
就我國現行小學自然科學與 國中高中科學課程試用教材

許丹瓊

臺北市立中山女子高級中學

王澄霞

國立臺灣師範大學化學系

科學教育的主要目標是讓學生親近自然，加強他們對事物及現象的關心。且能進一步認識自然與生活的關係，以培養他們用科學方法及科學態度去觀察處理或解決問題的能力。為達此目標，需要從小學、國中、高中各階段之科學課程作有系統、有連貫性的學習。

一個人在他的生活環境裏處處都會接觸到物質，因此科學教育必需由認識物質開始，可是我們不可能，也不可以在小學科學教育一開始就讓兒童直截了當地對「物質是什麼？」下了定義。所以在小學自然科學課程中，兒童把物體的特徵用顏色、形狀、大小等去瞭解。讓學生注意物體的相異點，用感官知覺去辨認物體，即用感覺方法去瞭解與學習物質。但國中階段，學生用測定方法去瞭解物質之特性，並由物質三態變化、液體

擴散、氣體擴散、化學變化中質量不減、通電使物質分解等現象，讓學生從感覺領域進去概念領域。而在高中階段，學生用分子、原子去瞭解物質的變化，且由物質結合方式之不同，推論其性質不同。學生開始對物質及其變化用推理及理論之方法去處理。

小學自然科學課程中在「熱硼酸水冷卻時，硼酸會析出來」的活動裡，小學生只用視覺去感覺出物體有時看得到，有時看不到。而中學階段學生去測定物質溶解度，即兒童對物質的學習活動由感覺的「直覺判斷」漸漸地進入測量的「科學方法」的過程，由巨視觀漸漸地進入微視觀去認識物質。在「物體溶於水時，溫度不同溶解之量不同」的活動裡，小學生體會出物體變化與外來因素有關係。在中學階段學生去測定溶解度隨溫度之變化，且能利用物質之特性——溶解



分析中、小學課程中 化學概念的發展

度——之不同來分離物質並做再結晶而純化之。由物質的混合、分離、三態變化、擴散等科學活動中慢慢地讓學生思考物質是不是連續的東西？物質是不是由粒子構成的？在中小學有關物質構成，學生們由思考漸漸地接受物質的簡單粒子模型，且隨學習階段由「單純的粒子模型」進入「運動的粒子模型」，由此導入「原子、分子的概念」進而形成「帶有電性的構造模型」。並且讓學生跟着化學史之發展，由原子構造之軌道（Orbit）模型修正為軌域（Orbital）之模型。

關於研究物質之性質與其變化，在國中階段用簡單粒子模型去瞭解其性質與變化。但高中階段需加上能的概念，並把重點放在以定量方式去探討。換言之用定量方式把握以粒子概念為基礎之物質特性，且以整體方式瞭解支配自然現象的能相互間之交換。從

另一方面有關能的概念，國中階段在化學領域教材中，以巨視觀點去學習，而高中階段則在化學變化裡，以微視粒子概念之觀點去學習。

用以上觀點，本研究針對我國現行小學自然科學與國中高中科學課程試用教材分析其化學領域中化學概念之發展，其結果整理於圖一、圖二和圖三。筆者又將國中理化、高中基礎理化、高中化學（高二、高三）中有關化學教材的七個主題概念：1.物質 2.原子的構造 3.化學反應 4.酸和鹼 5.氧化還原 6.濃度 7.電化學等的關連，列表分析如圖四。其中有關物質巨視觀與微視觀之概念發展中之知能、技能及其科學方法之配合分析如圖五。希望以上這些分析圖表能給化學界各位先進們做參考，更希望各位之指正。

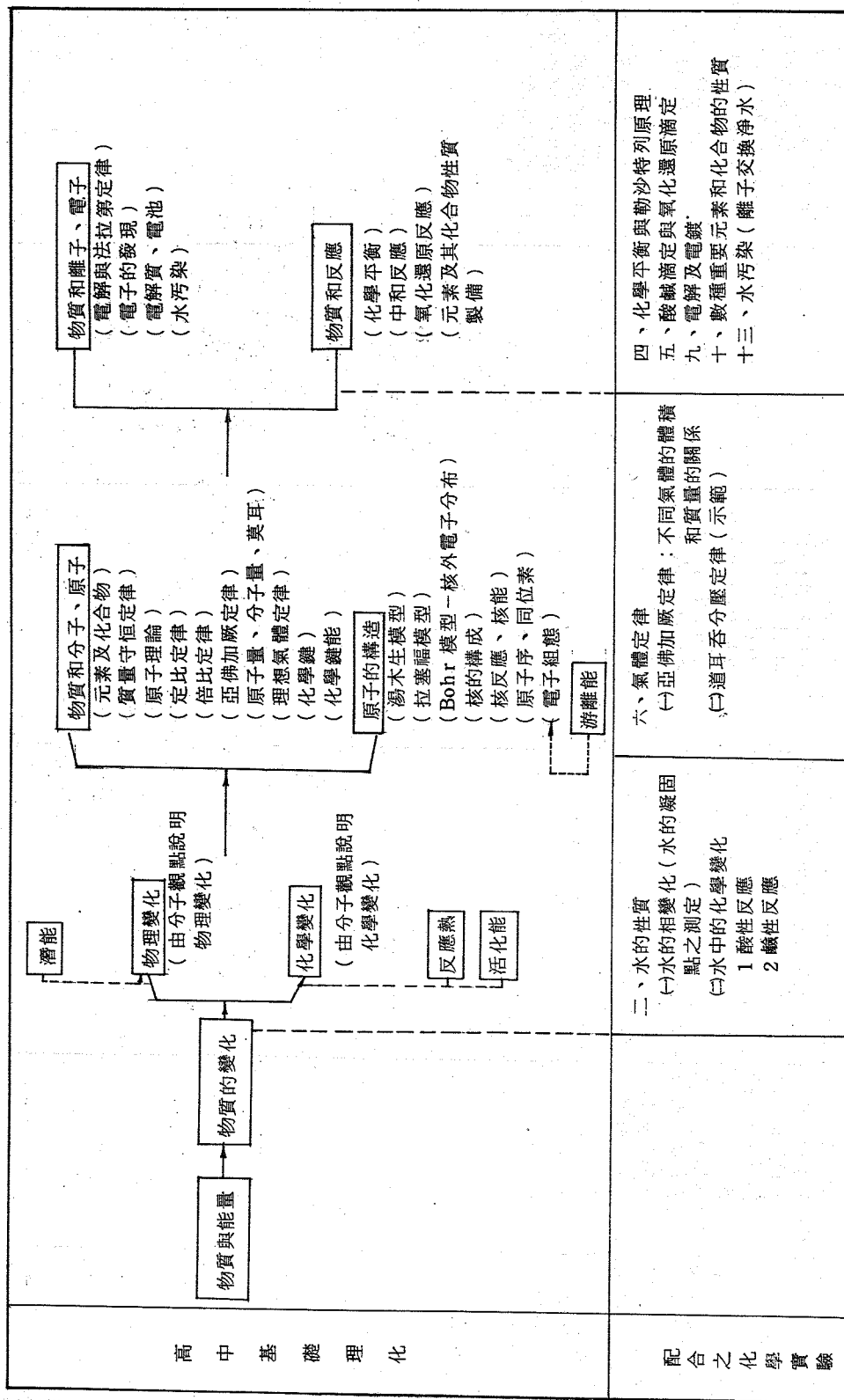
國中理化中化學概念之發展圖(一)

國中理化	物質的特性 (外觀、嗅味、粗細、顏色、溶解性等) 物質分離與分類 (脫色、過濾、蒸餾等) 純物質 混合物 粒子模型導入 熱能 物質三態變化 (熔解、氣化、昇華) 粒子運動 (液體、氣體擴散) 物質和原子 (元素和化合物) (元素符號、命名) (元素週期表) (定比定律) (質量不滅定律) 原子和分子 (原子量、分子量、mole、化學式、化學反應式、化學計量) 離子模型導入 電能 物質和離子 (離子的形成、電解質、電流、電池、電解、電鍍) 簡單原子模型 { 原子核(質子、中子) 電子 (原子序、質量數) 燃燒熱 溶解熱 物質和反應 (燃燒、化合、分解、氣體反應) (氧化還原反應) (反應速率) (化學平衡) (酯化、聚合物) (溶解度)	1-1.1 方糖、冰糖、白糖 1-1.2 純物質與混合物(白糖、紅糖、脫色、過濾、分離) 4-3.2 墨水、蒸餾 6-1.1.1 水的三態變化 6-1.1.2 碘的昇華 6-2.1 液體的擴散 6-2.2 氣體的擴散 17-1.1 元素的分類 17-1.2 化學反應相似的元素 17-3.1 常見鹵素的性質 17-3.2 硫和磷的性質 18-1 質量不滅定律 18-2 金屬元素與非金屬元素的通性 16-3 碘化鉛的生成 3-2 水的電解 20-1 那些物質水溶液可以導電? 26-1 鋅銅電池 26-4 電解(Cu, CuSO₄; Ag, AgNO₃) 26-5 電鍍 17-1.1.1 蠟燭的燃燒 8-1.2 銅絲的氧化 7-3 蠟燭的燃燒熱 6-4.1 溶解的熱效應 8-1.1 氫的製造 8-4.1 CO₂的製造與性質 6-5 熱和化學變化 19-1 金屬的氧化 19-2 元素對氧的化學活性 21-1 HCl 和 CaCO₃ 反應速率 21-2 溫度與反應速率 21-4 逆反應與化學平衡 21-5 平衡的改變 22-2 酯化反應 22-3 聚合物是怎樣構成的?
配合之國中化學實驗		

國民小學主要關連學習事項	3-11 白色粉末 小蘇打、麪粉、石灰、白糖;有的加醋會起泡、有的不起泡 4-8 空氣 空氣能夠幫助燃燒 7-8 悶熄蠟燭 蠟燭燃燒時間受空氣多少的影響 9-3 氧、二氧化碳之操作型定義 11-3 酸性溶液和鹼性溶液的交互作用(中和) 11-4 硫酸銅的沉澱 影響沉澱量的變因 12-1 鋼棉的生銹		5-7 硼酸的溶解 熱硼酸水冷卻時 硼酸會析出來 5-8 認識氨水 硼酸水、氨水、醋 加入指示劑有顏色改變 11-3 酸性和鹼性溶液作用(中和)會產生出另一種物質	2-8 果汁 辨認白糖、果汁、空氣等固體、液體、氣體物質 6-12 彩色溶液 顏色水滴入水中有擴散現象	1-1 顏色、形狀、大小; 依據特性將物體分類 5-7 硼酸的溶解 熱硼酸水冷卻時硼酸會析出來 10-2 神秘粉末 食鹽與太白粉 經加水攪拌、過濾可分離 11-3 水溶液的反應 水溶液有酸性、中性、鹼性等不同性質
--------------	--	--	--	---	--

〔註〕阿拉伯數字表示在課本中之實驗章節

高中基礎理化中化學概念之發展圖(二)



〔註〕國字表示在實驗課中之實驗號碼、羅馬字表示實驗課本之冊數

— 39 —

國中理化、高中基礎理化、高中化學(高二、高三)的關連(圖四)

	國中理化	高中基礎理化	高中化學(高二、高三)
1. 物質	物質三態變化 元素和化合物 元素符號、化學式 原子說 原子、分子 物質量(莫耳)的概念 原子量、分子量 (6-1) (8-2) (8-3) (8-2) (16-2, 16-3) (16-4) (16-4)	物質三態變化 原子理論 亞佛加厥定律 原子量、分子量、莫耳 莫耳體積 元素和化合物 (1-4) (8-1) (8-2) (8-2) (8-3) (Ch13)	亞佛加厥定律 原子說 原子量、分子量 莫耳、莫耳體積 化學式 物質的構造和性質 的關係 (2-1) (2-1) (2-2) (2-3) (2-4) (9-4)
2. 原子的構造	原子由原子核和電子組成 電中性原子失去電子帶正電 電、獲得電子帶負電 原子序 質量數 核能 (16-2) (16-2) (16-2) (16-2) (32-3)	原子的構造(湯木生模型) (拉塞福模型) 原子序 同位素 核外電子分布(Bohr模型) 週期表 化學鍵結 原子核的構成 不安定核分裂產生放射性 和能 核反應 核能 (12-3) (12-5) (12-6) (12-7) (12-9) (13-1) (Ch14) (15-1) (15-2) (15-3) (15-4)	原子結構 同位素 電子軌域 電子組態 游離能 週期表與電子組態 化學鍵 (9-1) (9-1) (9-2-2) (9-2-3) (9-2-4) (9-3) (Ch10)
3. 化學反應	燃燒 化合 分解 氣體發生反應 質量不滅定律 化學反應表示法 化學計量 反應速率 化學平衡 酯化 聚合物 (1-2)(7-1) (3-1)(8-1) (6-5) (8-1, 8-4) (18-1) (18-2) (18-3) (21-1, 21-2) (21-4, 21-5) (22-2) (22-3)	質量守恒定律 化學反應表示法 定比定律 倍比定律 化學平衡 (1-7) (6-1) (8-1) (8-1) (5-4)	質量守恒定律 化學方程式 里斯定律 氣體發生反應 反應速率 化學平衡 平衡的移動 平衡常數 (2-1) (2-5) (2-6) (3-3) (3-4) (3-5) (4-5) (6-1) (6-1) (6-2) (6-3)

國中理化、高中基礎理化、高中化學(高二、高三)的關連(續圖四)

	國中理化	高中基礎理化	高中化學(高二、高三)
4. 酸和鹼	氫離子 (20-2) 氫氧離子 (20-3) 中和 (20-4) $\text{pH}([\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}})$ (20-4) 指示劑 (20-4) 鹽 (20-5)	氫離子 (6-4) 氫氧離子 (6-4) K_A, K_B (6-4) pH 定義 ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$) (6-4) 中和、塩 (6-5) 塩水溶液之酸鹼性 (6-5)	pH 定義 ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$) (7-1-1) 酸鹼學說 (阿瑞尼士) (7-1-2) (布忍-羅理) (7-1-2) (路易士) (7-1-2) 酸鹼強度 (K_A, K_B , 多元酸) (7-2) 弱酸、弱鹼同離子效應 (7-2-4) 中和 (7-3) 滴定 (7-4) 中和計算 (7-4-2) 塩種類 (7-5) 塩水解 (7-6) 緩衝溶液 (7-7)
5. 氧化還原	金屬對氧活性 (19-1) 元素對氧活性 (19-2) 氧化是物質與氧化合 (19-2) 還原是氧化物失去氧	氧化是失去電子 (6-6) 還原是得到電子 (6-6) 排出金屬失去電子易難順序 (6-6) 氧化數 (6-6) 氧化劑、還原劑當量 (6-6)	氧化是與氧結合 (8-2) 還原是除去氧 (8-2) 氧化是失去電子 (8-2) 還原是得到電子 (8-2) 氧化是氧化數增加 (8-2) 還原是氧化數減少 (8-2) 氧化還原反應平衡 (8-2) 氧化還原滴定及計算 (8-2)
6. 濃度	重量百分率濃度 (Ch4) 容積莫耳濃度 (M) (Ch21)		重量莫耳濃度 (m) (5-2-1) 莫耳分數 (X) (5-2-2) 體積百分率濃度 (%) (5-2-3)
7. 電化學	由離子、電子移動 瞭解電流 電池 (伏打電池) (26-1) (鋅電池) (26-2) (乾電池) (26-3) 電解 (定量) $\Rightarrow$ 法拉第電解定律 (26-4) 電鍍 (26-5) 電解在工業上應用 (26-6)	電流 (11-1) 電池 (伏打電池) (11-2) (乾電池) (11-3) 電壓 (12-1) 電解與法拉第定律	電池原理 (8-3-1) 標準還原電位 (8-3-2) 常見電化電池 (8-3-3) (乾電池) (蓄電池) (燃料電池) 電解 (8-4) 電鍍 (8-4)

有關物質巨視觀與微視觀之概念發展中之知能、技能及其科學方法之配合 (圖五)

主要概念	實驗主要內容			知能			技能			物質異同判定處理方法		
	國小	國中	高中	國小	國中	高中	國小	國中	高中	國小	國中	高中
物質的特性	1-1 顏色、形狀、大小 是物體的特性， 依此將物體分類 1-2 由五官認識物體 1-4 石頭依大小、顏 色、形狀、花紋、粗 細分類及利用 2-1 重量是物體的特 性 7-10 礦物有一定顏 色、光和硬度 等特性			物體的特性為 色、形狀、大 小、花紋、粗 細、重量、硬 度等			1-1.1.2 用五官觀察 1-4 分類不同形狀 、大小之物體 2-1 比較重量 (用自製翹翹板)			1-1 顏色、形狀、大小 (物理方法、定性) 1-2 臭味、味道 (物理、定性) 1-4 顏色、大小、形狀 花紋 (物理、定性) 2-1 重量 (物理、定量) 7-10 顏色、硬度 (物理、定性)		
物質的特性 (利用物質 的特性將物 質分離與分 類)	2-4 冷熱是物質特性 3-11 小蘇打、麵粉、 石灰、白糖有的 加水會溶解、有 的不溶解 4-9 (1)肥皂溶於水、 形狀消失、水的 情況改變。溫水 肥皂溶得快 (2)空氣占有空間 且有重量 5-7 溫度愈高開酸溶 解愈多 熱開酸水冷卻時 ，開酸會析出來 10-2 指出粉末之顆粒 、大小、滋味、 粗細等不同性質 混合粉末之分離	1-1.1 觀察方糖 、冰糖、白糖之 外觀、滋味、粗 細、顏色溶解 性。且熟悉蒸 發、結晶技巧。 4-3.2 利用蒸餾方法 將熱水中之水 與色素分開		冷熱、溶解度 、氣味、重量、 粗細等為物質 之特性。蒸 發、結晶、 過濾	外觀、滋味、粗 細、顏色、溶 度等為物質之特 性。蒸發、結晶		2-4 使用溫度計 3-11 用五官觀 察 4-9 溶解物質 5-7 使用放大鏡 10-2 蒸發、結 晶、過濾之技 巧	1-1.1.4-3.2 熟悉蒸發 結晶、蒸餾 等技巧		1-1.1 嗅味、粗細、顏 色、溶解度 (物理 、定性綜合) 蒸發 結晶 (物理、定性) 4-3.2 蒸餾 (物理、定性)		
純物質、混合物		1-1.2 白糖、紅糖 經脫色過濾分 離	混合物 I：各 IM之黏稠子 、膠離子之分 離		過濾	利用沉澱、溶解 度等方法分離混 合物		除色、過濾 之技巧	使用三 架天平		過濾 (物理、定性) 沉澱 (化學、定性) 溶解度 (化學、定性) 溶解度 (物理、定性)	

物質三態變化	2-8 塑膠袋內裝水果、糖粉、果汁、水、空氣等將它們分裝三類 3-1 水無色透明、形狀隨容器改變 4-8 空氣占有空間 10-3 給固體、液體、氣體下操作到定線。隨溫度變化水會變成冰或水蒸氣	混合 II：含 1-2 之蔗糖與食塩、固體溶物的凝固點測定	辨認固體、液體、氣體物質，給三者下操作到定義	溶解、氣化昇華	由分子觀點說明三態變化	2-8, 3-1, 4-8 用五官觀察 10-3 用五官觀察、且觀察冰、水、水蒸氣三態變化之溫度與現象	6-1-1 測熔點、沸點	測凝固點	2-8 狀態 (物理、定性) 3-1 顏色、味道、狀態 (物理、定性綜合) 4-8 狀態 (物理、定性) 10-3 狀態 (物理、定性) 溫度 (物理、定量)	6-1-1 狀態 (物理、定性) 6-1-2 狀態 (物理、定性)	凝固點 (物理、定量)
分子模型與形成	6-1-1 紫紅色過錳鉀與蔗糖在水中擴散 6-2-1 NH_4Cl 與 HCl 擴散產生白煙狀 NH_4Cl 6-1-2 顏色水滲入水中 有擴散現象	NH_4Cl 與 HCl 擴散產生 NH_4Cl 改變玻璃管長度測擴散時間	液體的擴散與交互作用	由粒子運動認識分子模型	1. 粒子運動速率與密度、分子間之關係 2. 認識分子的構造與形狀	使用滴管	觀察擴散情形且比較其快慢	測擴散速率	顏色 (物理、定性) 6-2-1 顏色 (物理、定性) 固體生成 (化學、定性)	6-2-1 顏色 (物理、定性) 固體生成 (化學、定性)	固體生成 (化學、定性)
物質的構造 (原子、分子、原子量、分子權)	5-7 氣體靜水冷却有碳酸析出 5-8 氨水、碳酸、鹼與指示劑交互作用 11-3 以石蕊試紙、試液、鹼性溶液、鹼性、鹼性溶液交互作用—中和	同溫同壓同體積，不同氣體之相對質量關係 由 F、P 下降求溶質分子量 (蒸氣於沸點)	5-7 蒸氣與液體溫度之變化 5-8 粒子間交互作用 5-9 溶液有酸性、鹼性、中性、鹼鹼交互作用叫做中和	反應時物質質量與體積間之關係、找尋物質之化學式	氣體相對分子質量，利用 ΔT $= K \times \frac{W}{M} \times \frac{1000}{G}$ 求溶質分子量	5-7 測物質溶解度 (以數字表示) 5-8 使用指示劑 11-3 使用指示劑蒸乾	1. 使用量筒用排水集氣法收集氣體 2. 測沉澱高度	1. 測氣體分子權 2. 測凝固點	5-7 溶解度 (物理、定性) 5-8 顏色變化 (化學、定性) 氣味 (物理、定性) 11-3 味道、氣味 (物理、定性) 顏色 (物理、定性)	8-1-1 氣體產生 (化學、定性) 沉澱 (化學、定性) 沉澱高度 (化學、定量)	測氣體質量 (物理、定量) 凝固點下降 (化學、定量)
原子的構造				{ 原子核 (質子、中子) } 電子 原子序、質量數	湯木生模型 拉塞福模型 Bohr 模型 原子序、同位素 核反應、核能						