

摘要

本實驗利用自製比重計測量醋酸鉛,氯化鉛以及氯化鉀在不同溫度下的個別溶解，且藉由氯化鉛混醋酸鉛及氯化鉛混氯化鉀，發現當2種在水中可解離出 Pb^{2+} 或 Cl^{-} 的化合物在水中混和時，溶質之溶解度小於個別之溶解度，證實同離子效應的存在性。

研究動機

在高中課本裡，我們學到同離子效應，而此效應是指在溶液中，溶入兩個以上會解離出相同離子的溶質，他們會互相影響彼此的溶解度。於是經過與老師的一番討論，我們決定運用自製比重計來測量出同離子效應，但由於從網路上購買比重計價格過於昂貴，於是我們改採用生活中可得到的實驗素材來製作，希望有效降低成本且不失其精準度，也希望在探討過程中，尋找出同離子效應是否真的存在於溶液當中。

研究目的

(一)運用自製比重計精準測量

(二) 探討同離子效應的存在

實驗器材

1. 500ml燒杯x2

2. 50ml量筒x1

3. 100ml量筒x1

4.加熱盤

5.秤重計

6.漏斗

7.玻棒

8.溫度計

9.自製比重計

10.巴氏滴管

11.普通滴管挖勺

12.醋酸鉛

13.氯化鉛

14.氯化鉀

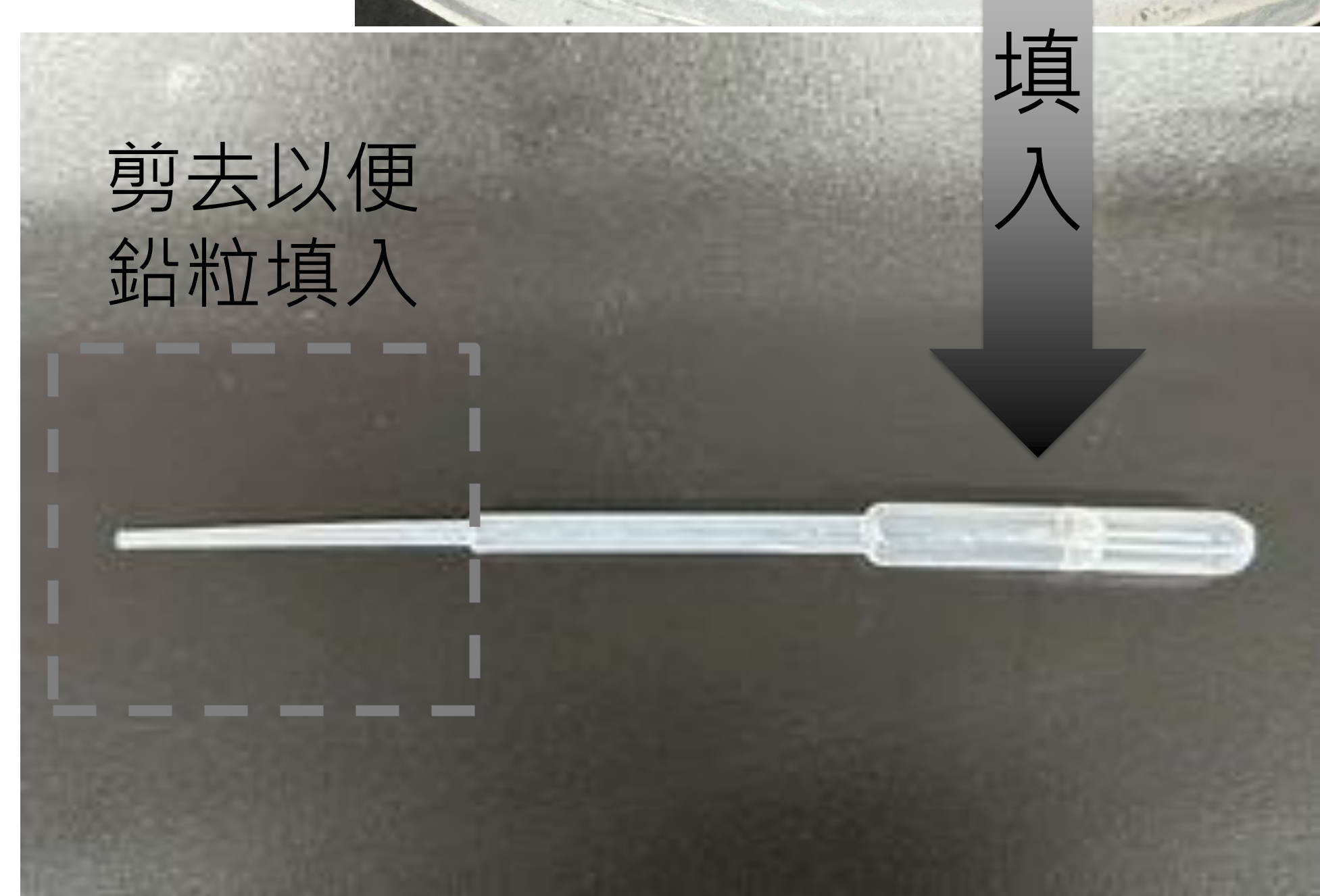
15.鉛粒



實驗步驟

一、自製比重計

此實驗因為需要測量飽和溶解度的變化，所以我們需要一個能夠精準測量溶解度的儀器，而不是直接用眼睛觀察此溶液是否已經飽和了，經由老師的推薦下，我們決定在實驗前，找到足夠長的比重計，用來精準的測量出液體密度的變化，藉此得到某溫度下的飽和溶解度。但奈何市面上的比重計價格皆較高而且並無足夠的長度，所以我們決定自製此實驗適合使用的比重計。一開始我們現上網查了比重計的製作原理，也看了網路上比重計的影片，了解到比重計需要有重的物體裝在裏頭，所以在老師的建議下，我們找了鉛粒(如上圖)，並找了實驗室裡的滴管，將鉛粒裝到裏頭，將其至於裝水的量筒，確認其可以平穩的浮在水上，此比重計雖然可以穩定的浮在水面，但我們發現，其長度遠遠的不足於我們的需求，我們因此去試著尋找有何替代方案。一開始我們先想到較長的吸管，但發現吸管並沒有辦法穩定的浮於水面上，而且其口徑也不夠大，無法塞入鉛粒。後來，我們嘗試將滴管擠壓頭剪下裝拼在另一個滴管上(如下圖)，並同樣將其放置於裝水的量筒中，發現其雖然長度足夠，但卻因為重量的不平衡，無法平穩的浮在水面。最後，在無其他方法的情況下，我們上網尋找較長的滴管，並利用網購將其買下，接著我們同樣的重複上述的步驟，發現其正好符合我們的需求長度而且也可以將鉛粒放入，調整好適當的鉛粒個數，使滴管漂浮在水面上，我們的自製比重計也有了雛型。接下來，我們為了確保比重計可以正常使用，我們測試了硫酸鈣的比重及其溶解度，我們先從網路上查詢硫酸鈣大致的飽和溶解度，接著取30毫升的水到50毫升之量筒中，取適當的硫酸鈣測量其密度變化，來推測飽和溶解度的範圍，但我們在測量的時候發現，若直接將水面位置標示於比重計上，我們難以判別其變化而且過多的標示會導致數據的混亂，因此我們決定依照量筒的標示，測量量筒的刻度變化，來觀察我們密度的改變，在反覆實驗之後，我們的到的飽和溶解度範圍恰好位於我們所查的資料範圍內，因此我們接著可以好好使用此比重計，來測量剩下所需的液體飽和溶解度。



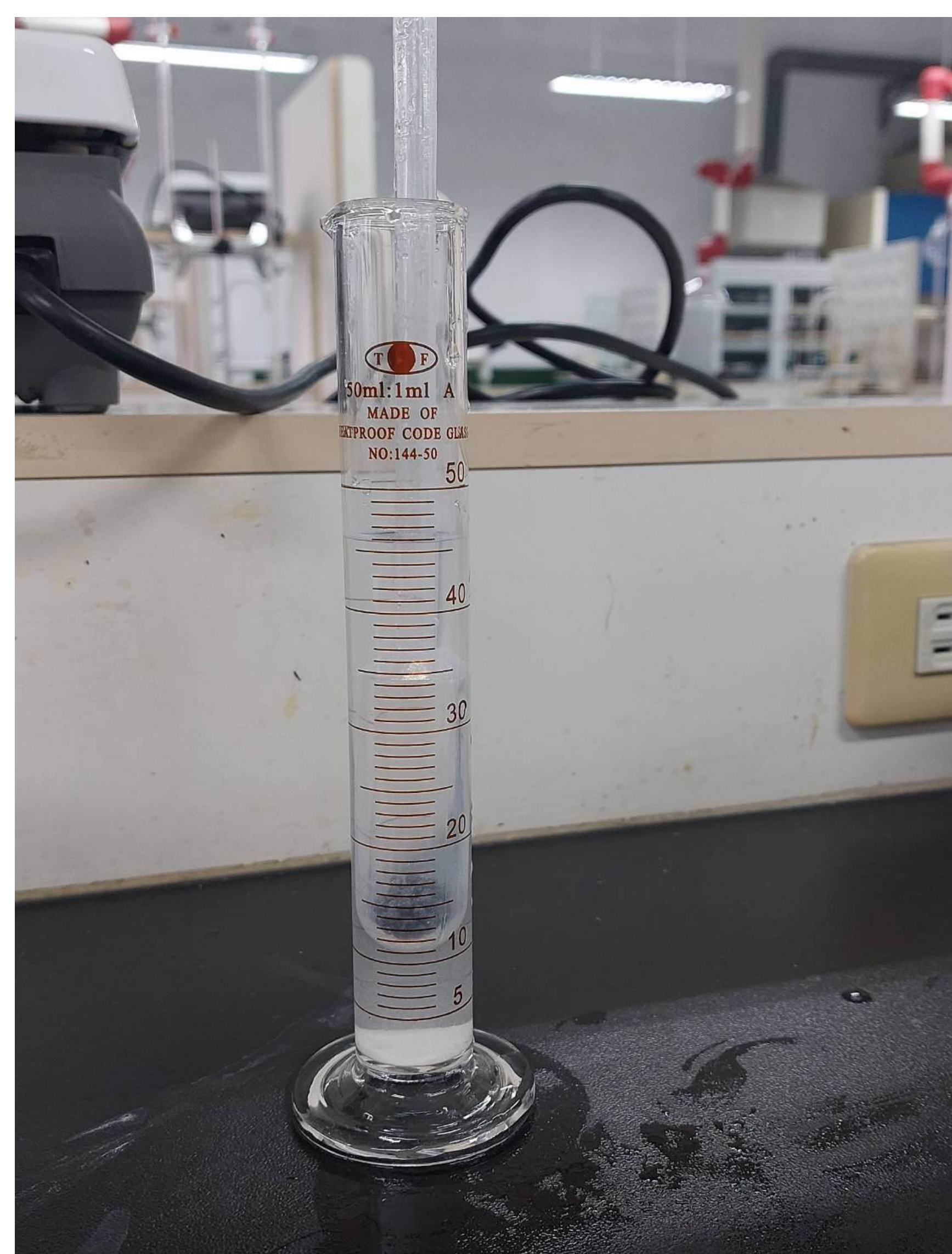
二、測量三種溶質在特定溫度下對30ml水的最大溶解度

(三種溶質： $PbCl_2$ 、 $Pb(CH_3COO)_2$ 、 KCl)

(以 $Pb(CH_3COO)_2$ 30度為例)

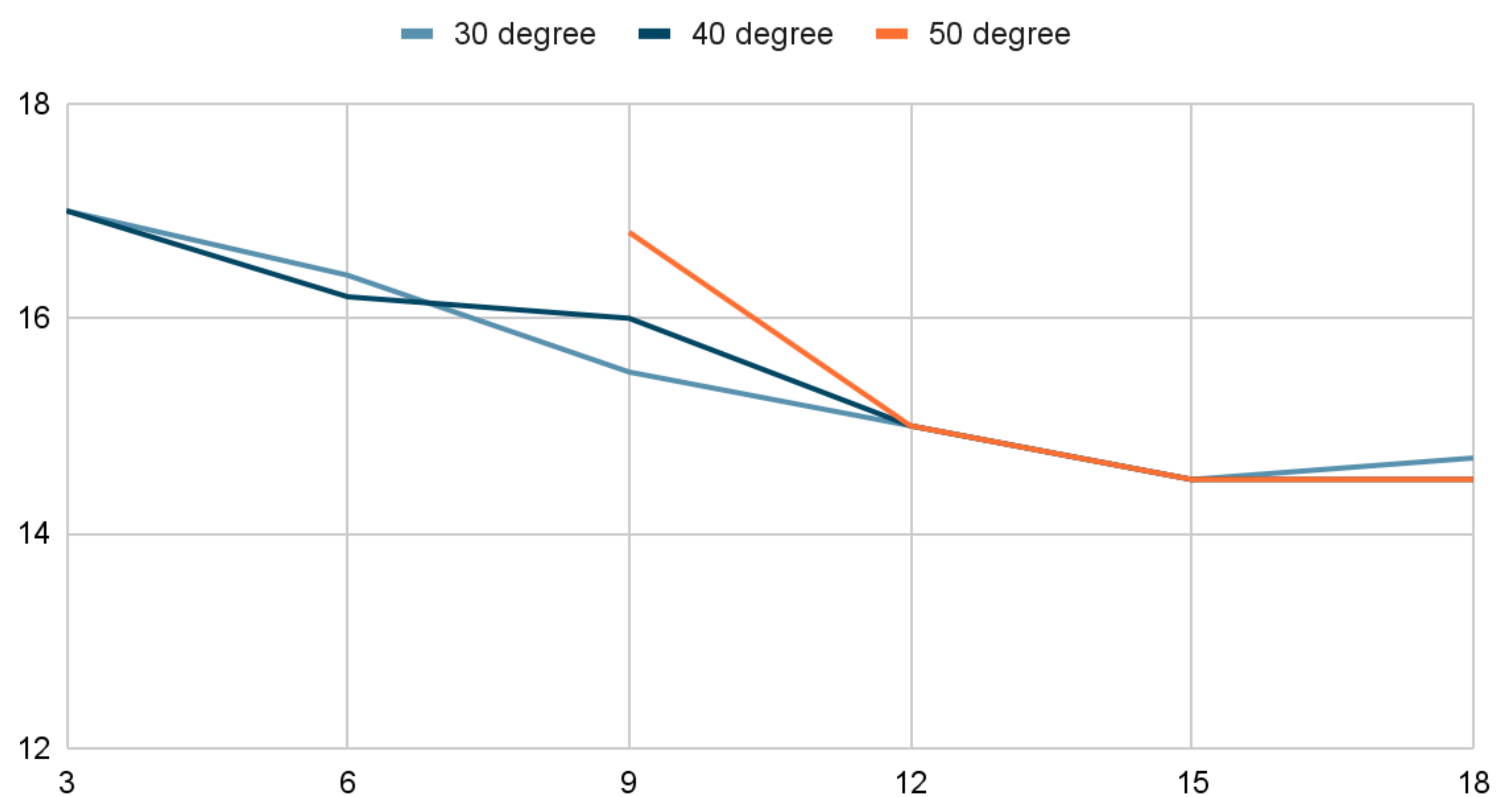
1. 維持溫度於30度。
2. 將這些醋酸鉛用漏斗倒入原本的30ml水中。
3. 使用玻璃棒攪拌溶液一段時間，測量第一次的刻度，放入比重計(如圖三)，並測量並記錄此時水面所在之量筒刻度，測得為32.0ml，接著放入比重計，測量第二次的刻度，測得為49.0ml。
4. 計算第二次之刻度與第一次之刻度的差值，為 $49.0-32.0=17.0$ (為縱軸之值)
5. 再依照相同步驟加入3g之醋酸鉛於溶液中，並經過充分攪拌，所以此時量桶內有含有6g之醋酸鉛之溶液，接著將量筒拿出燒杯外，測量第一次刻度，測得為32.1ml，接著放入比重計，測量並記錄第二次之刻度，測得為48.5ml，算出第二次刻度與第一次刻度之差值，為 $48.5-32.1=16.4$ ，紀錄此數值至折線圖。
6. 經過一次次加入醋酸鉛並記錄二次刻度之差值可以發現呈現下降趨勢
7. 當醋酸鉛加到15g時差值為14.5ml，而繼續加到18g時會發現差值幾乎固定不動，因 $D_{\text{溶液}}$ 不再變化，所以 $V_{\text{排開液體}}$ 也趨近不變。
8. 由此即可得出醋酸鉛對30度的水，其溶解度為15g。
9. 依此類推，並將40度、50度之數據整理得以下之折線圖。

$$\text{比重計重} = \text{浮力} = D_{\text{溶液}} \times V_{\text{排開液體}}$$



(如圖三)

$Pb(CH_3COO)_2$ Solubility

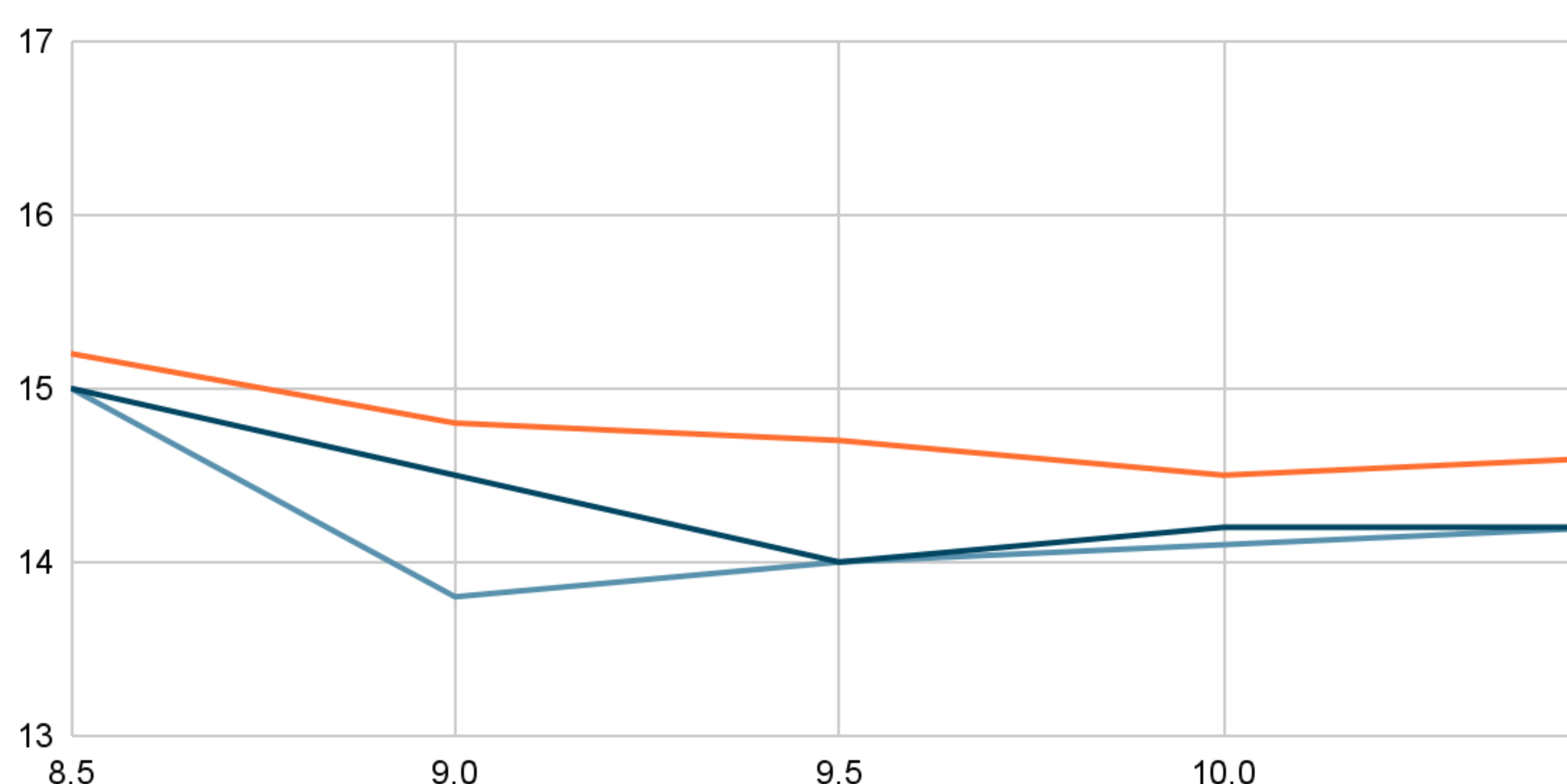


X軸：加入之溶質克數

Y軸：頁面上升高度

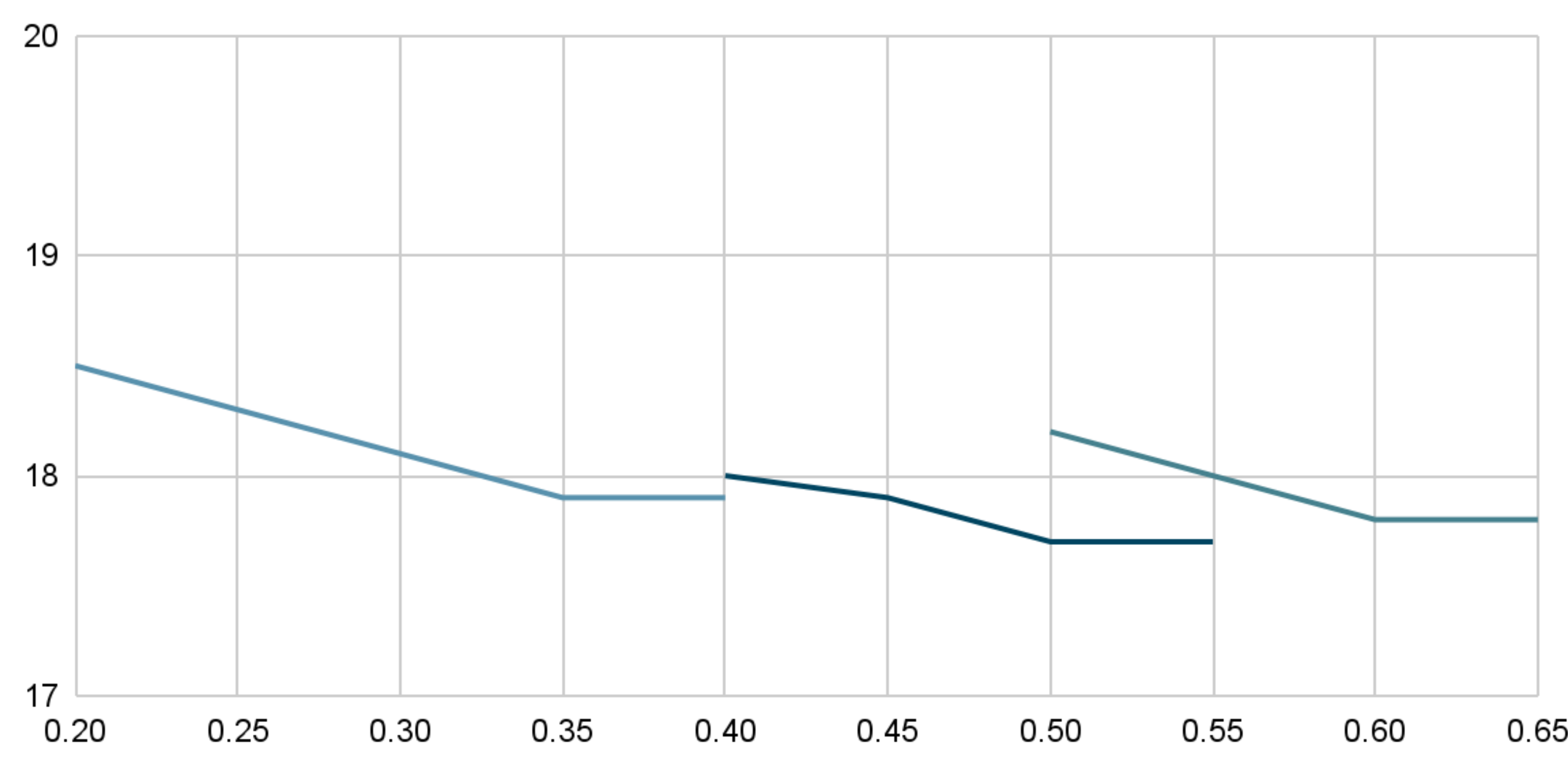
KCl Solubility

— 30 degree — 40 degree — 50 degree



$PbCl_2$ solubility

— 30 degree — 40 degree — 50 degree



三、混和2種含有同種離子的溶液

($PbCl_2 + Pb(CH_3COO)_2$ & $PbCl_2 + KCl$)

(以 $PbCl_2$ 、 $Pb(CH_3COO)_2$ 為例)

1. 監控溫度確保維持在30度
2. 先將比重計放入30ml純水中，觀察到放入比重計後的刻度為49ml，所 $49-30=19$ 為比重計排開水的體積，根據 $V_{排水} \times 1(\text{水密度}) = W_{比重計}$ ，所以 $19 \times 1 = 19g = W_{比重計}$ 。
3. 因在30度30ml水中 $Pb(CH_3COO)_2$ 最多能溶17g而 $PbCl_2$ 最多能0.375g，故同時在水中加入17g的 $Pb(CH_3COO)_2$ 和0.375g的 $PbCl_2$ ，觀察到全部加入的液面刻度為37.5ml。
4. 放入比重計，觀察得液面為52.0ml，所以 $52.0-37.5=14.5$ 為比重計排開溶液的體積，又 $V_{排液} \times D = W_{比重計} = 19 \times 1$ ，故此溶液的 $D_{實驗值} = \frac{19}{14.5}$
5. 若不考慮同離子效應，理論值之密度 $= \frac{17+0.375+30}{30} = \frac{47.375}{30}$
6. 又所溶的量越多，液體密度越高，且由實驗可知 $\frac{47.375}{30} > \frac{19}{14.5}$ ，故代表兩溶質同時加入水裡時會發生同離子效應造成部分溶質溶解又析出沉澱。

研究結果

$$\text{密度(理論值)} = \frac{W_{溶質1} + W_{溶質2} + W_{水}}{V_{水}}$$

$$\text{密度(實驗值)} = \frac{V_{排水} \times D_{水}}{V_{排液}} \quad \therefore V_{排液} \times D_{溶液} = V_{排水} \times D_{水} = W_{比重計}$$

	$PbCl_2 + Pb(CH_3COO)_2$		$PbCl_2 + KCl$	
	密度(理論值)	密度(實驗值)	密度(理論值)	密度(實驗值)
30度	1.579	1.310	1.313	1.229
40度	1.583	1.357	1.333	1.310
50度	1.589	1.310	1.353	1.329

(密度單位： g/cm^3)

問題與討論

一、刻度問題

- (一) 當液體密度變大，比重計在液體中所佔體積下降，導致比重計放入後液面所在刻度下降
- (二) 觀察加入比重計的溶液之刻度若發現液面呈現一高一低為溶液對比重劑之表面張力所致，此時所記錄之刻度為水面所達最高液面刻度與水面所達最低刻度取平均

二、溫度調控問題

- (一) 隨時用溫度計監控水溫以維持實驗準確度，並隨時加熱正在測量所需溫度的水，一旦發現溫度下降便利用隔水加熱維持水溫。
- (二) 實驗中也會把水加熱到稍微超過所需溫度，並利用室溫下的自來水在總體積不變的情況下調配一定比例直到達所需溫度

三、量筒大小之選擇

- (一) 所選量筒之直徑稍較比重計直徑大，主要使用的為50ml量筒，功能為確保比重劑不會因左右不平衡而影響刻度準確
- (二) 若達飽和所需溶質較多導致液面超出50ml，便會使用100ml量筒，若比重劑在100ml量筒有所不平衡便會微調比重劑裡鉛粒數量與位置直到比重劑達平衡

四、比重劑裡所選擇之金屬顆粒種類

- (一) 原本試了鉛粒與鋅粒，但由於怕實驗過程中氧化電位較高的鋅粒與水接觸會發生氧化還原反應，於是決定使用性質較穩定之鉛粒。

結論

在實驗中我們可以看到混合後的溶液並沒有像我們之前個別測量的一樣，反而在還沒加到之前測量到飽和的溶質時，就已經出現了沈澱，於是就如目的所提到的，同離子效應會讓加入的溶質不用加到原本所需要達到飽和的質量，便可以達到飽和。

未來展望

同離子效應可以利用勒沙特列原理以及搜尋ksp的數值來精確算出不同溶質溶解後析出的量