_4 作為催化劑 (1) | 脫水作用 / 消去反應 (1) |

按節練習 (頁140)

35 一名學生利用丙-1,2-二醇來製備化合物Y 的樣本。



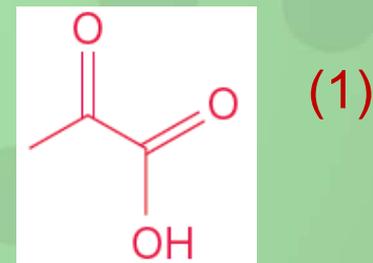
a) 完成以上流程圖，展示化合物X 的結構式和反應2 所需的試劑。

化合物X 的結構式：

反應2 的試劑： $\text{NaBH}_4 / \text{H}_2\text{O}$ (1)

b) 反應1 進行時，會有甚麼可觀察到的變化？

顏色由橙色變為綠色 (1)





按節練習 (頁140)

- c) 在反應1 中，丙-1,2-二醇與過量的酸化 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$ 回流加熱。
提出為甚麼選擇用這組條件，而不在過程中蒸餾反應混合物。

確保生成的是羧酸 / 防止醛的生成。(1)



按節練習 (頁140)

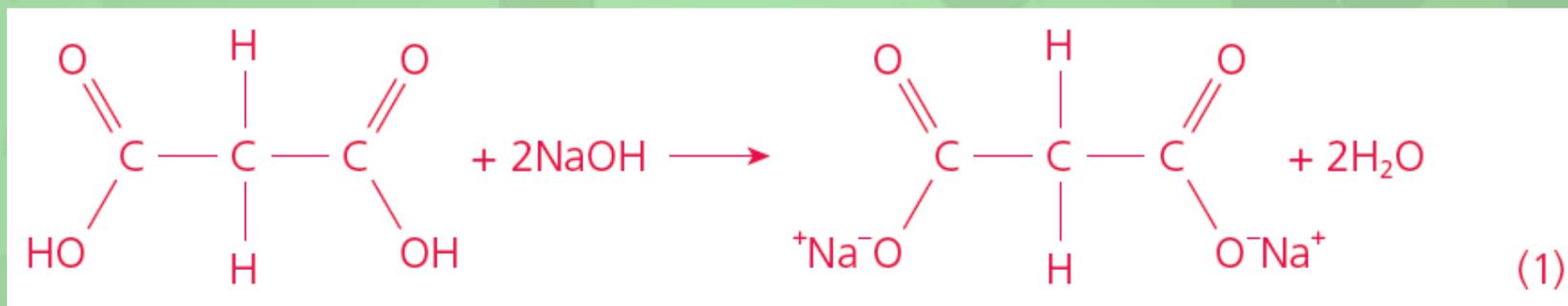
36 就下列每項反應，利用結構式寫出平衡方程式。



a) 丙酸和碳酸鈉溶液



b) 丙二酸和氫氧化鈉溶液



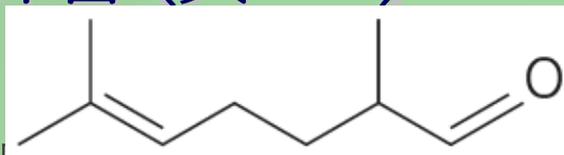
c) 乙酸在有濃硫酸的條件下與乙-1,2-二醇共熱





按節練習 (頁140)

37 化合物
 瓜的相似。



有時被稱為甜瓜醛，因為它的氣味與西

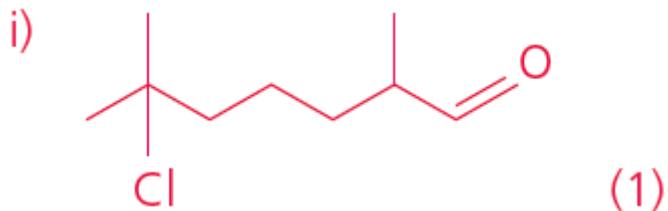
a) 寫出甜瓜醛的系統名稱。

2,6-二甲基庚-5-烯醛 (1)

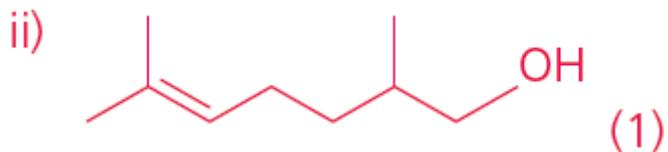
b) 就甜瓜醛與下列試劑的每項反應，繪出主有機生成物（一個或多個）的結構及寫出涉及反應的類別的名稱：

i) HCl

ii) NaBH₄ / H₂O



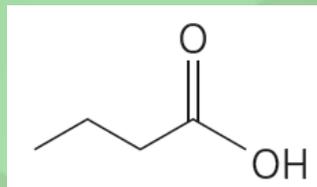
加成反應 (1)



還原作用 (1)

按節練習 (頁140)

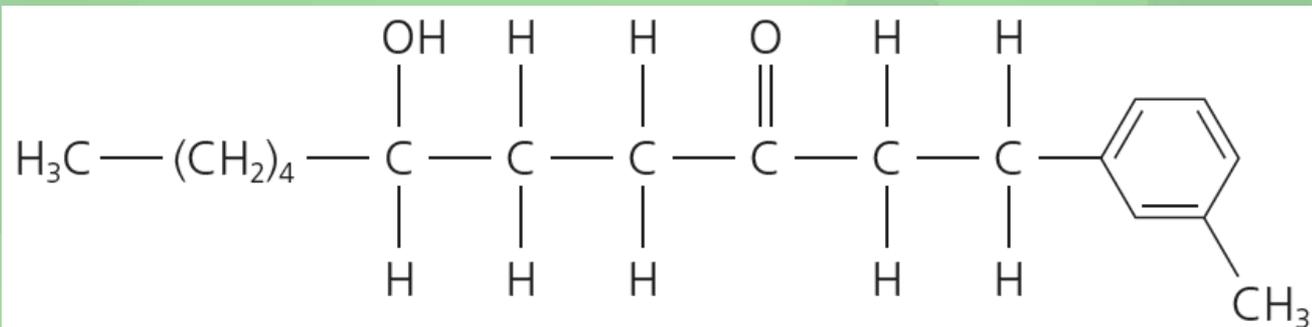
38 丁酸是帶臭味的液體。反捕鯨保育者會把它撒在捕鯨船上。



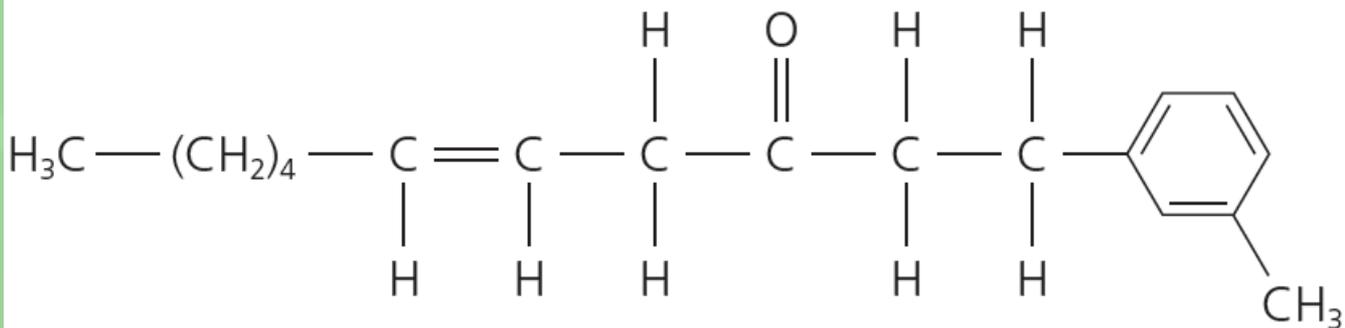
- a) 「異丁酸」是丁酸的同分異構體。寫出異丁酸的系統名稱。
甲基丙酸 (1)
- b) 丁酸的酯可用作食品調味劑。以丁酸甲酯為例，其氣味和味道與菠蘿相似。它的生成是通過把丁酸和醇在有濃硫酸的條件下加熱。提出在酯化作用中，濃硫酸的兩項功能。
- 作為催化劑 (1)
 - 除去生成的水 (1)
- c) 指出丁酸甲酯的熔點較丁酸的高還是低，並加以解釋。
丁酸甲酯的沸點較丁酸的低。
丁酸甲酯中的范德華力較丁酸中的氫鍵弱。 (1)

按節練習 (頁140)

39 兩種能提供食物味道的化合物的結構顯示如下：



化合物 X



化合物 Y

a) 寫出 X 和 Y 均含有的一個官能基的名稱。

羰基 (1)



按節練習 (頁140)

b) 就以下每個情況選出化學試劑，並寫出你所預期的觀察結果。

i) 一種能與X 而非Y 反應的試劑。

ii) 一種能與Y 而非X 反應的試劑。

b) i) 酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ (1)

X 所含的羥基與酸化 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 溫和共熱時會被轉化成羰基。

試劑與X 的混合物由橙色變為綠色。(1)

ii) $Br_2(aq)$ (1)

有加成反應發生。

把 $Br_2(aq)$ 加入Y 時， $Br_2(aq)$ 由棕黃色變為無色。(1)

c) 在實驗室內，可把X 轉化成Y。提出這反應所需的試劑和反應條件。

加熱

氧化鋁或濃硫酸作為催化劑 (1)

按節練習 (頁140)

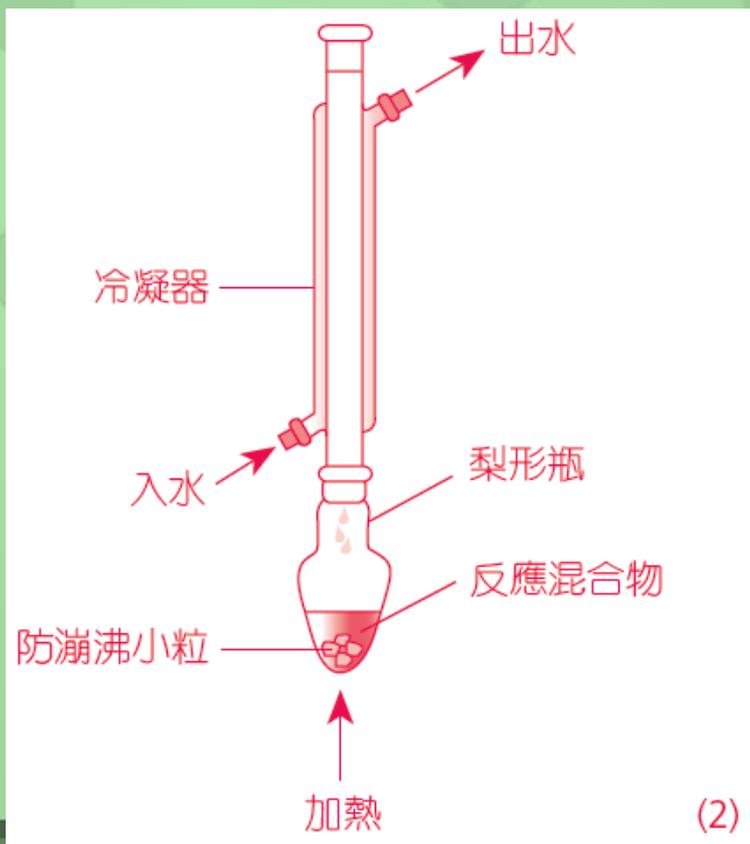
40 酯X 可用作油漆和光油的溶劑。

👍 a) 酯X 可通過把醇、乙酸和催化劑一起回流加熱而獲取。

i) 提出適合該反應的催化劑。

濃硫酸 (1)

ii) 繪出一標示圖以展示把該反應混合物回流加熱的裝置。





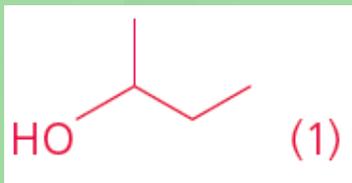
按節練習 (頁140)

b) 酯X 的骨架式顯示如下：

i) 寫出酯X 的系統名稱。

乙酸丁-2- 酯 (1)

ii) 寫出用來製備酯X 的醇的骨架式。

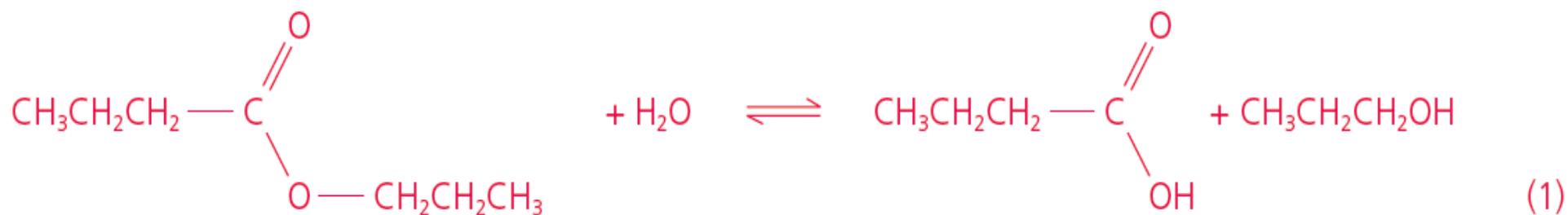




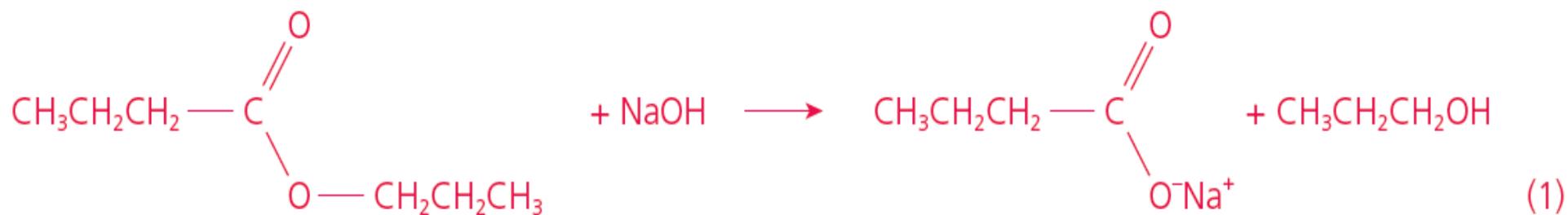
按節練習 (頁140)

41 分別寫出在酸性和鹼性的條件下，把丁酸丙-1-酯水解的方程式。

加酸水解

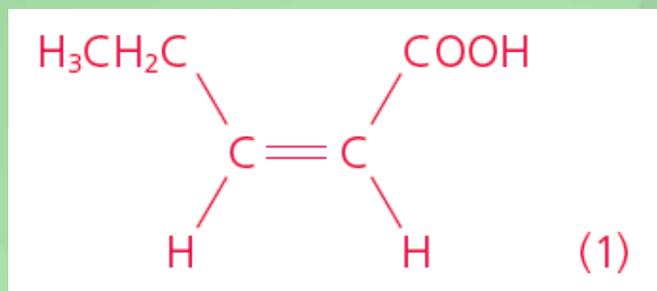


加鹼水解

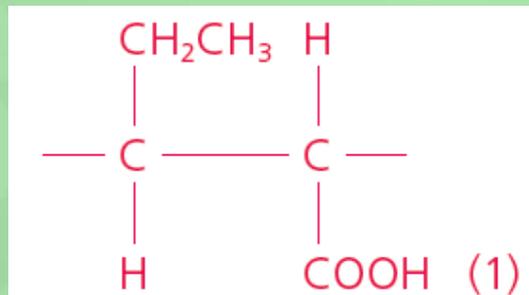


按節練習 (頁140)

- b) 寫出化合物G 的完整系統名稱。
戊-2-烯酸 (1)
- c) 化合物H 是化合物G 的立體異構體。
 i) 提出化合物H 的結構。



- ii) 繪出可由化合物H 生成的加成聚合物的重複單位。



(OCR Advanced Level, Chem. A, H432, Sample Question Paper, 19(a)(i)–(iii))

按節練習 (頁140)

43 兩種化合物X和Y是同分異構體，它們的分子式都是 C_4H_8O 。以下列出X和Y的一些反應的結果：

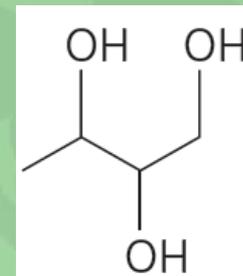
- X和Y都可與五氯化磷反應，生成白色的煙霧。
- X和Y都可把溴水脫色。
- 與冷的酸化 $KMnO_4(aq)$ 反應時，X和Y生成相同的化合物。

a) 提出哪個官能基與下列各物質發生反應：

- 五氯化磷
- 溴水

i) $-OH$ (1)

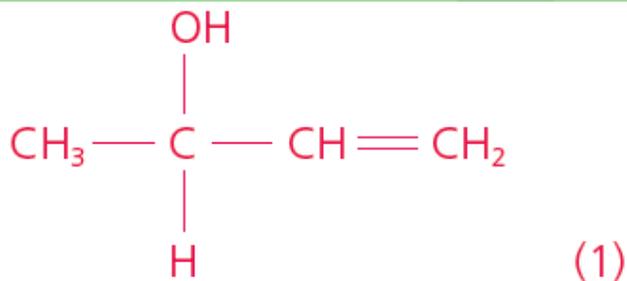
ii) $C=C$ (1)



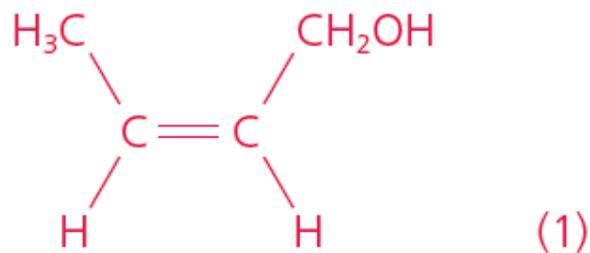
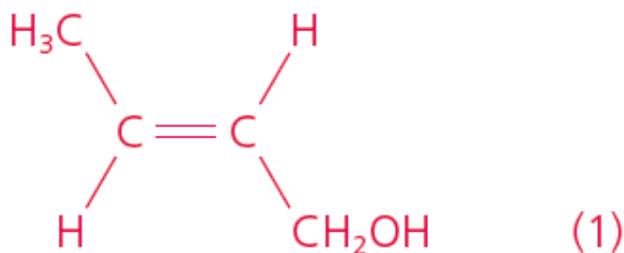


按節練習 (頁140)

b) 提出X 和Y 的結構。

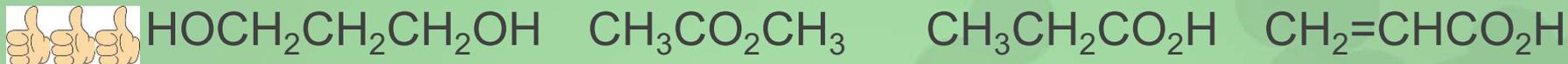


c) 其中一種化合物 (X 或Y) 以順-反異構體存在。
繪出這一對同分異構體的結構。



 按節練習 (頁140)

44 四個缺了標籤的試劑瓶各盛載下列其中一種無色液體：



建議各化學測試以分辨這四種液體。

(HKDSE, Paper 1B, 2017, 9)

香港公開考試試題答案從略（如適用）。