

我國現行 Ch1-12 之物質科學課程及其架構

1-18

謝惠珠

一.前言 |

科學教育的發展要同時顧及科學課程的架構、教材的內容、以及教學方法三者的互相配合，才能達到預期的目標，而其中科學課程的架構是否合適更是首先面臨考驗的第一個因素，由九年國民教育到三年的高中教育，十二年中課程的安排是否得當，關係著整個科學教育的教與學的內容與活動。也就成為科學教育能否順利發展的一個重要的指標與量尺。

我國現行 1-12 之物質科學課程分為三個階段，第一個階段為 1-6 即國民小學階段，這一階段的課程設計目標以探討自然現象為主，其課程主要分為：(一) 物質與能(二)生命現象(三)地球環境等三個領域，內容包含有：

- 1.溫度與熱
- 2.物質狀態
- 3.物質的性質
- 4.光合作用
- 5.環保

第二個階段為 7-9 即國民中學階段，根據課程標準的規定，國中理化課程仍在國中二、三年級開設，為共同必修科，另外為適應學生個別差異，得開設選修科。其共同必修科屬於物質科學的課程內容包含：

- 1.緒論
- 2.水與空氣
- 3.物質的變化
- 4.粒子概念
- 5.活性 反應速率
- 6.酸與鹼
- 7.電池與電解
- 8.功與能。

另外還有選修教材，內容可分為：

- 1.實驗活動入門
- 2.溫度與熱
- 3.元素與化合物
- 4.原子量分子量與莫耳
- 5.空氣

- 6.水溶液
- 7.化學反應
- 8.電
- 9.酸、鹼、鹽
- 10.氧化還原。

第三個階段為 10 - 12 即高級中學階段，其中 10 的課程為必修課程，內容分為：

- 1.緒論
- 2.自然界的物質
- 3.物質的形成及其變化
- 4.生活中的能源
- 5.生活中的物質。

11 為高級中學物質科學化學篇，12 為化學選修課程，其架構皆分為：

- 1.物質的構造
- 2.物質的狀態
- 3.物質的變化
- 4.物質的性質

由 1 - 12 的課程內容、主要概念及單元如表一至表五。

表中的國小部分為現行課程及教材內容，國中及高中的部分則為銜接此國小課程的未來課程內容。

表一 國小物質科學現行課程及教材內容

領域	內容	項目	冊 單元	說 明
	1.溫度與熱	使用溫度計測量溫度 熱及高低溫對物質的影響	二. 五	以色紙區分 水蒸發：加熱與否比較 吹風與否比較 表面積與蒸發速
		熱源	五	酒精.電.瓦斯.碳的比較 火焰何處最高溫
			十二	善用能源:煤.石油.天然 氣. 水力.核能.(石油消耗量圖
	2.物質狀態	水沒有一定形態 冰糖.方糖 水隨溫度變化之三態	三 三 十	水隨容器變形狀 物體與物質 操作形定義(不適放在
		水的循環加熱三態變化 蒸發作用蒸散作用	八.十一 十一	五下應更早:三冊) (重覆了加熱三態變化) 加熱不加熱水蒸氣多少比
	3.物質的性質	氣.液.固態	七	較 三態加熱膨脹:金屬環.
		物質佔空間	四八.	溫度計等 空氣佔體積
		空氣可助燃 燃燒速率	四. 七	蠟燭燃燒 蠟燭燃燒
		氣體性質(吹氣及裝製造 之氣體)	十二	氣球上升及下降
		氧與二氧化碳的製造與性 質	九	雙氧水與二氧化錳製氧 線香的實驗 碳酸氫鈉與鹽酸製二氧化 碳 . 二氧化碳與石灰水
		大氣壓 水蒸氣壓力 溶解度	八 三 五	實作 小蘇打.麵粉.粉筆灰.白糖 加水 硼酸的溶解度與溫度關係

		溶解速率	五	硼酸的結晶
			十二	肥皂溶解度觀察 檸檬水.糖水.氨水.酒精等
		溶液的性質(酸鹼中和)	三	以石蕊試紙檢驗 小蘇打.麵粉.粉筆灰.白糖
			十二	與醋的反應(起泡與否)
		溶液的性質與反應	十二	鹽酸與氫氧化鈉
			五	胃酸與小蘇打 不同溶液互相作用的顏色變化 氨水性質(BTB 溴瑞香草藍)
				硫酸銅與酒精.氨水.醋酸的反應
		溶液的擴散作用.密度	六	黑豆水與酒精.氨水.醋酸的反應 不同顏面溶液的密度不同 有色溶液在水中的擴散作用(實驗設計不好,誤導)
		溶液的性質	八	
		金屬與非金屬	七	滲透壓
		鐵生鏽	十二	礦物的認識 鐵在鹽.肥皂水.溴酸.小蘇打.果汁.氨水.鹽酸.糖水中
	光合作用	光合作用	七	生鏽速率之比較 光合作用放出氧 光合作用產生澱粉 澱粉與碘的反應
	環保	空氣污染	十二	
		水污染		
		CO ₂ .CO ₂ 循環	十一	微粒.
		礦物質循環	十一	毒物.細菌
		三圈物質循環	十二	

表二 新編理化教材屬於化學部分擬涵蓋的概念

冊數	項目	單元	主要概念
一冊	1	緒論	基本測量、觀察、基本器材使用
	2	水與空氣	混合物、溶液、質量、體積、固體、液體、氣體、測量、濃度、空氣、氧、水污染、空氣污染、溶解度
二冊	7	物質的變化	物理變化、化學變化、吸熱放熱反應、擴散、質量守恆、反應物與生成物、定比定律
	8	粒子概念	元素、化合物、純物質、原子、分子、化學符號、化學式、化學方程式、靜電、電子、中子、質子、常見元素
	9	活性 反應速率	活性、金屬活性、燃燒、反應快慢
	10	有機化合物	日常生活的有機物、藥物
三冊	13	酸與鹼	電解質、離子、酸鹼鹽、酸鹼中和
	14	電池與電解	電池、電池的化學反應、電解、電鍍
四冊	17	功與能	功、動能、位能、熱能、電能、光能、能的互換、核能、化學能

新編理化選修教材綱要

主題	名稱	主要概念
主題一	實驗活動入門	觀察、發現問題、基本測量能力、認識基本實驗器材 注意安全及廢棄物處理
主題二	溫度與熱	熱平衡、比熱、熱傳播、物質狀態改變
主題三	元素與化合物	元素：分類、規律性、週期性、週期表；化合物： 以實驗說明其組成、原子說、化學式
主題四	原子量分子量 與莫耳	原子量、分子量、莫耳
主題五	空氣	大氣圈、空氣組成、二氧化碳之製備
主題六	水溶液	真溶液與膠體溶液、溶解度、莫耳濃度
主題九	化學反應	粒子現象、反應方程式、反應速率
主題十五	電	電流化學效應
主題十七	酸、鹼、鹽	電解質、pH 值、酸鹼中和
主題十八	氧化還原	以對氧活性大小說明氧化還原反應、設計實驗說明： 燃燒的條件滅火原理火災的防範及逃生方法

表三 Ch10 高一基礎化學教材綱要

主題	內 容 綱 要	應 修 內 容	備 註
緒 論	一.化學 二.化學與生活	物質科學(化學)所研究的對象。 化學家與化學發展史。 化學與工業發展。	
自然 界 的 物 質	一.自然界(地球)的物質 二.水 三.大氣 四.土壤	水質及其淨化、消毒與軟化。 海水中所含的物質、含量、重要資源的提煉及海水的淡化。 水污染的種類、對環境的影響及防治。 空氣中所含的物質。 氣體的性質、製備及反應。 主要的大氣污染及其防治。 土壤中的主要化學成分及其應用。	
物 質 的 形 成 及 其 變 化	一.物質的形成 二.物質的質量	1-20 號元素原子的核外電子排列與元素的性質。 電子點式與簡單化學鍵結概念—離子化合物、分子化合物的形成。 莫耳與簡單的化學計量。	示意圖說明物質的基本鍵結概念而不涉及電子組態。 不涉及氣體及溶液濃度。

	<p>三.物質的性質</p> <p>四.物質的變化</p>	<p>解離、電解質與非電解質的性質。</p> <p>離子沉澱反應。</p> <p>酸鹼中和反應。</p> <p>氧化還原反應。</p> <p>*簡易電解實驗。</p>	
<p>生活中的能源</p>	<p>一.能源簡界</p> <p>二.化石能源和燃燒熱</p> <p>三.化學電池</p> <p>四.其他的能源</p>	<p>化學反應熱、熱化學反應式、燃燒熱、吸熱、放熱。</p> <p>煤、汽油、柴油、天然氣、液化石油氣等熱值的比較。</p> <p>石油的分餾及其主要產物的用途。</p> <p>95、92 汽油。</p> <p>乾電池、水銀電池、鉛蓄電池、鎳鎘電池等之性能及廢棄問題</p> <p>* 簡易電池。</p>	<p>不涉及熱化學反應的計算。</p> <p>僅以電池結構示意圖說明簡單原理</p> <p>不涉及半反應式。</p> <p>核能部分與物理教材相銜接。</p>
<p>生活中的物質</p>	<p>一.食品與化學</p> <p>二.衣料與化學</p>	<p>糖與蛋白質的成分與營養價值。</p> <p>茶與咖啡的成分與對人體的影響。</p> <p>植物纖維、動物纖維合成纖維等衣料。</p> <p>肥皂及清潔劑所涉及的化學成分及去污原</p>	<p>僅結構示意圖而不涉及複雜的化學式及化學結構及反應機構。</p>

表四 C11 高二物質科學化學篇教材綱要

主題	內容綱要	應修內容	備註
物質的構造	一.原子的結構	原子軌域與能階。 電子組態構築法則。 庖立不相容原理。	不涉及量子力學 與量子數等抽象 觀念，只討論 s、 p 軌域。
	二.元素與週期	元素原子結構的規律性、元素週期表、元素的分類。	1-36 號元素的核 外電子的排列及 一般的性質—同 族性及週期性。不 涉及游離能、電子 親和力及電負 度。
	三.物質的形成	週期表上元素原子之間形成 離	
	四.碳化合物的構造	子鍵、共價鍵、金屬鍵等的規 律性。 IV 族典型元素—碳—的鍵結 飽和烴-烷烴。 不飽和烴-烯烴、炔烴、芳香烴 *有機物熔點的測定。	不涉及配位鍵及 分子間的作用 力。 僅說明常見烴類 的結構及其性 質。
物質的狀態	一.物質的狀態變化	粒子的運動模型、物質的三 態。	
	二.氣體的性質	波以耳定律、查理定律。 絕對溫度、理想氣體方程式。 莫耳分率與分壓定律。 氣體的擴散的應用。 *氣體的壓力、體積、溫度。 *氣體的擴散。	不涉及氣體動力 論。
	三.溶液的性質	常用濃度的表示法及溶解度 的計算。亨利定律。 離子的沉澱、分離、確認 *溶液中的離子反應。	僅討論 M、m、%、 ppm 而不涉及 N 濃度。

物質的變化	一.化學反應	質量守恒。 化學反應中的質量及能量關係、赫士定律。	僅涉及生成熱及燃燒熱。
	二.化學反應速率	活化能、活化錯合物。 由實驗數據歸納出零-二級反應。 *秒錶反應。	不涉及瞬間反應及其反應機構。
	三.酸與鹼	電解質的基本性質。 酸鹼的實驗定義與阿瑞尼士、 布-羅酸鹼學說。 解離常數及 Kw。 酸鹼指示劑。酸鹼滴定。 *酸鹼滴定。	
	四.氧化與還原	氧化還原的概念。常用的氧化劑與還原劑及其用途。氧化數的概念、氧化還原反應式的平衡。 氧化、還原滴定原理與簡單的計算。 *氧化還原反應。 *氧化還原滴定。	不涉及電位計算。
	五.加成與取代	飽和烴的反應。 不飽和烴的反應。 *烴的製備與其性質。	僅簡介碳鏈的基本反應及其應用 簡述稀有氣體的發現。常見的非
物質的性質	一.非金屬元素的性質	氫氣和稀有氣體的性質、製取與其用途。 鹵素、硫、氮、磷、碳、矽。	金屬、金屬及其化合物的特性與用途。
	二.金屬元素的性質	鈉、鉀、鈣、鋁、錫、鉛、銅、銀、鐵及其重要化合物的化合製備、性質、用途、合金的性質與應用、開金、鋁合金、鋼。	不對金屬離子作系統化的整理。 不涉及錯離子。

表五 Ch-12 高三選修化學教材綱要

主題	內 容 綱 要	應 修 內 容	備 註
物質的構造	一.元素的特性	游離能、電子親和力及電負度。	只討論 s、p 軌域。不涉及 d、f 軌域的電子空間分佈及鍵偶極矩的計算。
	二.分子的結構	共價鍵-同核或異核雙原子、多原子等分子結構。鍵極性、分子極性分子幾何形狀及混成軌域。 *分子模型的探討。	
	三.晶體的結構	分子晶體及其結構與特性的關係。 分子間作用力、氫鍵。 共價網狀晶體及其結構與特性的關係。 金屬晶體的結構與特性的關係。	不涉及分子間作用力的定量計算。 不涉及晶型的探討及晶體格子能及容積率的計算。
物質的狀態	一.物質的狀態與性質	飽和蒸氣壓、沸點、熔點、昇華、相對濕度。	
	二.溶液的狀態與性質	膠體溶液及其應用。 溶液的依數性質 理想溶液 *溶液凝固點下降之測定	
物質的變化	一.化學平衡	化學平衡的動力性、影響化學平衡的因素。 勒沙特列原理。 K _p 與 K _c 溶度積常數、同離子效應。 *平衡常數的測定。 *溶解度與 K _{sp} 。	不涉及複平衡。

物質的性質	二.水溶液中的平衡	<p>酸鹼強度(K_a)(K_b)</p> <p>多質子酸的解離。</p> <p>同離子效應。</p> <p>鹽的種類與命名、鹽的水解。</p>	不涉及水解常數的計算。
	三.電池與電解電鍍	<p>金屬離子化傾向之大小、電化電池。</p> <p>電位與電池電壓。</p> <p>蓄電池、燃料電池的電極反應。</p> <p>電解電鍍、法拉第電解定律的應用。</p> <p>* 電解與電鍍、無電極電鍍。</p>	高一不涉及半反應式而高三則以半反應式說明。
	一.有機化合物	<p>有機化合物組成、結構、官能基。</p> <p>有機化合物的特性與分類及命名。鹵化烴、醇、酚、醚、酮。</p> <p>有機酸、酯、油脂、胺與鹽胺。</p> <p>*官能基性質的探討。</p> <p>*有機合成</p>	不對金屬離子作系統化的整理。不涉及錯離子。
二.聚合物	<p>聚合物的定義、聚合反應。</p> <p>常見天然聚合物—糖類、蛋白質、天然橡膠等。</p> <p>合成纖維、合成橡膠、離子交換樹脂、合成橡膠、塗料及接著劑。</p> <p>*天然聚合物性質的檢驗。</p> <p>*合成聚合物的製備。</p>	僅以結構示意圖說明其結構及性質。	

1-12 國小、國中、高中三階段物質科學(化學) 教材內容之相關

領域	內 容	高中 (11-12)	高中 (10)	國中 (7-9)	國小(1-6)
物質的結構	<p>原子的結構</p> <p>元素的特性</p> <p>分子的結構</p> <p>元素與週期</p> <p>晶體的結構</p> <p>物質的形成</p> <p>碳化合物的構造</p>	<p>原子軌域與能階。</p> <p>電子組態構築法則。</p> <p>庫立不相容原理。</p> <p>游離能、電子親和力及電負度。</p> <p>共價鍵-同核或異核雙原子、多原子等分子結構。</p> <p>鍵極性、分子極性分子幾何形狀及混成軌域。</p> <p>*分子模型的探討。</p> <p>元素原子結構的規律性、元素週期表、元素的分類。</p> <p>分子晶體及其結構與特性的關係。</p> <p>分子間作用力、氫鍵。</p> <p>共價網狀晶體及其結構與特性的關係。</p> <p>金屬晶體的結構與特性的關係。</p> <p>週期表上元素原子之間形成離子鍵、共價鍵、金屬鍵等的規律性。</p> <p>IV 族典型元素—碳—的鍵結</p> <p>飽和烴-烷烴。</p> <p>不飽和烴-烯烴、炔烴、芳香烴</p> <p>*有機物熔點的測定。</p>	<p>1-20 號元素原子的核外電子排列與元素的性質。</p> <p>電子點式與簡單化學鍵結構</p> <p>念—離子化合物、分子化合物的形成。</p> <p>莫耳與簡單的化學計量。</p>	<p>元素、化合物、純物質、原子、分子、化學符號、化學式、化學方程式、靜電、電子、中子、質子、常見元素</p> <p>質量守恆、反應物與生成物、定比定律</p> <p>@元素分類、規律性、週期性、週期表；化合物：以實驗說明其組成、原子說、化學式 原子量、分子量、莫耳</p>	

*為實驗 @為國中選修教材

<p>物質的狀態</p>	<p>物質的狀態變化 氣體的性質 溶液的狀態性質</p>	<p>粒子的運動模型、物質的三態、飽和蒸氣壓、沸點、熔點、昇華、相對濕度、波以耳定律、查理定律。 絕對溫度、理想氣體方程式。莫耳分率與分壓定律。 氣體的擴散的應用。*氣體的压力、體積、溫度。 *氣體的擴散。 常用濃度的表示法及溶解度的計算。亨利定律。 離子的沉澱、分離、確認 *溶液中的離子反應。 膠體溶液及其應用。 溶液的依數性質。 理想溶液。 *溶液凝固點下降之測定</p>	<p>空氣中所含的物質。 氣體的性質、製備及反應。 主要的大氣污染及其防治。 水質及其淨化、消毒與軟化。 海水中所含的物質、含量、重要資源的提煉及海水的淡化。 水污染的種類、對環境的影響及防治。 土壤中的主要化學成分及其應用。</p>	<p>固體、液體、氣體 物理變化、化學變化、比熱、熱傳播、物質狀態改變 擴散、 @大氣圈、空氣組成、二氧化碳之製備 空氣、氧、水污染、空氣污染、 混合物、溶液、質量、體積、測量、濃度、 溶解度 @真溶液與膠體溶液、莫耳濃度</p>	<p>熱源、使用溫度計測量溫度。熱及高低溫對物質的影響 物質佔空間。 氣、液、固態 空氣可助燃。 氣體性質。氧與二氧化碳的製造與性質 大氣壓。水蒸氣壓力 空氣污染、水污染 CO₂、CO₂ 循環礦物質循環 三圈物質循環 溶解度 溶解速率 溶液的性質與反應 水沒有一定形態 冰糖、方糖 水隨溫度變化之三態 水的循環加熱三態變化 蒸發作用蒸散作用 溶液的擴散作用、密度 溶液的性質</p>
<p>物質的變化</p>	<p>化學反應 化學反應速率 化學平衡</p>	<p>質量守恆。化學反應中的質量及能量關係、赫士定律。 活化能、活化錯合物。 由實驗數據歸納出零、二級反應。 *秒錶反應。 化學平衡的動力性、影響化學平衡的因素。 勒沙特列原理。 K_p 與 K_c</p>	<p>解離、電解質與非電 化學反應熱、熱化學反應式、燃燒熱、吸熱、放熱。</p>	<p>@粒子現象、反應方程、 @反應速率 反應快慢 熱平衡、 吸熱放熱反應 能、光能、能的互換、核能、化學能</p>	<p>光合作用 燃燒速率</p>

性質	<p>金屬元素的性質</p> <p>有機化合物</p> <p>聚合物</p>	<p>鹵素、硫、氮、磷、碳、矽。</p> <p>鈉、鉀、鈣、鋁、錫、鉛、銅、銀、鐵及其重要化合物的化合製備、性質、用途，合金的性質與應用、開金、鋁合金、鋼、有機化合物組成、結構、官能基。有機化合物的特性與分類及命名。鹵化烴、醇、酚、醚、酮、有機酸、酯、油脂、胺與鹽胺。</p> <p>*官能基性質的探討。</p> <p>*有機合成</p> <p>聚合物的定義、聚合反應。</p> <p>常見天然聚合物—糖類、蛋白質、天然橡膠等。</p> <p>合成纖維、合成橡膠、離子交換樹脂、合成橡膠、塗料及接著劑。</p> <p>*天然聚合物性質的檢。</p> <p>*合成聚合物的製備。</p>	<p>煤、汽油、柴油、天然氣、液化石油氣等熱值的比較。</p> <p>石油的分餾及其主要產物的用途。95、92 汽油。</p> <p>*日常用品之製備而(合成反應)。</p> <p>糖與蛋白質的成分與營養價值。</p> <p>植物纖維、動物纖維。合成纖維等衣料。</p>	<p>日常生活的有機物、藥物</p>	
生活中的物質及其他			<p>茶與咖啡的成分與對人體的影響。</p> <p>肥皂及清潔劑的化學成分及去污原理與其對環境的影響。</p> <p>常用塑膠、玻璃、陶瓷與磚瓦的成分、性質及其應用</p> <p>介紹常用胃藥、消炎劑、及止痛劑。</p> <p>認識香煙、大麻、安非他命及海洛因。</p>	<p>基本測量、觀察、基本器材使用</p>	

由上述的相關課程架構，我們可以歸納出下列幾點：

一、國小、國中、高中三階段物質科學(化學)教材內容之漸進性。

國小完全沒有關於物質的結構方面的內容，這是很合理的，因為較為抽象的原子、電子的理論或知識對幼小的孩子是不合適的。因此國小的課程架構較偏重於物質的狀態，討論一些相的變化及物質的性質。

國中則延續對物質狀態的討論，並增加物質的變化；也就是化學反應的認識。並有了簡單的實驗基本技巧的訓練。國小及國中在有機化學方面則內容較少。即使有也不涉及化學式或結構式。

高中階段的高一為共同必修，一者銜接國中的內容，再者為適應不準備念理科的高一同學，增加較多與生活有關的化學課程內容。整體來說，由 1- 12 的安排是相當具備了適應性與漸進性。

二、國小、國中、高中三階段物質科學(化學)教材內容之重疊性。

例如在物質的結構部分，國中已有了原子、分子、化合物的認識，在選修課程方面更有了週期率、元素分類、原子量、分子量、莫耳的內容，而在高一仍有元素的性質、離子化合物、分子化合物的形成與國中成螺旋狀的重疊。另外增加元素的核外電子的排列及簡單化學計量與莫耳計算。

又如在物質的狀態部分，由國小、國中、到高中三階段，討論的皆是氣體的性質、製備、大氣、水、水溶液、空氣污染、水污染、溶解度、濃度等問題，其重疊性更高，如何避免重複則是特別需要注意的。

三、國小、國中、高中三階段物質科學(化學)教材內容之重複性。

單就國小部分而言，已有相當的重複，例如關於水的三態變化，在四、十、十一冊皆出現，而且是完全相同的概念並不是漸次深入的內容。又如氣體的性質的實驗及內容，在四、七冊有相同的重複。至於不同階段的重複；國小的氧氣製備與性質，用的是二氧化錳與雙氧水的反應並以線香檢驗氧氣。以碳酸氫鈉與鹽酸反應生成二氧化碳並以石灰水檢驗二氧化碳。而國中的新編教材仍為此方法，甚至到高中的氣體性質的製備仍為同一器材，如此非但減低學生學習的興趣，也浪費資源。

結論與建議：

- 一、我國現行 1-12 之物質科學課程及其架構，基本上是符合漸進式的、重疊式的、螺旋式的原則，但因分不同階段，由不同的作者分別根據課程及其架構去編輯教材；導致各階段的內容有不當的重複。基於高階教材禮讓低階教材的理念，作者在編輯前應就前一階段的教材內容作一深入的研究，避免雷同。例如前述的氧氣的製造；國小可用大量筒實驗，以雙氧水與清潔劑(如沙拉脫)的溶液中加少許碘化鉀反應，以線香檢試氧氣，具趣味性 & 安全性，而國中則以雙氧水與二氧化錳於錐形瓶中反應生成氧氣，一則學習使用玻璃儀器的裝置，並學習排水集氣法收集氧氣的方法。高中則可使用硬試管中強熱氯酸鉀與二氧化錳的方法製造氧氣，其實驗技巧則有漸次提高的意義。
- 二、課程的架構因為分由不同階段的研究者所提出，仍難免有不完全一貫的缺失，本身既已不夠完整，再經由不同的人去編輯不同階段的教材，就很難能有一套十二年一貫的理想教材了。
- 三、建議採用專業的研究組群，以全天候的專職方式，利用一段較長時間的分析、研究，去擬定課程架構，甚至編出一套造福全民的教材，其費用絕不會高於以往聘請雖優秀卻是業餘的專家所需的費用。