

中小學科學概念統整與發展（數學科）

李虎雄、王建都

本研究的主題包括排列組合、機率與統計、微積分與三角。

機率與統計涉及隨機的概念，抽象不易瞭解，因此在國民小學到高中階段概念的詮釋宜由具體到抽象，由淺顯到深入。排列組合的概念在國民小學、國民中學階段運用一般的方法求其方法數，而不區分是排列或組合，各種排列組合的方法在高中才加以介紹。

微積分數列與函數的極限概念宜由具體而直觀的例子來詮釋， ϵ 、 δ 的抽象化定義則到大學時始引進。導數的定義，它的幾何意義與在物理上的意義，有助於了解導數的概念。定積分利用上和、下和定義，積分的基本定理在微積分概念的發展亦甚為重要。

領域	主題	概念	程度	概念內容
機率	機	樣本空間	國小	以擲一個或二個硬幣、骰子或自袋中取球，說明其可能出現的所有的各種情形。
			國中	以擲一個或二個硬幣、骰子或自袋中取球，說明其可能出現的所有的各種情形，另外亦以擲圖釘、火柴盒說明其可能出現的情形。
			高中	一項試驗所有可能發生的結果所形成的集合叫樣本空間。樣本空間中的每一個元素（即每一可能發生的結果）稱為一個樣本點或簡稱為樣本。

領域	主題	概念	程度	概念內容	
機率	機	機率定義	國小	擲硬幣很多次或自袋中取球很多次，利用相對次數比值，詮釋機率的定義。	
			國中	1.以擲硬幣、骰子很多次，由相對次數比值來定義機率。 2.若一試驗的每一種可能發生的情形發生的機會都相等，則以古典的機率定義事件發生的機率。	
			高中	只考慮各基本事件出現的機會均等的情形，定義一事A發生的機率。 $P(A) = \frac{n(A)}{n(S)}$ 其中n(A)與n(S)分別表示A與S之元素個數。	
	率	率	亂數表	國中	利用亂數表進行抽樣。
				高中	1.利用亂數表抽取的樣本為隨機變本。 2.利用亂數表來模擬隨機試驗。
	排列組合	排列	排列組合	國小	1.擲一枚硬幣會出現的情形。 2.擲一枚五圓硬幣和壹元硬幣會出現的情形。不提排列、組合這兩個術語。
國中				利用樹狀圖求一試驗的所有可發生的情形的總數，不刻意區分何者是排列何者是組合。	
高中				1.從n個事物中，選取m件，並排定次序。排列常因問題本質上的不同而有各種不同的型態。 2.從n個不同物件中，每次取m個不同物件為一組，同一組內的物件若不計較其前後順序，每一組叫一種組合。 3.能區分是排列或組合，並會使用適當的排列或組合的方法求出排列或組合方法數。	

領域	主題	概念	程度	內容
統計	資料整理	次數分配	國小	以日常生活中的具體事例蒐集得的資料，求次數分配及畫次數分配長條圖。
			國中	爲了解事務蒐集到的大量資料常是雜亂的，必須做適當的整理，才比較容易了解這些資料。 資料的分組時，提示組距，整理得次數分配表，及畫次數分配長條圖、次數分配直方圖、次數分配折線圖。
			高中	蒐集來的原始資料常是一堆複雜混亂無系統的資料，必須加以整理使之簡單化、系統化以便於做統計分析。 編製一次數分配表係依下列步驟：求全距、定組數、定組距、定組限、歸類畫記、計算次數。也討論組數多寡，組距、組限、組中點等選定的原則。整理後之次數分配表可據以畫次數分配直方圖，求累積次數分配表或圖。
	資料整理	相對次數分配與相對累積次數分配	國中	次數分配表中再求出每組個數占總個數的百分率即得相對次數分配表。 據此可畫相對次數分配直方圖、相對次數分配折線圖、相對累積次數分配折線圖。
統計	集中趨勢	算術平均數	國小	兩個以上同類數量等分，即總和除以個數得平均數。
			國中	算術平均數就是一組資料數值的總和除此群資料的總數的值，常用它來顯示整個資料的集中趨勢。
			高中	算術平均數的意義，未分組資料及分組資料算術平均數的算法，算術平均數的特性。推廣的加權平均數。
		中位數	國中	一群數值資料由小而大排列，居中的數值即爲中位數。資料奇數個時，中位數爲中央的數值，資料偶數個時，中位數爲中央兩個數值的平均值。資料中有極端值時，有時中位數較平均數能表示出整組資料特性。

領域	主題	概念	程度	內容
統計	集中趨勢	中位數	高中	1.將一群數值資料按其大小順序排列後，位置居中的數稱為中位數。 2.未分組資料及分組資料中位數的求法。
		眾數	國中	一群值資料中出現次數最多數值為這群資料的眾數。於一群數值資料特別集中於某一數值時，眾數較有意義。
	抽樣	抽樣	國中	利用亂數表抽樣的方法。
			高中	介紹常用的抽樣方法：簡單隨機抽樣、系統抽樣、分層隨機抽樣、部落抽樣。
	差異量數	全距	高中	一群數值資料中，最大數與最小數之差稱為全距，全距之求法及特性。
		四分位差	高中	第3四分位數與第1四分位數的差的二分之一即為四分位差。未分組與分組四分位差的求法及其特性。
		標準差	高中	一群數值資料中各項數值與平均數差之平方的平均數即為變異數，而變異數的平方根為標準差。未分組與分組資料的標準差的求法及其性質。
		變異係數	高中	兩組或兩組以上的資料的差異，單比較標準差的大小是不夠的，需要一種相對的測度值作為比較的標準。變異係數就是一種相對的測度值，其定義如下： $\text{變異係數} = \frac{\text{標準差}}{\text{算術平均數}} \times 100\%$

領域	主題	概念	程度	概念內容
統計	相關	相關係數	高中	<p>相關係數：</p> $r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{n - S_x S_y}$ $= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}}$ <p>說明：為何公式如此定義可界定直線相關的大小。</p>
		條件機率	高中	條件機率的意義，求法。貝士定理。
機率	率	獨立事件	高中	由條件機率的觀念，導引出兩事件獨立的定義，進而界定三個事件或三個以上的事件獨立的定義。
		期望值	高中	事件的數學期望值與試驗的數學期望值。
微積分	極限	數列極限	高中	<ol style="list-style-type: none"> 1. 數列 $\langle a_n \rangle$，當 n 愈來愈大時，a_n 會很接近 a，則稱數列 $\langle a_n \rangle$ 的極限是 a；當 n 愈來愈大時，a_n 會比任何數都大，則稱數列 $\langle a_n \rangle$ 趨向無限大；當 n 愈來愈大時，a_n 小於 0，且絕對值會比任何數都大時，則稱數列 $\langle a_n \rangle$ 趨向負無限大；除上述三種情形外，數列無法趨向任何值。 2. 會利用上述定義求數列的極限。 3. 了解數列極限的四則運算，及利用它來求數列的極限。

領域	主題	概念	程度	概念內容
微積分	極限	函數的極限	高中	1.對於函數 $f(x)$ ，當 x 很接近 a 時， $f(x)$ 就很接近 l ，就稱 x 趨近 a 時，函數 $f(x)$ 的極限是 l ，如果沒有一個具有上述性質的數 l ，則稱 x 趨近 a 時，函數 $f(x)$ 沒有極限。 2.會利用上述定義求函數極限。 3.了解函數極限的四則運算，及利用它來求函數的極限。
	微分	導數、導函數	高中	1.了解函數 $f(x)$ 在 $x=a$ 處的導數 $f'(a)$ 的意義： $f'(a) = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x) - f(a)}{x - a}$ 2.了解導數 $f'(a)$ 在幾何上表 $y=f(x)$ 圖形上點 $(a, f(a))$ 的切線的斜率。 3.了解導數在物理上的意義。 4.了解導函數的意義。 5.會求導數或導函數。 6.了解 $\frac{d}{dx} x^r = rx^{r-1}$ 對於任何實數 r 均成立。 7.了解導數的四則運算。 8.知道三角函數、多項函數、指數函數、對數函數的導函數的求法。
		連鎖法則	高中	1.了解連鎖法則： $f(x)$ 與 $g(x)$ 為可微分函數，則合成函數 $g \circ f$ 也是可微分函數，且 $(g \circ f)'(x) = g'(f(x)) f'(x)$ 。 2.會利用連鎖法則求合成函數的導函數。
	導數的應用	遞增函數與遞減函數	高中	1.若 $x_1 > x_2$ 則 $f(x_1) > f(x_2)$ ，稱 f 為遞增函數，若 $x_1 > x_2$ 則 $f(x_1) < f(x_2)$ ，稱 f 為遞減函數。 2.若 $f(x)$ 在 (a, b) 內每一點的導數都是負數，則在區間 (a, b) 上， $f(x)$ 是遞減函數。 3.若 $f(x)$ 在 (a, b) 內每一點的導數都是正數，則在區間 (a, b) 上， $f(x)$ 是遞增函數。

領域	主題	概念	程度	概念內容
微積	導數的應用	極大值、極小值	國中	1.利用配方法求二次函數的最大值或最小值。
			高中	1.了解最大值、最小值、相對極大值、相對極小值的意義與區別。 2.了解函數 $f(x)$ 在 $x=a$ 處有極大值或極小值，而且 $f(x)$ 在 $x=a$ 處可微分，則 $f'(a)=0$ 。 3.了解函數 $f(x)$ 的極大值與極小值可能出現在下面這些點： (1)滿足 $f'(a)=0$ 的點 a 。 (2) $f(x)$ 不可微分的點。 (3) $f(x)$ 的定義域的端點。 4.若 $f(x)$ 在 a 點附近可微分，且 $f'(a)=0$ 則可利 $f'(x)$ 在 a 點左右的正負，判定 $f(x)$ 在 $x=a$ 是極大或極小。
	曲線的切線	切線	國中	1.直線 L 與圓 O 只交於一點 P 時，稱 L 為圓 O 的切線， P 點為切點。
高中			1.若 $f(x)$ 為一函數， $P(a, f(a))$ 是 $y=f(x)$ 的圖形上的一點，而 $Q(x, f(x))$ 是圖形上任意一點，但 $Q \neq P$ ，割線 PQ 在 Q 點沿著 $y=f(x)$ 的圖形逐漸向 P 點靠近，割線 PQ 的極限直線存在時就稱極限直線是函數 $f(x)$ 在 $x=a$ 處的切線。 2.圓錐曲線上點 $(a, f(a))$ 的切線求法，可先求切線斜率 $f'(a)$ ，而得切線方程式為 $y=f(a)+f'(a)(x-a)$	
分	面積	面積	高中	1.若 $f(x)>0$ ，則由 $y=f(x)$ ， $x=a$ ， $x=b$ ($a<b$)與 X 軸所圍成區域的面積為上和或下和的極限。 3.若 $f(x)$ 與 $g(x)$ 是定義在閉區間 $[a, b]$ 上的函數，而且在 $[a, b]$ 上， $f(x) \geq g(x)$ ，則 $y=f(x)$ ， $y=g(x)$ 的圖形與直線 $x=a$ ， $x=b$ 所圍成區域的面積為 $\int_a^b (f(x)-g(x)) dx$

領域	主題	概念	程度	概念內容
微積分	積分	定積分	高中	1.定積分定義為上和與下和有共同的極限時的極限。 2.利用定義求定積分。 3.定積分的性質。 4.了解微積分學基本定理。
		微積分學基本定理	高中	1.若函數 $f(x)$ 在區間 $[a, b]$ 上連續，並令 $g(x) = \int_a^x f(t)dt$ ， $a \leq x \leq b$ 則 $g(x)$ 為可微分函數，而且 $g'(x)=f(x)$ 。 2.若函數 $f(x)$ 在區間 $[a, b]$ 上連續而 $h(x)$ 是 $f(x)$ 的任意一個反導函數，則有 $\int_a^b f(x)dx=h(b)-h(a)$ 。
三角	三角函數	三角函數	國中	銳角三角函數，三角函數的倒數關係、商數關係、平方關係、餘角關係，三角函數值表。
			高中	銳角、廣義角三角函數，三角函數的例數關係、商數關係、平方關係、餘角關係，三角函數值表，三角函數圖形。
	三角測量	三角測量	國中	有關直角三角形角度邊長關係的問題。
			高中	利用三角形邊、角關係，解決有關測量問題。
	三角函數的性質	三角函數的性質	高中	和角、倍角和半角公式，和與積互化公式，正弦、餘弦函數的疊合。
	棣美弗定理	棣美弗定理	高中	複數 n 次方，複數的 n 次方根。

中小學科概念統整與發展（物理科）

褚德三、沈青嵩

現行課程標準已實施將近十年，教育部正著手修訂中小學新課程標準，緊接著就是配合新課程標準的教材編寫，從國小的自然、國中的理化到高中的物理，概念如何縱橫連接是個非常值得研究的物理教育課題。以往教科書編寫常依據教育部的課程標準，做橫的連結，縱的連貫性常被忽略，例如光的反射從小學、國中到高中，課程標準均有規範，但到達小學應該學到什麼層次，國中又如何？高中又該如何銜接，使學生可以在既有的經驗及配合學習心理的發展下，做有系統的加深學習，其他如力的概念也是。

有鑑於概念發展在各級中小學如何銜接，應學習至何程度，不但對教科書編寫極具參考價值，尤關乎學生學習物理的興趣及程度。物理課程研究成員在科教中心支持下，對數個較具代表性領域下的主題做初步的探討，以為有興趣者之參考。分別在力學的動力學、熱學的熱現象、光學的反射、折射現象及電磁學的直流電路做為例子，嘗試做些概念發展的初步討論，希望拋磚引玉，共謀物理課程之發展，以嘉惠學子。

(一)力學、熱學

領域	主題	概念	程度	概念內容
力學	動力學	力	國小	1.要改變物體的形狀就需要力。 2.作用的力越大，則物體形狀的改變就越多。 3.以手捏一乾海棉，海棉的形狀會改變。若手鬆開，海棉即會回復原狀。因此施以外力，物體會產生形狀的改變。

領域	主題	概念	程度	概念內容
力學	動力	力	國小	<p>4.以手捏海棉，若捏的緊，海棉形狀改變得多，若捏的鬆，則海棉形狀改變得少。因此物體形狀改變的多少，與物體受到的外力大小有關。</p> <p>5.以手撥弄靜止的皮球，球即會開始運動。以手擋住在桌面滑動的小木塊，木塊即會停止，或改變行走的方向。因此力可以改變物體運動的情形，也就是要改變物體的運動狀態，需有力的作用。</p>
			國中	<p>1.力可使物體產生形變及使物體運動態發生改變。</p> <p>2.利用彈簧可以量度力。</p> <p>3.彈簧伸縮的長度與所施力的量值（大小）成正比。</p> <p>4.物體不受力作用，則可以保持原有的運動態，即物體原來若靜止，即可維持靜止狀態，物體原來若運動，則必沿直線作等速度的運動。</p> <p>5.物體若受力則會產生運動態的改變，因而產生加速度。加速度的方向與力的方向一致，且加速度的量值（大小）會與力的大小成正比。</p> <p>6.牛頓運動三定律可描述物體的運動情形。利用彈簧對一木塊施力，並利用物體在不同時間可以走完同樣的距離，來決定力與加速度的關係。</p> <p>7.兩個人互以手掌推對方，當以越大的力推對方時，自己受到反推的力就越大。故有作用力即有反作用力，二者大小相等，方向相反。</p> <p>8.當對一物體施力，物體沿施力方向會發生移動時，稱爲此力對該物體作功。若物體雖受力的作用，但卻沒有位移，或物體雖運動，但卻無力作用，這些情形均無作功。</p> <p>9.當物體受力作用，且沿力的方向有了位移，則物體接受了功。此功可以使物體的速度增加，（因而增加了動能），或使物體的位置改變（因而增加了位能），或兩者均俱。</p> <p>10.一個物體具有對他物作功的能力，即稱爲此物體具有「能」，「能」是可以「作功」的物理量。「能」具有很多不同的形式，如熱能、力學能（動能、位能），電磁能、核能……等等。相互間可以轉換且可以與功互換。</p>

領域	主題	概念	程度	內容
力學	動力學	力	國中	<p>11.平常所見的物體若不繼續施力，則其運動速度將逐漸減慢，最後趨為靜止，這是因為物體受有摩擦力的原故。</p> <p>12.有摩擦力的系統，總力學能量會逐漸減少。一系統若沒有摩擦力，則總力學能會維持不變，此稱為力學能守恆定律。</p> <p>13.摩擦力會消耗系統的力學能量，使其變成熟。因此拿一木塊在地面上摩擦，則木塊接近地面的那一表面會發熱。</p>
			高中	<p>1.物體具有慣性，慣性越大，則越不容易改變物體的運動狀態。物體質量越大，其慣性越大。</p> <p>2.物體若不受力，則靜者恆靜，動者恆沿直線作等速度的運動，此即慣性定律，也就是牛頓第一運動定律。</p> <p>3.物體的運動狀態，可用運動量（即動量）來衡量，運動量（動量）的定義為物體的質量與物體的速度的乘積。</p> <p>4.作用物體一個力，可使物體的運動量改變。若一物體不受外力，則其動量將維持不變，此即動量守恆定律。</p> <p>5.若一物體受到外力作用，則此物體的運動量即會改變。物體動量的時變率與所受外力成正比，即</p> $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ <p>，此稱牛頓第二定律。</p> <p>6.若一物體的質量不隨時刻 t 而改變，則當物體受到外力作用時，物體所產生的加速度，會與所作外力成正比。</p> <p>7.一個質點系統，質點間的交互作用力不會影響整個系統的動量。只有外力的作用，才能使系統的總動量發生改變。</p> <p>8.物體受到外力作用時，會使物體在外力作用的方向上產生一個加速度，此加速度的量值與物體所受的外力成正比，而與物體的質量成反比，即 $F=ma$。</p> <p>9.力圖是以圖形顯現不同力作用的情形。</p> <p>10.物體受到作用力，則必還以反作用力，作用力與反作</p>

領域	主題	概念	程度	內容
力學	動力學	力	高	<p>用力量值相等。方向相反，且各施於不同的物體上。</p> <p>11.施於同一物體的兩個量值相等，方向相反的力，並不構成作用力與反作用力的力對。</p> <p>12.一物體若受到力\vec{F}的作用，且產生位移\vec{S}，則定義力\vec{F}對物體所作的功$W=FS \cos \theta$，表示成$W=\vec{F} \cdot \vec{S}$，其中θ為\vec{F}及\vec{S}的夾角。</p> <p>13.施一力於一物體，若物體沿施力方向有位移，則此力對該物體即有作功。</p> <p>14.一個物體若具有作功的能力，即稱該物體具有「能」。</p> <p>15.「能」的形式有很多種，且不同形式的「能」相互間可以互換。</p> <p>16.若一反應有質量的增加或減少，則該反應亦必有能量的輸入或輸出。能量與質量的關係式可表為$E=mc^2$，C為光速。</p> <p>17.在兩物體（質點）的碰撞中，只有相互間的內力作用，而無外力牽涉，故系統的總動量仍維持恆量。</p> <p>18.碰撞過程中，力學能維持恆量者稱為彈性碰撞，力學能會損失，而轉換成熱量或其它形式的能量者，稱為非彈性碰撞。</p> <p>19.動摩擦力與接觸面積無關，只與正向力有關。靜摩擦力會隨作用力的增大而增加。最大靜摩擦力是拉動物體使之從靜止起動的最小作用力。</p> <p>20.動摩擦力與正向力成正比。即$f=\mu_k N$，μ_k稱為動摩擦係數。</p> <p>21.一系統若無摩擦力的存在，則其動能與位能的總合（力學能）為一恆量，此稱為力學能守恆定律。</p> <p>22.位能包括重力位能及彈簧勢能兩種。</p> <p>23.力學能守恆的系統稱保守系統。</p>
			中	<p>24.恢復係數定義為兩物體碰撞前的接近速度與兩物體碰撞後的分離速度之比值。恢復係數可以用來度量兩物體碰撞是否為彈性。</p>

領域	主題	概念	程度	概念內容
熱學	熱現象	熱量	國中	<p>1.量度物體的冷熱不能單靠每個人的感覺。</p> <p>2.溫度計可以用來量度物體的溫度。</p> <p>3.溫度計的兩種標示，即華氏度（°F）及攝氏度（°C）之間的關係為 $^{\circ}\text{C} = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{F} - 32)$。</p> <p>4.溫度計是利用水銀受熱膨脹的性質設計的，一般物質受熱會引起膨脹，受冷則會發生收縮。</p> <p>5.熱量是表示熱能的多寡，熱能則是能量的一種形式。</p> <p>6.熱量的單位是「卡」，「一卡」的熱量是把1克的水溫度升高1 °C時所需輸入的熱。</p> <p>7.把1克的物質的溫度升高一度攝氏所需輸入的熱量稱為該物質的比熱。比熱值越大的物質越難改變它的溫度。</p> <p>8.水的比熱為1卡／克°C，其值是常見物質中最大的，因此水很難被改變溫度。</p> <p>9.熱由高溫流到低溫直到整體溫度相等時為止。</p> <p>10.熱量經物體，從高溫傳播至低溫的現象稱為熱傳導。熱傳導是固體傳遞熱量的主要方式。</p> <p>11.熱傳導的快慢與效率與高低溫差的多少，以及傳導熱的物體有關。一般物質中，金屬比較容易傳熱，稱為熱良導體，而石頭、木柴或保力龍等比較不易傳熱，稱為熱不良導體。</p> <p>12.熱的傳播方式除了熱傳導外，尚有熱對流及熱輻射兩種。熱對流是熱量經由氣體或液體流動而隨著傳播的現象。熱輻射是熱量不憑藉任何物質當媒介，而直接傳播的現象。</p> <p>13.熱能可以使物質發生物態的改變。一般的物質具有三種不同的物態。</p> <p>14.由液態變成固態時，物質須放出熱量，由固態變成液態時，物質須吸收熱量。1克物質由固態變成液態時，所吸的熱稱為熔化熱，而由液態變成固態所放出的熱稱為凝固熱。同一物體的熔化熱與凝固熱相等。</p> <p>15.液態物質受熱到達沸點時，會發生微烈的擾動現象，稱為沸騰。一克液體變成汽化所須吸入的熱稱為汽化熱。一克氣體變回液體所須放出的熱稱為凝結熱，對</p>

領域	主題	概念	程度	概念內容
熱學	熱現象	熱量	國	<p>同一物質，其汽化熱等於凝結熱。</p> <p>16.當物質發生物態改變時，溫度並不改變，此時輸入或輸出的熱量是用來改變分子的結構使物質形態發生改變，因此這些熱量稱為潛熱。</p> <p>17.將一比熱為S，質量為M的物質，溫度增加的 t 度所需的熱量，隨著物質質量M的不同而不同，實驗發現，m 越大則所需的熱量越多。若要增為溫度t，則需輸入的熱量也越多。即$H = mst$。</p> <p>18.冰和水共存的溫度稱為冰點或凝固點。水和蒸汽共存的溫度稱為沸點。凝固點及沸點會因壓力的不同而稍有改變，因此壓力鍋內的水可超過100°C，而緊壓0°C下的冰塊，可以讓它熔解。</p>
			中	<p>1.兩物體間達到相同的冷熱程度，可以維持長久不變其溫度者，稱為兩物體間已形成熱平衡。</p> <p>2.將一物體的溫度增減1°C所需輸入或輸出的熱量稱為該物體的熱容量，而將一克物質的溫度增減1°C所需輸入或輸出的熱量，稱為該物質的比熱。比熱越大的物質（如水），越難改變其溫度。</p> <p>3.物體受熱膨脹，遇冷則收縮。物體的熱膨脹可分為線膨脹、面膨脹與體膨脹三種。線膨脹係數定義為在增加單位溫度下，線形的物體所增加的長度與其厚長度（在0°C時的長度）的比值。體膨脹係數定義為每增高一單位溫度，物體體積所增加的值與在0°C時原體積的比值。體膨脹係數約為線膨脹係數的三倍。</p> <p>4.利用物質熱膨脹係數的不同，可以製作雙金屬片溫度控制器之雙金屬片電源控制器。</p> <p>5.熱的傳播現象有三種，即傳導、對流與輻射，熱傳導的熱量時率與高低溫差，及截面積而成正比，而與高低溫處的距離成反比。換言之，熱量傳遞時率與溫度梯度成正比。</p> <p>6.熱傳導的傅利葉公式為</p> $\frac{\Delta H}{\Delta t} = -K \cdot \frac{\Delta T}{\Delta X} \cdot A, K \text{ 稱為熱傳導係數。}$ <p>7.熱對流的熱量時率與熱源的方向，面積及與周圍的溫</p>

領域	主題	概念	程度	概念內容
熱學	熱現象	熱量	高中	<p>差有關，一般熱對流的現象，係發生在氣體或液體中。</p> <p>8.熱輻射的現象不需藉助物質的媒介，其熱量的時變率與該輻射體絕對溫度的四次方成正比。</p> <p>9.熔化熱，凝結熱等均是潛熱的一種，水的汽化熱為539卡/克°C，而水的凝固熱為80卡/克°C。</p> <p>10.一系統若絕熱良好，則系統內任一部分放出的熱必等於其他部分吸收的熱。</p> <p>11.任何物質在任何溫度下，都有一定值的蒸汽壓。環境溫度若改變，則物質的蒸汽壓也隨之改變。</p> <p>12.熱量與力學能間的互換關係，可用焦耳熱功當量表示，$W = JH$，W是力學能，H是熱量，J稱為熱功當量，其值為4.182焦耳/卡。故J乃是欲產生一單位熱量所需輸入的力學功的值。</p> <p>13.理想氣體中每一份子的平均動能與該氣體的溫度成正比。氣體中所有分子的平均動能的總和稱為該氣體的內能。</p> <p>14.輸定量ΔQ的熱於一系統，可使該系統對外作功ΔW，及增加該系統的內能ΔU。即 $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$ 上式稱為熱力學第一定律。</p> <p>15.熱量是一個分子「亂度」的衡量，對一物質輸入越多的熱量，即可使這一物質內的分子的「亂度」越增加。</p> <p>16.（單原子）理想氣體的定容莫耳比熱比其定壓莫耳比熱小。定容莫耳比熱的定義為將一固定體積的一莫耳的（單原子）理想氣體、溫度增高一度攝氏所需輸入的熱量，而定壓莫耳比熱則為將一固定壓力的一莫耳理想氣體，溫度增高一度攝氏所需輸入的熱量。</p>

(二)幾何光學、電磁學

領域	主題	概念	程度	概念內容
幾何光學	光的傳播	1.光的直線傳播	國小	<ol style="list-style-type: none"> 1.以具體實驗說明光的直線傳播，例如小燈泡發光，當有小轉角即看不到光源，但聲音可繞過彎而被聽見。 2.光源無法繞過屏蔽物而被看見。 3.以直線連接點光源與觀察者，使學生具體了解光的直線傳播。
			國中	<ol style="list-style-type: none"> 1.證明光源無法繞過屏蔽而被觀測。 2.以直線連接點光源與觀察者，並以箭頭表示光的傳播方向。 3.討論影的形成以驗證光的直線傳播。 4.分析本影、半影之形成與辨別。
			高中	<ol style="list-style-type: none"> 1.以點光源為中心，以向量給出球面波說明光的直線傳播。 2.說明影的形成以驗證光的直線傳播。 3.辨別分析本影與半影。 4.介紹測量光速的方法，證明光速大小為 $3 \times 10^8 \text{m/s}$。 5.以球面波說明波前的概念。
	光的反射	2.反射定律	國小	<ol style="list-style-type: none"> 1.光可被物體反射。 2.光經平面鏡反射後路徑的觀察。 3.利用平面鏡將強光反射到屏幕或牆上。 4.照鏡子是利用反射的原理。
			國中	<ol style="list-style-type: none"> 1.光遇到光滑平面可產生有規則的反射。 2.平面鏡是最理想的反射面，可觀察入射角等於反射角。 3.反射定律的認識：入射線、反射面之法線及反射線在同一平面上，入射角等於反射角。 4.平面鏡成像作圖法，可預測成像之位置及放大率恰為 1。

領域	主題	概念	程度	概念內容
幾何光學	光的反射		高	1.反射定律的實驗驗證：證明入射線、法線及反射線共平面，反射角等於入射角。 2.平面鏡成像作圖，證明像距等於物距，放大率為1。 3.凹面鏡成像作圖法，焦距的意義。 4.凸面鏡成像作圖法。 5.球面鏡成像之計算含放大率的計算。 6.實像與虛像的分辨。 7.拋物面鏡與探照燈原理。
			中	
	光的折射	1.折射現象與折射定律	國小	1.光遇不同介質進行方向將發生改變稱為折射。 2.將筷子放入盛水的杯內，觀察筷子在交界面的折射現象。 3.日光經稜鏡折射後，可觀察到紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫七種顏色。 4.彩虹的觀賞與簡易解釋。
			國中	1.光遇不同介質將產生折射現象。 2.自然界折射現象之觀察與解釋，如筷子放入水中，在與空氣交界面呈現折斷的現象即為光進行方向改變的證據。 3.白光經稜鏡折射後色散的觀察，特別注意何色光偏折角度較大。 4.入射角及折射角的認識。 5.全反射的舉例說明：光線由水射入空氣中，當入射角大於臨界角時，光線不再折射而發生全反射。 6.虹成因的圖解說明。
			高中	1.光傳播在不同介質之交界面進行方向發生改變而產生折射。 2.折射定律之一入：射線、界面法線及折射共平面。 3.折射率之定義： $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ， i 為入射角， r 為折射角。 4.折射定律之二：斯涅兒折射定律， $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 。 5.視深的說明與計算。

領域	主題	概念	程度	概念內容
幾何光學	光	1. 折射現象與折射定律	高	6. 臨界角的意義與計算。 7. 全反射的產生：光由折射率大之介質射入折射率小之介質，若入射角大於臨界角時將產生全反射。 8. 白光經稜鏡後可產生色散，紫光的折射率最大，紅光最小。 9. 虹與霓形成的分析。
			中	
	折	2. 透鏡成像	國小	1. 觀察凸透鏡將平行光聚集於焦點上。
			中	1. 以實驗方法找出凸透鏡的焦點與焦距。 2. 凸透鏡可將入射光會聚，凹透鏡可將入射光發散現象的觀察。 3. 以作圖法決定透鏡成像位置與像之大小。 4. 實像與虛像的區分。 5. 以作圖法說明放大鏡的工作原理。 6. 近視眼產生的原因係眼球太長或曲光太大致使像落於視神經之前，須配帶凹透鏡，使光線先行發散以茲校正。 7. 遠視眼產生的原因係眼球太短或曲光太小致使像落於視神經之後，須配帶凸透鏡，使光線先行會聚以茲校正。
射		高	1. 以實驗方法找出凸透鏡及凹透鏡的焦點，並了解透鏡焦點之意義。 2. 以作圖法決定凸鏡與凹透鏡成像之位置及特性，並了解其成像之原理。 3. 利用高斯式或牛頓式預測像距像之性質及計算放大率。 4. 放大鏡放大原理之分析。 5. 顯微鏡的顯微放大作圖說明。 6. 望遠鏡工作原理的認識。	
			中	

領域	主題	概念	程度	內容
電 磁 學	直 流 電 路	電壓、電流與電阻	國小	1.電池供給電位差，可使電動玩具動起來。 2.欲使玩具動，電池正負兩極須接妥。
			國中	1.電位差有如水位之高低差，具有電位差可使導體電流流過。 2.乾電池的結構及工作原理：正極為碳棒，負極為梓皮及熔狀電解質。 3.電流為單位時間流過某一截面之淨電荷量。 4.電阻大小為自由電荷流動的難易程度的指標。 5.導體電阻很小，半導體次之，絕緣體電阻極大。 6.對同一電阻器而言，電壓越大，流過之電流成線性比例增大。 7.電壓單位為伏特，電流單位為安培，電阻單位為歐姆。 8.歐姆定律 $V = IR$ 的意義討論及適用範圍。
			高中	1.電池的電動勢即單位電荷通過電池兩端時所具有的電能；在國際單位為伏特，一伏特之電池即一庫倫之電量通過電池正負極時具有一焦耳的電位能。 2.乾電池及鉛蓄電池的結構與工作原理。 3.單位時間通過某導線截面的淨電荷稱為電流，一安培電流即每秒流過一庫倫的電量。 4.金屬的電流係自由電子的流動，一安培的電流相當於每秒鐘淨流過 6.3×10^{18} 個自由電子。 5.一歐姆的電阻即某導體兩端施一伏特之電位差流過之電量恰為一安培時，此導體之電阻為一歐姆。 6.歐姆定律 $V = IR$ 之意義及應用範圍。 7.物質電阻之大小 $R = \frac{e\ell}{A}$ ， ℓ 為長度， A 為截面積， e 稱為電阻率，與物質之特性有關。 8.導電係數與電阻率互為導數。 9.電池電動勢減去電流流過電池內阻所產生電位降後即為該電池所供給的電壓。

領域	主題	概念	程度	內容
電 流 磁 電 學	直 流 電 路	電 路	小	<p>1.電池兩端須與電動玩具接妥，才能使電動玩具動起來。</p> <p>2.使很多電器同時接在電源的正極與負極叫並聯。</p> <p>3.先將電器正極串接負極，一極一極串接後，再接上電源的正負極叫串聯。</p> <p>4.金屬製成的導線可以導電，而可用來連接電路。</p>
			中	<p>1.電源、電阻器等須構成封閉的迴路，電流才能流通。</p> <p>2.電阻器的連接可分為並聯與串聯。以電流視之，電流只有一條通路的，則其間之電阻為串聯；電流有分路則為並聯。</p> <p>3.電阻串聯後的總電阻$R_t = R_1 + R_2 + R_3$，電阻並聯後的總電阻$= \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$。</p> <p>4.家庭電器均為並聯，以維持每個電器的輸入電壓為110伏特（或220伏特）。</p> <p>5.計算迴路總電流，可利用歐姆定律即$I = \frac{V}{R_t}$。</p> <p>6.安培計使用須與電路串聯，伏特計須與欲測之電壓兩端並聯。</p> <p>7.電阻消耗的電功率$P = I^2 R$，故每秒鐘產生的熱量與電流I的平方成正比，當導線電流超過允許之規格時，將因過熱而產生火災等意外，宜加用保險開關。</p> <p>8.電器外殼須接地，以防漏出之電流或堆積之靜電傷害人體，造成意外。</p> <p>9.交流電係輸出電壓及電流隨時間作週期性變化。</p>
			高	<p>1.直流電路須構成封閉迴路，才能產生電流。</p> <p>2.電阻器並聯後之總電阻為$\frac{1}{R_t} = \sum_i \frac{1}{R_i}$ 串聯後之總電阻為$R_t = \sum_i R_i$。</p> <p>3.電路中各分路之電流宜用克希荷夫定律解之，克希荷</p>

領域	主題	概念	程度	概念內容
電學	直	電路	高	<p>夫定律包含兩部分：(a)電路中任一點恆有 $I_{in} = I_{out}$，即流入之電流等於流出之電流。(b)任一迴路 $\epsilon V - \sum IR = 0$。</p> <p>4. 複雜電路為串並混聯，可求出總電阻後，依歐姆定律算出總電流。</p> <p>5. 安培計使用時須與電路串聯，伏特計使用時與欲測之電壓兩端並聯。</p> <p>6. 安培計、伏特計內部結構之比較與工作原理的討論。</p> <p>7. 電阻消耗之電功率 $P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$ 為該電阻兩端之電位差，I 為流過之電流。</p> <p>8. 交流電阻的輸出電壓可用 $V = V_0 \sin \omega t$，電流 = $\frac{V_0}{R} \sin \omega t$ 來表示，我國用交流電源 $\omega = 2\pi f$，f 為 60Hz。</p> <p>9. 電阻產生之熱與電流的平方成正比，不同口徑之導線有不同的電流安全量，超過其負載將因過熱而易生火災等意外。</p> <p>10. 電器使用須注意正負極之規定及電壓規格等，並應於輸入電壓處串接適宜之保險絲等保護裝置，以防內部精密儀器過熱燒燬及意外。</p> <p>11. 電器外殼須接地，尤其高電壓之電器更為需要，接地目的有二：漏出之電流可導入地，堆積之電荷亦可因接地而中和；如此方不致外殼與地產生一電位差，因誤觸而傷害人體。</p>
	磁		中	
	磁	電流產生磁場	國	<p>1. 磁針恆指南北方向。</p> <p>2. 磁針在導線周圍，通電流後磁針的指向受影響。</p> <p>3. 以小鐵釘繞線圈可製成電磁鐵。</p> <p>4. 指導學生，試做直流電動機。</p>
	場		中	<p>1. 磁針在導線周圍，通電流後，磁針受影響，所受影響程度因位置，與所通電流大小有關。</p> <p>2. 以鐵屑置於磁鐵周圍可觀察不同形狀磁鐵磁力線的分</p>

領域	主題	概念	程度	概念內容
電 磁 學	與 磁 力 線	電流產生磁場	國 中	佈情況。 3. 電流產生磁場，磁場方向可用安培右手定則決定之。 4. 載電流螺線管內產生均勻磁場。 5. 電鈴的工作原理主要係利用電磁鐵來工作的。 6. 直流電動機的工作原理主要係載電流的線圈產生之磁場與固定磁鐵之磁場交互作用之故。
			高 中	1. 利用磁針在直流長導線周圍探測，可決定載電流長電線磁力線之分佈。 2. 磁力線的方向即小磁針N極所指的方向，也就是磁場的方向。磁場大小與單位面積通過的磁力線數目成正比。 3. 安培右手定則決定載流長導線磁場之方向，其磁場大小 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ，r為距離。 4. 螺線圈產生之均勻磁場大小為 $B = \mu_0 n I$ ，n為單位長度之圈數，I為所載之電流。 5. 直流、交流電動機工作原理與比較。 6. 帶電流 I 長 ℓ 之導線於磁場中，所受之磁力 $\vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B}$ 。 7. 安培計及伏特計係 N 線圈通電流 I 後，於固定磁場 B 中受力矩 $\vec{\tau} = N I \vec{A} \times \vec{B}$ ，故轉動角度正比於所載之電流 I，式中 A 為線圈之面積。 8. 帶電質點在磁場中所受之力為 $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ ，v 為速度，帶 q 電荷之質點垂直進入均勻磁場中，所受磁力恆為向心力，故質點將做圓周等速率運動。

中小學科學概念統整與發展（化學科）

方泰山、何嘉仁

此次化學概念統整為將國小、國中及高中三階段做一較有系統的整理，並且增加一些較細微的概念。在高中部分，並配合新課程修訂標準的內容，將舊有的概念加以細微化，並增加一些符合新時代與生活相關的環保概念，如開拓工業、發電廠等所可能引發的污染，以提高學生對環保觀念的素養。

領域	主題	概念	概念內容
自然界的物質	空氣	空氣與生物的關係	<ul style="list-style-type: none"> △空氣與人類生活的關係。 △空氣與植物生命的關係。 △ 森林的空氣。 都市的空氣。 早上空氣、晚上空氣。
		空氣的成份	<ul style="list-style-type: none"> △氧氣與氮氣為兩大成分其各占比例。 △空氣的成分會隨著人類社會生活形態及地形的不同而改變。 △有綠色植物的地方或公園或種植樹林之處的氧氣成分增多。 △人口密集地區的氧氣成分減少。 △工業地區的空气成分，常混雜廢氣，對人體及生物皆造成危害。 △環保觀念。
	氣	空氣與燃燒	<ul style="list-style-type: none"> △物質燃燒需要空氣。 △空氣中含有助燃的氣體——氧氣。 △物質燃燒生成CO₂。
		氧氣的性質	<ul style="list-style-type: none"> △氧氣的製造與檢驗。

領域	主題	概念	程度	概念	內容
自然界的物質		二氧化碳的性質			△二氧化碳的製造與檢驗。
	水	水與生物的關係 不可或缺。			△人類日常生活用水情形。 △植物與水的關係。 △水的工業用途，洗滌等。
		溶液			△水會溶解許多物質。 △物質的溶解在溶劑中是有限的。 △溫度下降物質又會被析出。 △水會沖淡東西。 △溶液有濃與淡的關係。
		水質			△飲用水。 △工業用水。 △洗滌用水。 △工業廢水。 △家庭廢水。
		污染			△廢力污染及防治。
		水的三態			△水依溫度範圍可以三種狀態存在，液體水蒸發成氣體水蒸氣液體水凝固成冰。
	礦物	金屬礦物			△地殼中存有很多金屬礦物，如鐵、銅、鋁、銀、金… …等。 △金屬礦物的工業用途。 △人體中存在的一些礦物質。
		非金屬礦物			△地殼中存在的非金屬礦物，如碳、矽、磷、硫等。 △非金屬礦物的工業用途。

領域	主題	概念	程度	概念內容
自然界的物質	化學	酸鹼反應		<p>△日常生活中常喝的果汁、廚房常用的醋、浴室常用的肥皂水與手接觸，體會酸與鹼的不同。</p> <p>△以石蕊試紙或花汁當指示劑，能說出酸與鹼的特性。</p>
	反應	氧化還原反應		<p>△由日常生活中水果、報紙、衣服變色及燃燒等現象，體會氧化還原反應。</p> <p>△了解加熱，含水分、酸性環境都會促進氧化的速度。</p>
物質	物質組成	粒子概念		<p>△物質由粒子所組成。</p> <p>△粒子構成物質的大小尺度。</p> <p>△混合物與純物質區分。</p>
		元素符號及化學式		<p>△定義元素、原子、分子和化合物。</p> <p>△簡述元素及化合物命名。</p>
	物質三態	氣體		<p>△介紹空氣的重要成分，以及氧氣的製造和收集。</p> <p>△介紹二氧化碳的製造及檢驗。</p>
		液體溶液		<p>△以實驗介紹水的組成。</p> <p>△介紹溶液的概念。</p> <p>△介紹飽和的概念（不定義溶解度）。</p> <p>△由實驗觀察溫度和飽和溶液的關係，不做定量計算。</p> <p>△溶液濃度表示法，介紹濃度概念及簡單莫耳濃度概念，百分率濃度等，不做複雜混合溶液濃度計算。</p>
		固體		<p>△固體結構種類，包括分子固體離子固體，及金屬固體等。</p>
金屬元素	主要金屬與其化合物		<p>△日常生活上幾種常見金屬的活性比較。</p> <p>△生成化合物種類及其性質。</p>	

領域	主題	概念	程度	概念內容
物質	非金屬元素	非金屬元素及其化合物		<p>△日常生活上幾種常見非金屬活性比較。</p> <p>△與金屬生成化合物種類及其性質。</p>
原子結構	物質與光的作用	光及光譜		<p>△介紹物質的顏色與光的關係。</p> <p>△以日常生活實例或實驗讓學生瞭解光可引發化學變化。</p>
	原子結構	原子結構		<p>△電子、質子和中子構成的原子模型。</p> <p>△原子量。</p>
化合物	分子結構	分子形成化學鍵		<p>△分子量、分子式。</p> <p>△離子鍵、共價鍵、金屬鍵、氫鍵。</p>
化學反應	氧化	燃燒反應		<p>△一般燃燒反應，氧氣所擔任的角色。</p> <p>△一般鐵生鏽，氧氣所擔任的角色。</p>
	還原	氧化還原反應式寫法		△寫出一般簡單氧化還原反應方程式。
	原反應	電化電池		<p>△一般電化電池介紹。</p> <p>△陽極與陰極在電池中的角色介紹，氧化反應及還原反應。</p> <p>△電池的種類。</p>

領域	主題	概念	程度	概念內容			
化學	酸鹼反應	電解質與非電解質		△介紹電解質的基本性質。			
		酸、鹼、鹽		△以日常生活中常見的物質為例，簡單介紹酸、鹼、鹽。 △酸鹼指示劑的介紹與使用。 △酸鹼中和反應。			
	反應熱	吸熱反應與放熱反應。		△舉例介紹一般吸熱反應，如一般物質溶解等，並可做實驗觀察。 △舉例並做實驗介紹一般放熱反應如酸鹼中和反應等。			
	反應速率	化學反應快慢		△舉例並做實驗介紹一般化學反應的快慢，如何從生成物或反應物消耗的量去判斷或比較反應的快慢。			
		溫度對反應速率的影響		△舉例並做實驗使學生觀察到溫度對反應速率的影響。			
應	化學平衡	平衡概念		△正反應與逆反應速率的平衡現象。			
		平衡移動		△影響平衡因素的介紹，如溫度、濃度等。			
生活	的	遭	的	化學			
					認識週遭生活所接觸到的化學		△日常生活中常用的化學工業製品（含無機與有機化學製品）。
					污染防治		△環保觀念及垃圾分類。 △介紹酸雨，水污染，環境污染（空氣）可加以檢測和防治。
學	學	學	學	學	能源開發與運用		△資源回收。 △能源的開發與節約。 △開源時須注意污染的防治。

領域	主題	概念	程度	概念內容
物質的狀態變化	物質的狀態變化	物質三態 氣體的性質		<ul style="list-style-type: none"> △ 粒子與相的變化。 △ 波以耳定律。 △ 查理定律。 △ 絕對溫標。 △ 理想氣體方程式。 △ 莫耳分率。 △ 分壓定律。 △ 擴散定律。
		溶液的性質		<ul style="list-style-type: none"> △ 溶液濃度的計算及ppm觀念。 △ 溶解度。 △ 亨利定律。 △ 沈澱反應與溶度積。
		溶液的狀態		<ul style="list-style-type: none"> △ 液體蒸氣壓。 △ 相對溫度。 △ 外壓與沸點。 △ 拉午耳定律。 △ 溶液依數性。
元素與化合物	元素與化合物	週期表分類		<ul style="list-style-type: none"> △ 金屬元素。 △ 非金屬元素。 △ 過渡元素（含d軌域元素）。
		烴類		<ul style="list-style-type: none"> △ 飽和烴，不飽和烴。 △ 鹼烴。
		烴的衍生物		<ul style="list-style-type: none"> △ 醇類。 △ 醚類。 △ 醛類。 △ 酮類。 △ 酸類。 △ 酯類。 △ 胺類。 △ 醯胺類。

領域	主題	概念	程度	概念內容
元素與化合物	聚合物	合成聚合物		<ul style="list-style-type: none"> △定義，一般性質。 △聚合反應。 △合成纖維、合成塑膠、合成橡膠、塗料、接著劑。
		天然聚合物		<ul style="list-style-type: none"> △醣類。 △蛋白質。 △酵素。 △天然橡膠。
物質的變化	化學	氧化還原反應		<ul style="list-style-type: none"> △氧化數規則。 △氧化還原反應式平衡。 △金屬離子化傾向。 △電化電池。 △氧化、還原電位。 △電池電動勢。 △蓄電池、燃料電池。 △電解、電鍍及計量。
		反應速率		<ul style="list-style-type: none"> △影響反應速率的因子。 △速率表示法。 △碰撞學說。 △速率定律式。 △活化能觀念。 △溫度與催化劑對反應速率的影響。
		化學平衡		<ul style="list-style-type: none"> △平衡動力性。 △影響平衡的因子，化劑濃度、溫度、壓力及催化劑。 △勒沙特例原理。 △平衡定律式K_c，K_p。 △溶解平衡，K_{sp}計算。 △同離子效應。 △反應熱計算。 △反應質量計算（質量守恆）。

領域	主題	概念	程度	概念內容	
物質的變化	化學反應	酸鹼反應		<ul style="list-style-type: none"> △酸、鹼、鹽定律。 △水的游離（附值計算）。 △水的離子積。 △酸鹼通性。 △阿倫尼亞酸鹼、中和熱。 △布忍司特酸鹼。 △酸鹼指示劑。 △酸鹼滴定。 △弱酸鹼游離，K_a，K_b。 △同離子效應。 △鹽的水解，鹽的命名。 	
	物質的構造	原子	原子結構		<ul style="list-style-type: none"> △電子軌域。 △週期現象。 △電子親合力。 △游離能，電負度。 △電子組態。 △罕德定則，包立不相容原理。 △能階、軌域。 △氫原子光譜。
		分子	分子結構		<ul style="list-style-type: none"> △軌域與共價鍵、離子鍵、金屬鍵。 △價軌域、分子形狀。 △鍵極性、分子極性。 △分子晶體。
			分子間作用力		△凡得瓦力、氫鍵。
		晶體	晶體結構		<ul style="list-style-type: none"> △離子晶體。 △金屬晶體。 △共價網狀晶體。
非晶體	非晶體結構		<ul style="list-style-type: none"> △晶形不規則排列。 △玻璃及SiO_2等不定形結構。 		

領域	主題	概念	程度	概念內容
能	水力	水力的利用		△水力發電。
	石油	石油的利用		△石油分餾。 △石油裂解。 △汽油及裂解產物的多方面運用原料。
	煤	煤礦的利用		△煤乾餾。 △液化煤氣。 △煤燃燒。
	燃料電池	電池能源利用		△太陽電池的結構及原理。
源	核能	核能的利用與危害		△放射性元素。 △核分裂引發鏈反應。 △核融合反應。 △核廢料的隱憂及核電廠的可靠性。

中小學科學概念統整與發展（生物科）

曾哲明、余曉清

本研究最主要的目的是針對現行國小自然、國中生物、高中基礎生物、以及高中生物教科書間的連貫性與統整性做深入的探討。是而決定以「生物的維持」此生物領域為起啓點，希望能夠將國小、國中、高中生物在「生命的維持」領域中缺乏連貫性和統整性的地方找出，同時也將具有統整連貫的地方指出，以提供未來發展生物教科書之參考。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命 的 維 持	生物 的 構 造 與 機 能	恆 定 作 用	水份的體內恆定	國小	第11冊，Ch.3 觀察人體的水份蒸散	與國小自然科有 連貫
			1.血液中糖分的恆定	國中	Ch.6-1 過高或過低對人體的影響， 血糖的來源，血糖的功能， 血糖的調節	
			2.生物體內水份的調節	國中	Ch.6-2 ①防止蒸散作用 ②尿液的功能	
			3.體溫的調節	國中	Ch.6-3 ①變溫動物與定溫動物 ②體溫調節的機轉 汗腺排汗以散熱	
			4.排泄	高中	Ch.6-5 ①腎臟、膀胱、輸尿管 ②皮膚、肺皆有排泄功能 ③動物排除氮的方法 ④人體產生尿液的部位， 尿液的組成。	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	恆定作用	3.尿液的形成 3.1濾過作用 3.2再吸收作用 3.3分泌作用 3.4尿液形成	高中	Ch.19-2 ①濾過作用：除血球及血漿蛋白外，其餘小分子（水、鹽類、葡萄糖、尿素等）濾入鮑氏囊。 ②再吸收作用：濾液中之葡萄糖、胺基酸、脂肪酸、甘油、鹽類及大部分水被腎小管壁細胞再吸收。 ③分泌作用：藉主動運輸，腎小管壁細胞可將血液中廢物（藥物、色素等）排入濾液。 ④尿液：腎小管末端之濾液僅含尿素、尿酸、過多之鹽類及水份即為「尿液」，腎臟功能不正常，尿液中可能含有蛋白質或血球。	這一部份無論內容多少與概念內容和基礎生物幾乎重覆，只多了「分泌作用」但少了「換腎、洗腎」。
			3.恆定性 3.1水份恆定性 3.2氣體恆定性 3.3血紅素恆定性 3.4體溫恆定性	生物	Ch.19-3 ①腎臟的功能之一在維持體內環境的恆定→水份、鹽份。 ②肺排除二氧化碳和一部分水。 ③肝臟→分解衰老紅血球→釋出血紅素→膽色素→由糞便排出。 ④定溫動物體溫要恆定體溫由腦部下視丘調節，體溫調節的方法包括散熱（血管舒張→皮膚傳導和輻射、排汗）及產熱（血管收縮、食量增加、顫抖）。	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的中樞構造與機能維持	生物	協調作用	1.感覺作用	國小	第一冊Ch.4 我怎樣知道：自身體及Ch.5. 驗眼、鼻、舌、耳、手之感覺功能。 第五冊Ch.4 蚯蚓喜歡光嗎？	
			1.刺激和反應 2.神經系統 3.內分泌腺	國中	Ch.5-2 ①腦、脊髓、神經之解剖神經系統圖。 ②感覺神經、運動神經、反射。 ③「後像」之形成。 ④脊髓與脊柱之解剖位置關係。 ⑤大腦、小腦、延腦及其功能。 ⑥腦神經：12對及其功能。 脊神經：31對及其功能。 Ch.5-1 ①刺激與反應：刺激的界定，反應包括肌肉收縮或腺體分泌。 ②眼、耳、鼻、皮膚都是「受器」，肌肉、腺體是「動器」。 ③動物的行為：(1)趨性包括趨光性（以蚯蚓之背光性或負趨光性為例）(2)候鳥遷移，(3)學習能力。 ④昆蟲之味毛、複眼、觸角（嗅覺、觸覺）、人類之雙眼視覺。	①神經系統國小沒有任何描述。 ②神經系統瞭解之後，再描述感覺與反應較為合理。 本概念與國小自然有連貫性。 國小自然沒有提及，不過“激素與動物變態的關

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物	協		國中生物	Ch.5-3 ①激素（內分泌腺）之界內分泌腺定。 ②內分泌系統：腦垂腺、甲狀腺、胰島、腎上腺、性腺等之解剖部位與功能，內分泌缺失相關之疾病。	係，如蛙、毛毛蟲等”概念延續了國小自然之概念。
			1.神經系統 1.1中樞神經系統 1.2周圍神經系統 1.3自律神經系統	高中基礎生物	Ch.2-4.1 ①神經元：組成神經系統構造與機能之單位，可分為「感覺神經元」、「運動神經元」及「聯絡神經元」；三種神經元之功能。 ②神經元的主體是細胞體；樹突短而分枝，用來接收刺激；軸突為細長之分枝，又稱為「神經元纖維」，用來傳出神經衝動，兩神經元相會處為「突觸」。 ③以人為例，包括中樞神經系統、周圍神經系統及自律神經系統（解剖全圖）。 ④中樞神經系統 腦的構造和功能：解剖全圖；左右兩半球；各功能區之分佈位置。 灰質：大腦外層含神經細胞體。 白質：大腦內層，含神經纖維。	與國中生物概念連貫。 ⑤及⑥在國中生物中未描述。 國中生物即有描述。 國中生物提到大腦、小腦、延腦，而高中基礎生物未提小腦、延腦之功能，但是對大腦有較詳細之描述。
的	的	調				
的	造	作				
維	與	機				
持	能	用				

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	協調作用	1.神經系統(續)	高中基礎生物	<p>CH.2-4.1⑤大腦功能區大致分為感覺區、運動區、前運動區、動眼區(1)及(2)、嗅覺區、味覺區、聽覺區、發聲區、視覺區、語言發動區等。</p> <p>⑥脊髓的構造和功能。 人的脊髓在脊椎骨內脊髓中央為灰質，外圍部份為白質。</p> <p>⑦灰質含神經元的細胞體，白質由神經纖維構成。</p> <p>⑧背角神經元接受外界刺激腹角神經元由其軸突傳出訊號，以控制肌肉。</p> <p>⑨反射：進入脊髓之神經衝動不傳至腦部，而直接由背角神經元傳給腹角神經元，再傳至肌肉。</p> <p>⑩周圍神經系統： 指由腦和脊髓連結感受起和動作器的神經。 腦神經12對，掌管頭部感覺和運動，脊髓神經31對，每一對分別掌管身體某一部位之感覺和運動。</p> <p>⑪自律神經系統： 包括交感神經與副交感神經，大腦不能對其意識控制。交感神經與副交感神經互為拮抗。</p>	<p>延續國中之概念，有較詳細的解說。</p> <p>此部位國中之描述比高中基礎生物詳細。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	協調作用	2.內分泌系統 2.1甲狀腺 2.2副甲狀腺 2.3腎上腺 2.4胰島 2.5腦垂腺 2.6生殖腺 2.內分泌腺	高中基礎生物	Ch.2-4.3①內分泌系統負責調節生長、發育、物質恆定及生殖。 ②內分泌腺由一群特殊細胞組成，分泌“激素”，內分泌腺之激素由血液輸送，故稱之為“無管腺”。 ③甲狀腺、副甲狀腺、腎上腺、胰島、腦垂腺、生殖腺之解剖部位及功能、相關疾病。 ④甲狀腺：位於喉部，左右兩葉、分泌甲狀腺素，調節代謝速率，不足時造成發育不良、水腫，過多時造成煩躁、高血壓。 ⑤副甲狀腺：在甲狀腺內，弛瓶粒，分泌副甲狀腺素，調節鈣離子，不足會造成痙攣，過多會造成骨骼脆弱。 ⑥腎上腺：在腎臟上方，分皮質及髓質，皮質分泌皮質素，控制鹽類、醣類平衡，髓質分泌腎上腺素，調節醣類利用血壓。 ⑦胰島：在胰臟內，分泌胰島素及抗胰島素，調節葡萄糖之利用，不足會造成糖尿病。 ⑧腦垂腺：位於腦下方，影響甲狀腺、腎上腺皮質等其它內分泌腺之機	與國中生物大致重複。 與國中生物相差不多。 國中生物未提及。 國中描述得比高中基礎生物詳細。 與國中生物相似，只多提到“抗胰島素”。 國中生物提到分泌不足會變侏儒，過甚會成巨人

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維繫與機能	生物	協調作用	2.內分泌腺 (續)	高中基礎生物	能，控制骨骼、乳腺、性腺等之發育。 ⑨生腺素：男性為睪丸，分泌睪固酮，負責第二性徵及性腺發育，女性為卵巢，分泌動情素及黃體激素促進第二性徵，子宮、胚胎發育等。	。其他則雷同，高中提到“促甲狀腺激素”。比國中生物詳細。
			1.神經系統 1.1神經元的構造、功能與種類	高中	Ch.21-1 ①「受器」與「動器」之界定。 ②神經元為構成神經系的單位，為特化的細胞。 ③神經元的構造： 樹突－訊息傳入細胞體 軸突－訊息自細胞體傳出。 神經纖維－即一般所稱的「神經」，可長達一公尺以上。 ④神經元的功能： 神經衝動－神經元受刺激時引起細胞膜電位改變，即為「神經衝動」。 突觸－前一神經元軸突與後一神經元樹突之間的部分。藉著小泡內含之化學物質，將神經衝動傳至後一個神經元。 神經傳遞物質－如乙醯膽鹼或正腎上腺素。	高中生物以三章之篇幅描述、協調作用之三大概念： (1)神經系統 (2)感覺作用 (3)內分泌系統 此概念為新增加之概念。 描述得比基礎生物清楚。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命維持	生物的構造與機能	協調作用	1.2中樞神經系統含脊髓及腦	高中生物	<p>⑤神經元之種類： 感覺神經元 運動神經元 聯絡神經元 神經節—含三種神經元，但也有幾乎全為感覺神經元或運動神經元的神經節。</p> <p>Ch.21-2 ①中樞神經系統主要由腦和脊髓組成，外由腦膜和脊髓膜包住，其中含有腦脊液。 ②脊髓主要功能—為腦與全身各部位訊息之橋樑，也負責「反射」。 ③灰質與白質之成份。 ④灰質中央有一空腔，上下貫穿，含腦脊液。 ⑤背角與腹角。 ⑥反射，反射弧。 ⑦腦是脊髓上方膨大的部分，可分大腦、間腦、中腦、小腦、橋腦和延腦，脊髓中央小管至腦部膨大為腦室。腦室有4個，充滿腦脊液。 ⑧延腦：與脊髓相連，有許多神經元細胞體，構成呼吸、心搏等生理作用反射中樞。 ⑨小腦：分左右兩半球，負責協調骨骼肌的活動。 ⑩橋腦：大腦與小腦間之橋樑。</p>	<p>與基礎生物重覆。</p> <p>「神經節」為新增之概念。</p> <p>腦脊膜為新增概念。</p> <p>大部份概念與基礎生物重覆。</p> <p>此一部份國中生物與高中生物間有斷層現象，即高中基礎生物未提及。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	協調作用	1.3 周圍神經系統含腦神經與脊神經	高	⑪中腦：在小腦、橋腦之上方，間腦之下方，含視覺和聽覺反射中樞。 ⑫間腦：大腦和中腦之間內含第三腦室，含「視丘」為各部神經元與腦感覺區間之接力站。 ⑬「下視丘」在第三腦室，管制體溫、食慾、血壓等。 ⑭大腦：控制學習、智慧、記憶、思考等複雜之心理現象；分為左右兩半球，中間各含第一及第二腦室、皮層分為運動、感覺、視覺、聽覺等特殊功能區。	大腦之分區圖，國中較詳細。 較基礎生物詳細。 較基礎生物詳細。
				中	Ch.2-3 ①腦神經：人體有12對，末梢主要分布於頭部的感覺器官、肌肉或腺體，附詳細圖示，說明各腦神經的名稱、起源及機能。 ②脊神經：人體有31對，末梢分布於軀幹和四肢，含感覺和運動兩種神經纖維，感覺神經自背根傳入衝動，運動神經自腹根傳出衝動，脊神經起始處有一「自律枝」，涉及自律神經系。	
				生		
				物		

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命體的構造與機能維持	生物協	調	1.4 自律神經系含交感與副交感神經	高	Ch.2-4 ①交感神經系：自頸部至腰部，由十多個神經節組成「交感神經鏈」，自律枝進入交感神經節，再由此分布至各器官。 ②副交感神經系：圖示副交感神經系。源自一部份腦神經及脊神經。某些器官不具有副交感神經。 ③自律神經系的功能： —分布在同一臟器的交感神經和副交感神經作用相反，但互相協調。 —交感神經受刺激則釋出正腎上腺素。 —副交感神經受刺激則釋出乙醯膽鹼。	新增部份之概念，且描述較詳細。
			2.感覺作用 2.1受器 2.2視覺 2.3聽覺和平衡覺 2.4嗅覺和味覺 2.5皮膚感覺及其他	中 生 物	Ch.22 受器 ①受器接受刺激產生神經衝動，經由周圍神經系傳至大腦皮質便會產生感覺。 ②受器可能是神經元突起的末端，也可能是其緊密相接之特定細胞。	此概念已在基礎生物提及；高中生物增加神經傳導物及心搏、瞳孔等數個例子。 感覺作用之概念在國小自然即以親身體驗的方式提及，國中只提到眼、耳、鼻、皮膚有「受器」，並未進一步說明，高中基礎生物也隻字未提，顯然有斷層現象。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	協調作用	2.感覺作用(續)	高中生物	<p>ch.22-1 ①眼是視覺器官：含眼球、眼瞼、淚腺以及六條動眼肌。</p> <p>②眼球： 外層為「鞏膜」、中層為「脈絡膜」、內層為「視網膜」，「角膜」蓋住水晶體，角膜與鞏膜接合處特化成「睫體」，睫體附近有「虹膜」，虹膜中間有「瞳孔」。</p> <p>③晶體凸度的調節原理。</p> <p>④瞳孔大小的調節原理。</p> <p>⑤視網膜是眼內感光成像的地方（和照相機的成像原理作比較），光線之刺激由視神經傳至大腦皮層。</p> <p>⑥近視眼、遠視眼、散光眼之缺陷原因及其矯正法。</p> <p>⑦盲點：「中央窩」附近視神經通出之處；該處沒有感光細胞。</p> <p>Ch.22-2 ①聽覺和平衡覺之受器在耳內。</p> <p>②人耳的構造： 分為外耳、中耳及內耳，外耳包括耳殼和聽管，中耳與聽管間有「鼓膜」，中耳含槌骨、砧骨及鐮骨。</p> <p>③中耳以「耳咽管」與咽腔相通；耳咽管的功能</p>	這一部份為新增概念，「基礎生物」中沒有提及，故沒有「漸進式」的課程安排。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	協調作用	2.感覺作用(續)	高中	<p>④內耳又稱「迷路」，分「耳蝸」、「前庭」及三個「半規管」，耳蝸內有聽覺受器；聽覺產生之原理。</p> <p>⑤前庭和半規管與平衡覺有關；平衡覺產生的原理；半規管為動的平衡覺，前庭為靜的平衡覺。</p> <p>Ch.22-3 ①此兩種感覺為「化學物質」的刺激產生。</p> <p>②「嗅黏膜」：為鼻腔上部的黏膜，含嗅細胞，嗅細胞本身為神經原。</p> <p>③嗅覺產生之原理。</p> <p>④動物一般嗅覺較人類靈敏。</p> <p>⑤「味蕾的構造」：位於舌的表面，由味細胞（受器）及周邊之支持細胞所組成。</p> <p>⑥食物必先溶於水，才能刺激味細胞。</p> <p>⑦不同的味蕾，分別接受甜、鹹、酸、苦，分別位於舌之不同部位。</p> <p>⑧嗅覺對食慾的刺激較味覺重要。</p> <p>Ch.22-4 ①「皮膚感覺」：由皮膚中之受器分別接受接觸、壓力、傷害及溫度等刺激。</p>	<p>新增概念</p> <p>國中生物圖5-2為皮膚受器之示意圖，基礎生物未提。為另一「斷層」之例證。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命體的構造與機能	生物協調作用	2.感覺作用(續)	3.內分泌系統 3.1激素 3.2人體的內分泌腺	高中生物	<p>②「觸覺」受器位於表皮中，「壓覺」受器位於真皮中，「痛覺」受器位於表皮中，本身為神經末梢，敏感度較低。「溫覺」受器位於真皮內，冷受器較熱受器多。</p> <p>③「本體感覺」：在人體之骨骼肌、肌腱、關節韌帶等處有本體受器，與肌肉協調有關。</p> <p>④「內臟感覺」：內臟壁中有受器，其衝動經延腦、中腦或視丘之反射中樞反射，以控制內臟功能。</p> <p>⑤口渴、饑餓之感覺則由咽喉、胃、直腸等器官之受器，將刺激傳入大腦。</p> <p>⑥內臟黏膜內有「痛」受器。</p> <p>內分泌系統之界定：</p> <p>①與「外分泌腺」之區別。</p> <p>②內分泌腺之位置圖。</p> <p>Ch. 23-1 ①內分泌腺所分泌的物質叫作「激素」，其成分為有機物。</p> <p>②由血液運輸至目標器官。</p> <p>③過多或過少皆影響生理狀況。</p> <p>④有的內分泌腺僅分泌一</p>	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命科學	生物的構造與機能	協調作用	3.內分泌系統(續)	高中生物	<p>種激素，有的內、外分泌腺並存。</p> <p>Ch.23-2 ①甲狀腺： 位於喉下方氣管兩側，甲狀腺素由一種胺基酸和碘原子組成。 促進細胞氧化作用、增進代謝、影響生長及發育。 分泌過多則代謝加速，故身體消瘦、神經緊張、容易疲勞。 分泌過少則代謝降低、體溫降低，產生「黏液性水腫」。 攝碘量不足，則產生「缺碘性甲狀腺腫」。</p> <p>②副甲狀腺： 4顆、似豌豆、埋於甲狀腺背面組織內，分泌「副甲狀腺素」：協調體內鈣及磷的濃度。 血液中鈣離子濃度對副甲狀腺分泌有「迴饋控制」，分泌過多，則鈣濃度增加，磷則減少，導致骨質脆弱，腎臟結石。 分泌過少，則血鈣減少，磷則增多，肌肉因而痙攣，甚至窒息而死。</p> <p>③胰島： 胰島在胰臟組織中之微細構造。 胰島中有兩種細胞，分</p>	<p>與高中基礎生物重覆性很大。</p> <p>延續基礎生物之概念。</p> <p>延續基礎生物之概念。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	協調作用	3.內分泌系統(續)	高中生物	<p>別分泌胰島素和抗胰島素。 胰島素促使細胞吸收血糖，使葡萄糖轉變為肝糖。 若胰島素分泌不足，則血糖增高，形成糖尿病；若分泌過多，則血糖降低，造成心悸、緊張、痙攣等。 抗胰島素促進肝糖分解，血糖升高，故亦稱「昇糖素」。</p> <p>Ch.23-2 ④腎上腺 位於腎臟上方，外層叫「皮質」，內部叫「髓質」，兩者分泌不同激素。皮質分泌兩大類激素： (1)葡萄糖皮質素－促使蛋白質和脂質轉變為葡萄糖；抗發炎作用。 (2)礦物性皮質素－調節體內鈉、鉀等離子及水份的平衡。 髓質分泌腎上腺素及正腎上腺素，胚胎發生過程中，髓質與自律神經節同源，正腎上腺素使血管收縮，增加血壓。腎上腺素促進交感神經，肝糖分解，有助於緊急事件之應變。</p> <p>⑤生殖腺： 男性稱為「睪丸」，女</p>	<p>皮質激素為延續概念；髓質之腎上腺素在國中有較詳細描述，比基礎生物詳細。</p> <p>與高中基礎生物概念重覆，且如</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命科學的維持	生物的構造與機能	協調作用	3.內分泌系統 (續)	高中	<p>性稱為「卵巢」。 睪丸產生之「睪固酮」，在青春期分泌量增加，促進次要性徵。 卵巢分泌「動情素」，在青春期促進次要性徵。</p> <p>⑥腦垂腺： 位於下視丘下方，分前葉及後葉，後葉貯存下視丘製造的催產素和血管加壓素；血管加壓素可升高血壓，減少尿液，前葉分泌三大類激素： (1)生長激素：促進醣類、脂質分解，蛋白質合成，促進生長；分泌失常會造成巨人症、侏儒或末端肥大症。 (2)促內分泌激素：如「促甲狀腺激素」，血液中之甲狀腺素濃度對其有迴饋作用。 促腎上腺皮質激素，簡稱ACTH，促進腎上腺皮質激素分泌。 (3)有關生殖的激素：依其對雌性動物之作用命名，如「促濾泡成熟激素」(FSH)「黃體成長激素」(LH)及催乳激素。</p> <p>⑦松果腺及胸腺： 松果腺位於左右大腦半球間之視丘下方，分泌</p>	「黃體激素」在高中生物反而未提。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物	調節作用	3.內分泌系統(續)	高中生物	之激素可抑制卵巢發育。 胸腺位於胸膛中，與免疫有關，成年之後萎縮。	
			1.運動器官 2.運動與平衡 3.肌肉和骨骼的協調	國 小 自 然	第三冊 Ch.2 ①小動物怎樣運動？用到身體的那些部位？ 第六冊 Ch.4 ②魚鰭是做什麼用的？ 第五冊 Ch.4 ③蚯蚓是怎樣運動的？ 第六冊 Ch.4 ④魚怎樣游水？ 鰭的平衡功能。 尾部的功能。 第九冊 Ch.1 ①肌肉外觀及運動現象。 ②雞翅膀的觀察。 ③肌肉與骨骼之相關位置。 ④肌肉怎樣牽動骨骼。 ⑤關節在那裏？與運動有何關係？	國小有關“支持與運動”之概念零星分佈在(三)、(五)、(六)、(九)等四冊中，以第(九)冊之“肌肉和骨骼的聯合運動”描述最完整。
		運動	(無)	國中生物	(無)	國中生物未提及與「支持與運動」相關之概念，形成斷層現象。
			1.肌肉系統		Ch.2-4.2①肌肉由特化之肌細胞又稱“肌纖維”所組成，許多肌纖維圍成「肌束」，肌束再圍成「肌肉	基礎生物於“協調和運動”一節中以3頁之篇幅簡要介紹“肌肉

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的構造與維持	生物的支持與運動	支持與運動	1. 肌肉系統 (續)	高中基礎生物	<p>」。</p> <p>②肌細胞中含規則順序排列之「肌凝蛋白」與「肌動蛋白」等兩種肌絲，構成「Z線」。</p> <p>③神經衝動造成化學變化，促使兩種肌絲滑動，縮短Z線距離，造成肌肉收縮。</p> <p>④依斑紋形狀，將骨骼肌稱為「橫紋肌」；「平滑肌」分佈於內臟器官，「心臟肌」則負責心搏。</p> <p>⑤依意志控制之可能性分為「隨意肌」（如骨骼肌）及「不隨意肌」（如心肌）。</p> <p>⑥肌肉拉動骨骼以關節為「支點」。</p>	系統”，但未提及骨骼系統。
			1. 支持與運動 1.1 骨骼之構造與功能	高中生物	<p>Ch.20-2 ①骨骼之功能：肌肉支架、支持身體、保護器官。</p> <p>②骨骼系統分「中軸骨骼」與「附肢骨骼」。</p> <p>③中軸骨骼包括頭骨、脊椎骨、胸骨及肋骨。</p> <p>④附肢骨骼包括肩帶、腰帶、上肢骨和下肢骨。</p> <p>⑤關節為兩塊硬骨相連接處；分為「不動關節」及「動關節」。不動關節如頭顱的骨，結合處稱為「縫合線」；動關節如膝關節，結合處如</p>	有關「骨骼」之描述完全為新增概念。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	支撐與運動	1.2 骨骼肌之構造與功能	高	<p>杵和臼的關係。</p> <p>⑥動關節的構造：外圍有「韌帶」，骨端有「軟骨」覆其上，軟骨間有「滑液膜」分泌潤滑液。</p> <p>⑦骨中空腔含「骨髓」，分為「紅骨髓」（扁平骨中）及「黃骨髓」（長骨中）。</p>	
			1.3 肌肉與骨骼之協調（運動）	中	<p>Ch.12-3 ①肌細胞呈纖維狀，通常稱為「肌纖維」。</p> <p>②肌肉由肌纖維及其包圍之肌膜形成之「肌束」所構成，整塊肌肉外表包有「外肌膜」。</p> <p>③肌肉兩端附於兩根不同的骨上。</p> <p>④骨骼肌由大腦意志控制，神經刺激可使肌肉收縮，故稱之為「隨意肌」。</p> <p>Ch.12-4 ①肌肉和骨的聯合作用乃發生「運動」。</p> <p>②「拮抗作用」：兩兩成對之肌肉交互收縮，產生「動作」的現象；行拮抗作用的肌肉叫做「拮抗肌」。</p> <p>③收縮時可使前臂彎曲之肌肉叫「屈肌」，收縮時可使前臂伸直之肌肉叫「伸肌」。</p>	<p>重覆「基礎生物」之概念。</p> <p>重覆「基礎生物」之概念。</p> <p>與國小自然及基礎生物連貫。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的支持	生物的構造與機能	支持的與運動	1.4肌肉收縮的理化現象的	高中生物	Ch.12-5 ①肌纖維內含許多縱行之「肌原纖維」；肌原纖維之收縮遵守「全有全無律」。 ②肌肉收縮時，「肌小節」的變化：收縮時Z線之肌動蛋白向中央滑動，使Z線靠攏，I帶縮短，但A帶長度不變。「物理變化」 ③「肌小節」由Z線加上粗肌絲「肌凝蛋白」及細肌絲（肌動蛋白）組成。 ④肌肉收縮之能量直接來自ATP。 ⑤ATP 釋出能量後便成ADP，ADP 在肌肉收縮時，靠「磷酸肌酸」將之轉變回ATP。 ⑥肌纖維持續活動下，肌肉中含氧量不足，致使葡萄糖只能進行醱酵作用，產生乳酸。 ⑦肌肉在缺乏粒線體之下，無法分解乳酸，造成「氧債」現象。 ⑧乳酸少部份完全氧化為水和二氧化碳，產生之能量使其餘之乳酸再合成肝糖。	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物	防禦	(無)	國小自然	(無)	國小自然未提供任何與個體防禦病原體相關之資料。
			1. 血液中白血球之外觀與功能 2. 預防注射之原理	國中生物	Ch. 4-3 (圖4-8及4-9) ①白血球的外觀。 ②白血球有防禦疾病的功能，有吞噬細菌的能力。 ③傷口所見的膿，便是戰亡的白血球。 ④注射預防針或接觸病菌可使體內產生抗體，抵抗病原體。	(1)未細分白血球之種類。 (2)「吞噬細菌」只是白血球的功能之一。 (3)「抗體」是什麼？如何產生？如何抵抗病菌？
			1. 白血球的功能 2. 淋巴系統	高中基礎生物	Ch. 2-2 ①白血球無色、有核，能自由活動，穿出微血管，進入組織，能藉吞噬作用消滅細菌。 ②淋巴管有膨大的淋巴結是淋巴的過濾器，是人體內重要的防禦機構。(人體淋巴系統解剖圖)	重覆國中生物概念，但反而比國中描述得少，如「抗體」之產生即未曾提及。
			1. 非專一性防禦作用 1.1 皮膚屏障	高中生物	Ch. 17-1 ①人體之皮膚、黏膜及若干生理作用可抵制、摧毀病原體，以維護個體的健康，是謂「防禦作用」。 ②「專一性防禦作用」：入侵者與淋巴球間具有專一性。 「非專一防禦作用」：在抵制或摧毀入侵者時，無特定之對象。	幾乎為全新之概念內容，無適當之基本概念放在國中或基礎生物之課程內容中，與其連貫銜接。

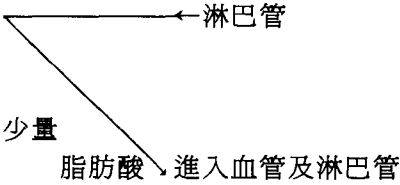
領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	防禦作用	2.2B細胞與T細胞	高中	<p>②「免疫反應」：淋巴球為了對抗入侵者而引發之種種反應稱之為「免疫反應」。</p> <p>③「抗原」：能夠引發免疫反應的物質。 「抗體」：抗原刺激B淋巴球，使B淋巴球分泌出一種可與抗原接合的蛋白質。</p> <p>④通常一種抗體只能與引起該抗體的抗原相結合。抗原與抗體結合後可消除抗原的作用，促進吞噬細胞之作用。</p> <p>①淋巴球分為「B細胞」與「T細胞」；各有許多不同類型；細胞表面有可與某種抗原相結合之蛋白質，在B細胞上為「抗體」，在T細胞上則稱為「受體」。</p> <p>②B細胞受一種抗原刺激後，會生長、分裂、產生抗體。 抗體釋放至血液中稱「免疫球蛋白」；B細胞主導之免疫稱「抗體免疫」。</p> <p>③T細胞受一種抗原刺激後，可生長、分裂並利用其表面受體與目標細胞表面抗原結合，摧毀目標細胞；T細胞主導</p>	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命維持	生物的構造與機能	防禦	2.3預防接種	高	<p>之免疫稱「細胞免疫」。</p> <p>①最先發展成功之疫苗為英國簡納醫生研究成功之「牛痘疫苗」。</p> <p>②「免疫作用」：藉著疫苗接種，免疫血清注射，自然感染病原菌，而使人體產生抵抗力之現象。</p> <p>③免疫作用可分「主動免疫」及「被動免疫」兩種。</p> <p>④主動免疫乃由病原體感染或疫苗接種產生；疫苗有「類毒素」、「死菌疫苗」及「減毒性活菌疫苗」等三類。</p> <p>⑤利用血清（如B型肝炎帶原者之血清）製成的疫苗叫做「血清疫苗」；利用抗原基因，以遺傳工程技術製成的疫苗叫做「遺傳工程疫苗」。</p> <p>⑥被動免疫乃利用其他脊椎動物產生抗體，收集含抗體之血清（免疫血清），經適當純化後，直接注射到患者體內，以迅速增強抗病能力。</p>	
			2.4主動免疫	中		
			2.5被動免疫	生		
		用	3.與免疫有關的疾病 3.1過敏	物	Ch.17-3 ①過敏：初次接觸「過敏原」，體內B細胞分泌特殊抗體，附著於皮下	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命體的維持	生物的構造與機能	防禦作用	3.2排斥反應 3.3愛滋病 AIDS	高 中 生 物	<p>或黏膜之細胞；再次受刺激後，抗原與抗體結合，誘使細胞釋出組織胺等物質，造成紅腫、出疹、鼻塞、哮喘等症狀。</p> <p>②排斥反應：器官（組織）移植時，引發T細胞攻擊摧毀外來之細胞的作用。</p> <p>③愛滋病：即後天免疫不全症，由病毒侵犯T細胞所引起。</p>	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物	消化	無	國小		
			1. 個體組成的層次 2. 酵素 3. 消化作用 3.1 消化管 3.2 消化腺 3.3 消化作用	國中	Ch. 3-3 ①細胞→組織→器官→系統。 ②提到胃和消化食物和消化系統。 Ch. 4-5 酵素 ①歷史 ②本質和功能 Ch. 4-6 消化作用 ①消化管：口腔、食道、胃、小腸、大腸，提到括約肌。 ②消化腺：唾腺、胃腺、肝臟、胰臟和腸腺。 ③消化管和消化腺的構造、功能。 ④消化作用：消化管的器官、消化腺分泌物質。如何共同執行消化吸收。提到絨毛構造和吸收功能。提到闌尾。 (1)口腔： { ①唾腺分泌唾液，使食物和唾液 ②牙齒切碎咀嚼 } 充分混合。 ③舌攪拌 } (2)食道：管壁肌肉收縮，使食物下降到胃。 (3)胃： { ①胃腺分泌胃液，使食物磨碎 (含鹽酸和酵素) }，蛋白質分 ②胃壁肌肉收縮 } 子分解成小分子。 (4)小腸： { ①肝分泌膽汁，分解醣、蛋白 ②胰分泌胰液 } 質、脂質大分 ③腸腺分泌腸液 } 子、物質成小分子→腸壁絨	基本上在消化與營養的部份國中→高中基礎生物→高中聯貫性做的不錯，特別是消化作用的部份，其內容複雜和深度逐漸增加。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	消化與營養		國中	毛→進行吸收 (5)大腸： ①吸收剩下物質的水份。 ②形成糞便→肛門排出。	
			1.動物的營養作用 1.1攝食 1.2消化和吸收 2.人體的消化作用 2.1消化系統 2.2消化管 2.3消化腺 2.4消化作用	高中基礎生物	Ch.2-1 動物的營養作用： ①攝食： { 海綿動物：過濾 水螅：觸手捕捉 水蛭：吸盤吸食 口齒：吞食 ②消化和吸收： 動物消化系統有三： { 完全封閉食泡：ex.變形蟲 囊狀的消化腔：ex.水螅 管狀的消化管：ex.蚯蚓 ch.2-2 人體的消化作用： ①消化系統：消化管、消化腺。 ②消化管：口腔→食道→胃→小腸→大腸。 括約肌：幽門 ③消化腺：唾腺、胃腺、肝臟、胰臟和腸腺。 ④消化作用： 消化管和消化腺共同作用如何？ 進行消化吸收和排泄。 絨毛的吸收構造和功能。 淋巴管（脂肪、脂肪酸之吸收） 在不同pH值適合不同酵素作用。 （提到胃液在低pH，肝膽汁在高pH） (1)口腔： { 牙齒咀嚼磨碎食物。	國中生物沒有介紹其它動物的營養作用和消化系統。 國中生物沒有提到幽門此名詞，只以括約肌來代之。 國中沒提到唾腺三對，和何種酶

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	消化與營養		高中	<p>大部份脂肪酸、甘油←絨毛內乳糜管（小淋巴管）再結成脂肪酸</p>  <p>少量脂肪酸→進入血管及淋巴管</p> <p>(5)大腸： 吸水器官、身體所需之水分，均在大腸吸收。 未消化物質+黏液+消化管壁剝落之老細胞、微生物←形成糞便←肛門←體外。</p>	<p>也沒提到脂肪酸和甘油由小淋巴管（乳糜管）←淋巴管。</p> <p>比國中解釋細一些。</p>
				高中	<p>Ch. 15</p> <p>①消化系統：消化管和消化腺。</p> <p>②消化管： { 口腔、咽、食道、胃、小腸、大腸。 { 管壁：平滑肌←由環肌+縱肌組合。 { 肌肉收縮與舒張←具容納+磨碎+攪拌+輸送食物機能。</p> <p>(1)口腔： { 牙齒（門、犬、大白、小白四種齒），←具咬斷、撕裂、研磨食物功能。 { 舌（味蕾←司味覺）←骨骼肌構成，可攪拌食物。</p> <p>(2)咽： (3)食道： （賁門）↓</p>	<p>比高中基礎生物在組織結構上講的更多。 高中生物(二)在內容上增加許多，可看出漸進的加多。</p> <p>多加入賁門和胃肌肉形式。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	消化與營養		高中生物(一)第二冊	<p>(4)胃：(平滑肌) (幽門)↓</p> <p>(5)小腸：消化管中最長，有很多迂迴的部分，約相當十二手指並列長度。</p> <p>(6)大腸：分盲腸、結腸、直腸。</p> <p>(7)肛門：</p> <p>③消化腺：唾腺、胰臟、肝臟、胃腺、和腸腺，均可分泌消化液。消化液中：含有各種助於分解食物的化學物質，其中尤以酵素最重要。</p> <p>(1)唾腺： 腮腺、顎下腺、舌下腺分泌唾液。 唾液：酸鹼度中性。 澱粉酶→分解澱粉和肝糖。</p> <p>(2)胃腺： 藏在胃壁黏膜中。 胃液：酸性很強。 鹽酸、黏膜、和胃蛋白酶 →消化蛋白質。</p> <p>(3)胰臟： 是狹長扁平的腺體，胰液經胰管注入12指腸。 胰液：呈鹼性，含蛋白酶、澱粉酶，分解脂質及核酸的酵素。</p> <p>(4)腸腺： 散生於小腸黏膜的微中腺體。 腸液：呈鹼性，含肽酶，雙醣酶、核苷酸酶。</p>	<p>多加入十二指腸。</p> <p>多入盲腸、結腸、直腸。</p> <p>腺體的部分特別獨立出來解說，而且非常詳盡的把每一種酶的作用和名詞交待的非常清楚。</p> <p>增加身下腺、舌下腺、顎下腺。</p> <p>胰液含蛋白酶、澱粉酶和分解脂質及核酸的酵素。</p> <p>含肽酶、雙糖酶、核苷酸酶。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	消化與營養	1.4消化作用 (續)	高中生物第二冊	<p>接替胃液、胰液未完成的消化工作，將尚未完全分解的蛋白質、醣類及核酸等分子予以繼續分解。</p> <p>(5)肝臟： 最大的腺體。 膽汁：呈鹼性，均先管道→膽囊貯存 ——→12指腸。 雖無消化酵素，但卻含有可動脂質消化的膽鹽。</p> <p>④消化作用： (1)口腔內的消化： ①唾液分泌：受神經控制，唾液澱粉酶→將少量的澱粉分解為麥芽糖。 焦慮、恐懼時均會影響分泌。</p> <p>(2)食道的消化： 受食團進入刺激，使食道產生蠕動。</p> <p>(3)胃內的消化： ①胃液分泌：受神經與激素的控制。 a.胃泌素(激素)： 由胃幽門黏膜上的特殊細胞分泌。 食物→特殊細胞→胃泌素→刺激 血液→全身→胃壁→胃腺→胃液。 分泌 b.胃液含鹽酸、胃蛋白酶→將蛋白質→肽類。</p>	<p>在消化作用方式，將內分泌也加入其中，解說何種內分泌控制，何種消化酶。</p> <p>加入胃泌素。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	消化與營養	1.4消化作用 (續)	高中生物(第一、二冊)	<p style="text-align: center;">分泌</p> <p>②胃黏膜細胞→黏液→保護胃壁。</p> <p>(4)小腸的消化：</p> <p>①分節運動(亦稱攪拌運動)：推動食糜前行，藉腸管交替收縮，使食糜和消化液攪拌混合均勻。</p> <p>②胰液：受內分泌控制(胰泌素→胰→分泌胰液)</p> <p>(a)胰澱粉酶→澱粉、肝糖→麥芽糖。</p> <p>(b)胰蛋白酶→蛋白質及肽類→肽類。</p> <p>(c)胰脂酶→脂質→脂肪酸及白油。</p> <p>(d)核酸酶→DNA or RNA→核苷酸。</p> <p>③腸液：</p> <p>(a)雙醣酶：</p> <p>麥芽糖酶→麥芽糖→葡萄糖。</p> <p>蔗糖酶→蔗糖→葡萄糖+果糖。</p> <p>乳糖酶→乳糖→葡萄糖+半乳糖。</p> <p>(b)肽酶→肽類→胺基酸</p> <p>(c)核苷酸酶→核苷酸→含氮鹽基+五碳糖+磷酸。</p> <p>④膽汁→乳化脂質→便於脂酶作用。</p> <p>受內分泌控制(受胰泌素→肝膽囊收縮素</p> <p>臟→膽汁→膽囊→</p> <p>膽汁→12指腸。</p>	<p>加入如何保護胃壁。</p> <p>加入胰泌素。</p> <p>更詳細，甚而加入分解後產物。</p> <p>胰泌素刺激肝臟分泌膽汁至膽囊，而膽囊則刺激膽囊分泌出膽汁至12指腸。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物體的構造與機能	消化與營養	1.5 養分的吸收	高中生物(第二冊)	(5) 養分的吸收： ① 小腸的吸收作用：食物養分幾乎全賴小腸吸收。 (a) 擴散作用 (b) 主動運輸：葡萄糖、胺基酸、含氮鹽基、鈉及氯離子等重要養分。 絨毛：腸壁上環狀皺壁，其表面又產生許多微小指狀突起，增加吸收面積，促進吸收速率。 養分、水分 ← 絨毛表面細胞滲入 ← 微血管 or 乳糜管 ← 其它細胞。 ② 大腸的吸收及排量： (a). 未消化吸收物 ← 如大量水分 + 無機鹽類 ← 大腸吸收。 剩餘水分 + 食物渣滓 ← 腸內細菌發酵 + 腸壁黏膜分泌黏液 ← 糞便。	特別將養分的吸收獨立出來。 高中基礎生物提過。 高中基礎生物沒介紹，在此特別提到還可吸收水分。 比高中基礎生物加了腸內細菌基本上內容相似。
			無	國小		
		1. 血液 2. 血漿的成分 3. 血球 4. 心臟 5. 血管	國中	Ch. 5-3 ① 血液：血球 + 血漿 ② 血漿的成分：由 90% 水和蛋白質、糖、維生素、礦物質組成。 ③ 血球： { 紅血球：含血紅素可與 O ₂ 結合，攜帶並運送 O ₂ 。 { 白血球：體內第一道防線，可吞噬細菌，比紅血球大。 { 血小板：與血液凝固有關、止血，最小的一種血球。		

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命科學	生物的構造與機能	循環	6. 循環系統 7. 血液的循環途徑	國中	<p>Ch.5-4</p> <p>④心臟： 肌肉組成。 分成四室：左心房、右心房、左心室、右心室。 心房和心室間有瓣膜，可防止血液倒流。 心臟收縮→壓迫血液→流入血管 心臟舒張→血管血液→流回心臟</p> <p>⑤血管： 動脈：壁厚、富彈性，輸送血液離開心臟。 靜脈：壁薄、彈性差，帶領血液返回心臟。 微血管：壁僅一層細胞，連接小動脈和小靜脈。</p> <p>Ch.5-5</p> <p>①循環系統：血液、血管和心臟。 ②血液循環的途徑： 右心房→右心室→肺動脈→肺(血液中 CO₂ 便和肺中O₂ 互換)—— 含O₂ 呈鮮紅色 →肺靜脈→左心房→ 含O₂ 和養分 左心室→大動脈→ O₂ 和養分 微血管→周圍細胞→ 擴散 CO₂ 和其它廢物 →微血管→小靜脈 血帶 CO₂ 呈暗紅色 →上下大靜脈→ →右心房</p>	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	循環	<p>1.動物的運輸作用</p> <p>2.人體的循環系統</p> <p>2.1心臟</p> <p>2.2血管</p> <p>2.3血液的組成</p>	<p>高</p> <p>中</p> <p>基礎</p> <p>生</p> <p>物</p>	<p>Ch.2-2</p> <p>動物的運輸作用：</p> <p>①變形蟲藉擴散作用</p> <p>②開放循環</p> <p>③閉鎖循環</p> <p>Ch.2-3</p> <p>人體的循環系統：包括心臟、血管、淋巴管、血液、淋巴。</p> <p>①心臟：</p> <p>┌ 四個腔室：</p> <p> 上方二腔：左、右心房</p> <p> 下方二腔：左、右心室</p> <p>└ 心房、心室間有瓣膜，可防止血液倒流入心房。</p> <p>心搏：心臟不停的跳動，俗稱心跳，正常人約70次／每分鐘。</p> <p>②血管：</p> <p>┌ 動脈：壁較厚，富彈性，將血液自心臟運送至各組織，且隨心臟的搏動產生脈搏。</p> <p>└ 靜脈：管壁較薄，將血液自各組織運回心臟。</p> <p>微血管：微細薄壁的血管，與組織細胞密接。血液與組織間物質交換在此進行。</p> <p>③血液的組成：血漿+血球</p> <p>(a)血漿：水，尚有溶於水中的無機鹽類和有機物。</p> <p>蛋白質：各有特殊的功能。</p> <p>┌ ex.促進生長的激素。</p> <p>└ ex.抵抗病菌的抗體。</p> <p>(b)血球：</p> <p>┌ 紅血球：形似內凹的圓盤，無</p>	<p>國中沒有介紹動物的運輸作用。</p> <p>重覆國中的內容。</p> <p>國中沒提到心搏。</p> <p>國中沒提到其功能。</p> <p>國中沒提到血漿中含抗體和促生長激素。</p> <p>重覆國中內容。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命科學	生物的構造與機能	循環	1.心臟與血管 1.1心臟	高中 生物 第一冊	<p>白血球：具吞噬作用，消滅細菌。</p> <p>血小板：在傷口凝固成血餅，防止血液流失。</p> <p>⑥淋巴系統： 淋巴：血液中的液體，常通過微血管經組織液進入淋巴管中，形成淋巴。 淋巴結：淋巴的過濾器，濾出細菌或外來的有毒物質，不倒進入血液中乃為重要防禦機構。</p> <p>Ch.16-1 循環系統：血管系統+淋巴系統 血管系統包括：心臟、血液、血管。 淋巴系統包括：淋巴管、淋巴結、淋巴、脾臟。</p> <p>(A)心臟： 1.位於胸腔偏左，由心肌構成。 2.四個空腔： { 心房：上方二腔、外壁肌肉較薄。 { 心室：下方二腔、外壁肌肉甚厚。 { 心尖：其下端的部分。 3.心房、心室間有活瓣，控制心臟血液遵循一定方向流動。 4.左心室和大動脈相接處，右心室與肺動脈相接處，也各有一活瓣。 5.心搏(心跳)：包括心縮和心舒二種狀態。 心房收縮：血液由左心房→左心室，右心房→右室。</p>	<p>國中部分沒有淋巴系統之介紹。</p> <p>增加心尖名詞。重覆高中、國中內容。</p> <p>進一步接高中基礎生物後更詳細說明心搏，心舒張、心收縮。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	循環	1.2血管	高中生物(第一冊)	<p>心室收縮：房室瓣膜關閉，血液由</p> <ul style="list-style-type: none"> 左心室→大動脈 右心室→肺動脈 <p>心室舒張：大動脈和肺動脈瓣膜關閉。</p> <p>心房舒張：促使上、下大靜脈血液流回右心房，肺靜脈血液回左心房。</p> <p>6. 節律點：是為一種特化的心肌，具神經的特性。按一定的頻率發出刺激心肌收縮的訊號，促使心臟收縮。</p> <p>7. 心搏速率：休息時，每分鐘72次。腎上腺，分泌腎上腺素、神經和內分泌，體溫升高等均會促心搏速率加快。</p> <p>8. 心肌之養分、氧的供應來源：分布心肌的血管，包括冠狀動脈，靜脈和其它分枝。</p> <p>冠狀循環：</p> <ul style="list-style-type: none"> 養分、氧 大動脈基部→冠狀動脈—— 氣 →心肌中小動脈→微血管→ CO₂ 心肌細胞——→微血管→ 廢物 小靜脈→冠狀靜脈→右心房。 <p>(B)血管：</p> <p>1. 動脈：血流方向為離心者。</p> <p>a. 管壁：</p>	<p>高中基礎生物沒提過節律點。</p> <p>高中基礎生物只提到心搏速率，但未提到腎上腺素，神經和內分泌可促心跳加快。</p> <p>高中基礎生物沒提過冠狀循環。</p> <p>與高中基礎生物有銜接，且在構</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命領域的維持	生物的構造與機能	循環	1.2血管(續)	高中生物(第二冊)	<p>內→外分三層不同構造。</p> <p>內皮：單層光滑的扁平細胞。 平滑肌：中層。 結締組織：外層。</p> <p>口徑較小，管壁較厚</p> <p>管壁含較多的平滑肌(含彈性纖維)</p> <p>2.靜脈：血流方向為回心者。 也是內→外分三層</p> <p>a.管壁：與動脈同。 口徑較大，管壁較薄。</p> <p>b.靜脈瓣：存於較大的靜脈管內。 防止血液倒流，只容許血液朝回心方向流動。</p> <p>3.微血管：介於小動脈和小靜脈間的微血管，分枝極多且交流成網，稱微血管網。</p> <p>a.管壁：僅一層內皮細胞，管壁最薄。</p> <p>b. O_2 和氧分藉擴散作用 微血管 → 細胞 ←</p> <p>CO_2 和其他代謝廢物</p> <p>血壓：心臟收縮時，血液自心臟流出，對管壁會產生一種銜繫的壓力。</p> <p>脈搏：動脈管壁在隨伴每次心搏而發生的此種擴張與復原</p>	<p>造上特別加以說明。</p> <p>高中基礎生物沒有提到靜脈瓣。</p> <p>比高中基礎生物更深入，有銜接。</p> <p>高中基礎生物沒提到血壓和脈搏。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	循環	<p>1.2血管(續)</p> <p>1.3血液循環的途徑</p>	<p>高</p> <p>中</p> <p>生</p> <p>物</p> <p>(</p> <p>第</p> <p>二</p> <p>冊</p> <p>)</p>	<p>的交替變動，並可漸次傳遞到遠方的動脈管壁上，故吾人可於體表某些部位觸摸到皮下動脈跳動。正常生理情況下，脈搏的次數與心搏相符。</p> <p>c. 血液循環的途徑： 體循環：途徑較長，遍及全身。</p> <p>心臟←大動脈←肺以外←微血←小靜脈←上下←心臟 (左心室) 全身各·管網·靜脈 大靜脈 · 部的動· (· · 脈及小· 交· · 動脈 · 換· · · 物· · · 質· · ·)· · · · · · · · 充氧血· · · · · 缺氧血· · · · ·</p> <p>充氧血：體循環(包括冠狀循環)途徑中，動脈管內的血液含氧量都比較高，含養分量也較多。 缺氧血：靜脈管內的血液，則含氧量甚低，含養分量比較少，除肝內靜脈是收集小腸所吸收的大部分養分是例外。</p>	<p>與基礎生物相互連接，且更深入將循環分成體循環和肺循環。</p> <p>並解說充氧血、缺氧血比基礎生物詳細。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的構造與機能	生物	循環	1.2血管(續)	高	<p>肝門靜脈 → 肝臟 → 肝靜脈</p> <p> ↓ ↑ 貯存</p> <p> 養分</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>a.a → 蛋白質</p> <p>glucose → 肝糖</p> <p>維生素A.D.B₁₂</p> </div> <p>→ 下大靜脈 → 右心房</p> <p>肺循環： 心臟 → 肺動脈 → 肺部 → 肺靜脈 → 心臟 (右心室) 微血管 (左心房)</p> <p>· · (· · · · 交 · · · · 換 · · · · 氣 · · · · 體 · ·缺氧血.....)充氧血.....</p>	加入肝門靜脈。
			2.血液 2.1血液、血漿、血球	中	<p>(2)血液： { 血球 { 血漿占55%的血液容 積</p> <p>(A)血漿 { 呈淡黃色。 { 含水分約90%。 { O₂ 和CO₂ { 細胞所需的養分：主要是葡萄糖、胺基酸、脂肪酸、多種無機鹽類的離子。 { 細胞的代謝廢物：尿素、尿酸等含氮廢物。</p> <p> { 來自白血球的 { 抗體(免疫球蛋白) { 只 { 蛋白質： { 球蛋白) { 占一小部分 } { (血漿蛋白) { 占7-8% } 大部分是由肝</p>	重覆。 一再重覆，只是介紹更微細資料。 又出現抗體，但未解說。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	循環	2.1 血液、血漿、血球 (續)	高中生物 (第一、二冊)	<p>血漿蛋白的功能：</p> <ul style="list-style-type: none"> 肝臟製造。 與血液凝固有關。 與礦物質、激素結果，有助於這些物質的運輸。 具有緩衝劑作用，維持血液酸鹼度的穩定。(約PH7.4) 使血液具適當的黏度和濃度。 <p>(B) 血球：</p> <p>由骨髓內的細胞轉變而來。淋巴球自嬰兒期後，改由脾臟和淋巴結負責製造。</p> <p>1. 紅血球：數目最多，400萬-500萬個紅血球/mm³ 血液中(通常男性的數值較高，女性較低)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①無細胞核，且呈圓盤狀。 ②含血紅素：可運輸O₂。 ③血紅素：一種與色素結合的蛋白質，含量過低，即為貧血。 <p>2. 白血球：比紅血球大，5000-10000個白血球/mm³ 血液中。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①有的可作變形運動，且吞噬微生物。 ②淋巴球：藉免疫反應來破壞病原和其他外來入侵者。 	<p>增加貧血名詞。</p> <p>增加免疫反應名詞，但未解說。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維繫	生物的構造與機能	循環	<p>2.1 血液、血漿、血球 (續)</p> <p>2.2 淋巴系統</p>	高中生物(第一、二冊)	<p>3. 血小板遠比紅血球小，30 萬個 / 1mm^3。</p> <p>① 呈不規則狀，無細胞核。</p> <p>② 功能： 促近血液凝固。 血餅：血小板釋出磷脂質於傷口，使血漿產生一連串化學反應，最後產生不溶性蛋白質纖維，將血球滷成一團血塊。 血清：血液凝固後，在血餅之外，所遺留的澄清液體。</p> <p>(3) 淋巴系統： 組織液 微血管——→微淋管→淋巴管 (由單層內皮細胞構成，管的末端呈封閉狀) 胸管(自腹腔上升而偏向胸腔左側的) 右淋巴總管(胸腔右側的一條) →頸下二側胸腔內的靜脈管。</p> <p>淋巴： 淋巴管內流動的液體。 澄清無色的液體。由一部分組織液可穿越微淋管的管壁，滲入管內而形成淋巴。 乃間接來自微血管中的血液，成分與血漿相似，只是蛋白質含量較低。</p> <p>組織液： 微血管內的血漿，常會有一部分經管壁滲出到附近組織。 即細胞與細胞之間間隙，形成組織液。 較大淋巴管和靜脈一樣具有活瓣</p>	<p>增加血小板功能之詳述，其中提到血液、血餅二名詞。</p> <p>比基礎生物更加深內容。</p> <p>淋巴循環是基礎生物沒有的。</p> <p>比較淋巴和組織液，是基礎生物所沒有的。</p> <p>淋巴管內具有活瓣是基礎生物所沒有的。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	循環	2.2淋巴系統 (續)	高中生物(第二冊)	<p>水腫：淋巴管病變而閉塞不通，自微血管滲出的組織液，將在該部組織細胞間愈積愈多。</p> <p>淋巴結： ①在人體皮下及內臟器官之間，常有許多由淋巴管和淋巴組織聚集而成的顆粒狀構造。 ②可製造淋巴球，並對侵入的微生物及其他異物加以過濾，清除。 ③當入侵病菌毒性很強，致使淋巴結受損傷而發炎，腫痛而發出警告，故其具有防禦(免疫)功能。</p> <p>脾臟： ①腹腔左上方，外觀呈紫紅色，扁圓形。 ②內有類似淋巴結的構造，並可製造淋巴球。 ③具備血功能。 ④可破壞意志紅血球的功能。</p>	<p>水腫是基礎生物所沒有的。</p> <p>淋巴結內容功能解說更詳細。</p> <p>並增加脾臟的功能，在這之前未提過。</p>
生命	生物的構造與機能	呼吸	1.魚的呼吸 2.生物呼吸產生何氣體	國小	<p>第6冊 魚怎樣呼吸？</p> <p>第11冊 生物呼吸產生什麼氣體？</p>	
			<p>1.呼吸</p> <p>1.1魚釋放出氣體(BTB測)</p> <p>1.2人呼出氣體(氯化亞鈷)</p> <p>1.3呼吸作用</p> <p>1.4單、多細胞之氣體交換</p>	國中	<p>Ch.7-4</p> <p>①實驗7-1，魚釋出氣體，以BTB測魚釋出的氣體。</p> <p>②實驗7-2，氯化亞鈷測人呼出之氣體。</p> <p>③細胞吸收氧和排出二氧化碳的現象，叫呼吸作用。 $\text{葡萄糖} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{水} + \text{能量}$</p> <p>④單細胞動物之氣體交換。</p>	<p>①銜接國小所教的魚怎樣呼吸和生物呼吸。</p> <p>②同時簡介呼吸作用，單和多細胞動物之氣體交換。</p> <p>③人類之肺部呼吸運動之機制。</p>

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物	呼吸	1.5肺呼吸運動之機制	高	⑤多細胞動物藉呼吸器官進行氣體交換。 水生動物：鰓 陸生動物：肺 ⑥肺部呼吸運動之機制。 肋骨、橫膈、胸腔。	④並且以實驗的方式讓學生了解魚和生物的呼吸。
			1.呼吸 1.1草履蟲呼吸 2.人的呼吸 2.1呼吸器官 2.2呼吸運動 2.3氣體的交換	中	Ch. 2-3 1. 草履蟲直接由水中得氧，且將代謝廢物CO ₂ 排出。 2. 人類則靠專司氣體交換器官。 (A) 呼吸器官： ①呼吸道：鼻、咽、氣管、支氣管。 ②氣囊、肺泡、肺泡薄膜(呼吸氣膜) (B) 呼吸運動： ①肺：左二大葉、右三大葉。 ②胸腔、腹腔、橫膈膜、肋骨。 ③呼氣、吸氣之原理，呼吸運動之機制。 (C) 氣體的交換： ①氧的交換： $\begin{array}{ccc} & \text{肺泡中} & \\ \text{Hb} + \text{O}_2 & \rightleftharpoons & \text{HbO}_2 \\ & \text{組織細胞中} & \end{array}$ (血紅素) ②二氧化碳的排出： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons{\text{酵素}} \text{H}_2\text{CO}_2$ $\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	①詳細的將呼吸器官，呼吸運動之機制、氣體的交換作解說。(特別分成呼氣、吸氣解說)。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命	生物的構造與機能	呼吸	1.呼吸 1.1單細胞動物 1.2多細胞動物 2.呼吸系統 3.呼吸運動 3.1呼吸運動的構造組成 3.2呼吸運動的機械原理 3.3呼吸運動的調節 4.氣體的運輸 4.1氧氣的運輸 4.2二氧化碳的運輸	高中	Ch.18 ①單細胞動物和一些低等無脊椎動物（海綿、水螅）氣體交換 ②多細胞動物藉鰓肺進行氣體交換。 (A).呼吸系統： 鼻腔、咽、硬腭、軟腭、氣管、喉、會厭、聲帶、聲門。 肺泡、左、右肺、支氣管、小支氣管、肺泡微血管。 (B).呼吸運動： 1.包括胸壁的起伏、橫膈的升降（肋間肌）及肺的脹縮等。 2.呼吸運動的機械原理： 呼吸運動：呼氣和吸氣。 吸氣運動：胸腔擴大，由於 (a) 肋間肌收縮，使胸腔橫徑增大。 (b) 橫膈的收縮，使胸腔縱徑增大。 呼氣運動：胸腔縮小 3.呼吸運動的調節： 靠延腦內之呼吸中樞對血中CO ₂ 濃度變化所引起的反應，經神經傳導而影響於控制呼吸的肌肉。 (C).氣體的運輸： 1.氧氣的運輸：靠血紅素。 (O ₂ 濃度較高時) $\text{Hb} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HbO}_2$ \longleftarrow (O ₂ 濃度降低或CO ₂ 濃度升高時) 2.二氧化碳的運輸： a.在身體一般組織之微血管及	與國小、高中、高中基礎生物有所連接。 不論在呼吸系統的構造上均以極詳盡的方式解說。 呼吸運動的部分，除加深、更清楚介紹外，還增加呼吸運動之調節。 高中基礎生物未提到呼吸運動的調節。 重覆高中基礎生物的內容。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註	
生命的構造與維能持	生物呼吸	呼			靜脈內的血液，具下列反應： $\begin{array}{c} \text{酵素} \\ \left[\begin{array}{l} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \\ \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \end{array} \right. \end{array}$ b. 在肺部微血管內則與上述反應相反之。		
		生	1. 蠶卵的孵化生長過程 2. 動物的生殖 2.1 卵生 2.2 卵胎生 2.3 胎生	國	第六冊 1. 蠶卵的顏色、形狀、大小如何？ 2. 蠶卵的孵化過程。 3. 蠶卵的生長過程。 眠←吐絲←繭←蛾←卵 第八冊 1. 動物的生殖 卵生：小雞孵化的整個過程，蛙卵。 胎生：如牛、豬、人，以及胎生動物的特徵。 卵胎生：如大肚魚。	國小	國小以觀察的方式讓學生去觀察小雞的孵化整個過程和蠶卵孵化過程，可發現其對胚胎發育過程介紹比國中深入。
		與	1. 有性生殖 1.1 受精、受精卵 1.2 體外和體內受精 1.3 卵生和胎生 2. 生殖行為 2.1 求偶行為 2.2 育嬰情形	國	Ch.8-3 有性生殖 1. 受精、受精卵 2. 體外受精，如魚、蛙。 3. 體內受精：如昆蟲、龜、蛇、鳥類、哺乳類動物。 4. 卵生：如昆蟲、龜、蛇、鳥類 胎生：如虎、鼠、馬、人。 實驗8-3（蛋的觀察，蛋內部構造）。 Ch.8-4 生殖行為 1. 描述鳥、昆蟲和哺乳動物如何求偶，其求偶活動如何進行。	中	在國中的部分： 1. 有串接國小所提到卵生、胎生的概念，但沒有卵胎生之概念，其並且增加描述哺乳動物的胎兒在子宮內之發育過程。 2. 其次是增加了受精和受精卵的概念，以及體內、體外受精的描述並舉例。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的構造與發展維持	生物生殖	生殖		國中	2. 並介紹不同動物如何哺育嬰幼兒。 如海馬，雄魚有一育兒袋。 負子蟾，將受精卵背負在雌體背面加以保護。 鳥，由親體坐在卵上直到幼鳥孵出。	3. 但在觀察卵的孵化和生長過程，則不及國小來得完整。 4. 在生殖行為和育嬰部分以舉不同動物來說明其多樣性 (diversity)
			1. 無性生殖 1.1 出芽生殖 1.2 單性生殖 2. 有性生殖 2.1 精子、卵、受精卵 2.2 卵巢、睪丸 2.3 體內和體外受精	高中基礎生物	Ch.3-1 1. 無性生殖和有性生殖之描述。 2. 無性生殖： 2.1 出芽生殖：如酵母菌、水螅 2.2 單性生殖：如蜜蜂和蟻。 3. 有性生殖： 3.1 精子、卵、受精卵。 3.2 雄體具睪丸產生精子，雌體具卵巢產生卵。 3.3 體內和體外受精的描述，同時舉例說明，並說明哺乳類胎生的優點。	1. 在此增加了無性生殖的部分。 2. 同時在有性生殖的部分提到卵和精子的出處。 3. 在深度上並沒增加。
			1. 生殖系統 1.1 生殖系統的構造和功能 1.2 女性的月經週期 2. 激素與生殖 2.1 卵巢的激素 2.2 腦垂腺的激素 2.3 下視丘的激素	高中生物 (第三冊)	Ch.24 1. 生殖系統 1.1 生殖系統的構造和功能。 男性：睪丸、副睪、輸精管、陰莖、貯精囊、攝護腺、尿道球腺。 女性：卵巢、輸卵管、子宮、陰道、濾泡。 1.2 女性的月經週期： 動情週期：動物，月經週期：人類。 行精期、濾泡期、排卵期、黃體期詳細解說。	完全是新的一章。

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	生殖與發生	2.4 回饋控制 2.5 男性的激素與生殖 3. 胚胎發生 3. 胚胎的發生 3.1 受精、發生 3.2 受精過程 3.3 卵裂、著床及胚外膜 3.4 胚胎的發育與分娩 3.5 個體的成長	高中生物(第三冊)	同時並提到動情素和黃體激素。 實驗24-1 生殖腺的觀察：觀察鼠卵巢的濾泡細胞和黃體，並觀察兔睪丸的精管、精原細胞、精子。 2. 激素與生殖 2.1 卵巢的激素：動情素、黃體激素的分泌與作用。 2.2 腦垂腺的激素：FSH (促濾泡成熟激素)，LH (黃體成長激素)的來源與作用。 2.3 下視丘的激素：多種釋放激素(釋放因子)與其作用。 2.4 回饋控制的解說，並用於解說下視丘、腦垂腺和卵巢的激素互相作用如何引發月經週期為例。 2.5 男性的激素與生殖：雄性激素對精子的形成，生殖器官發育，第二性徵等之影響。 FSH, LH 如何影響精子形成，分泌雄性激素。 3. 胚胎發生： 3.1 受精、發生、發生學、胚胎學的介紹。 3.2 受精：解說受精卵如何結合過程，受精卵的核含有二倍數染色體。 3.3 卵裂、著床及胚外膜。解說卵裂的過程。滋胚層、內細胞群。介紹絨毛膜、羊膜、卵黃囊	

領域	主題	次主題	概念	程度	概念內容	備註
生命的維持	生物的構造與機能	生殖與發生	3.6發生的機制 3.7優生學與生育 3.8節育 3.9性病	高中生物(第三冊)	、尿囊的分布、功能與作用。 3.4 胚胎的發育與分娩： 外胚層、內胚層、中胚層後來分化成何組器官的詳細說明。 分娩過程的詳細說明。 3.5 個體的成長：各個器官的發育成長，更新、衰老、老化死亡。 3.6 發生的機制。 與細胞質、激素、胚胎誘導有關。 3.7 優生與生育的介紹。 3.8 節育的介紹。 3.9 性病的簡介。	

總 結

在我國之教育制度下，課本主導著學校教育之教學內容，而從國小到高中皆規定用統一編輯教材的制度下，針對特定科目相關概念之連貫與統整，應該有其必然性，也應該是輕而易舉的事。透過連貫與統整的教材，教學之內容會給與學生循序發展的概念，奠定紮實的理論基礎，以備隨後追求更高深之學識。

然而，經過我們針對某特定生物領域－「生命的維持」作深入之探討後，發現目前三級教育、四部生物教材之間，有許多缺乏連貫與統整的地方，整體而言，只有「呼吸作用」在概念連貫上最符合「螺旋式」概念發展模式，而且

在實驗設計上也具有啓發性。「消化與營養」是另一較有連貫之主題，可惜國小之自然教材中，幾乎無任何有關消化與營養的概念。「循環系統」在國小自然教材中，亦無相關之概念，不過從國中生物到高中生物，在概念發展上大致符合「螺旋式」概念發展模式。

其他之主題皆有不竟理想之處，茲歸納如下：

- (一)上下有連貫，但重疊部份過多；如「恆定作用」主題中，有關尿液形成之描述，「高中基礎生物」與「國中生物」提及之概念即有很大的重疊，而「高中生物」對尿液形成之敘述，無論在內容篇幅或概念內容，皆與「高中基礎生物」相仿，只多了「分泌作用」之機轉，但少了對相關疾病（如洗腎、換腎）的描述。
- (二)大部份概念過份集中在「高中生物」；如「協調作用」中之「內分泌系統」次主題，國小未提及，國中生物之概念內容又與高中基礎生物大同小異，而高中生物以一章的篇幅，提及許多有關內分泌之概念。其實，整個「協調作用」主概念，在高中生物中以「神經系統」、「感覺作用」及「內分泌系統」等三章詳細描述，篇幅相當於「呼吸」、「循環」、「消化」等三主題的總合，尤其是「感覺作用」一章，只有在國小自然及國中生物提到眼、耳、鼻、皮膚為「受器」的概念。並無任何進一步說明，高中基礎生物則隻字未提，故所有概念皆集中在高中生物中出現，完全失去連貫性之概念發展架構。有關「防禦作用」主題之主要概念，也幾乎集中在高中生物中自成一章。
- (三)低年級所提之概念較高年級詳細；這種概念安排是現行生物教材之主要缺點之一。如「生殖與發生」主題之下，國小自然教材引導學生由蠶卵孵化過程之觀察，瞭解生物個體發生的過程，第八冊也有雞蛋在二十一天孵化過程的詳細圖片，故國小自然在概念之表達上，比國中生物來得生動、深入。如在「神經系統」次主題之下，國中生物提到大腦、小腦及延腦之解剖部位、外觀與功能，但在高中基礎生物未提及小腦及延腦。此外，對周圍神經系統的描述，國中生物也比高中基礎生物詳細，而對「腎上腺」的

描述，也有這種缺失。對「白血球功能」的描述，高中基礎生物重覆了國中生物的概念內容，而從對「抗體」的描述而言，國中生物有提及，但高中基礎生物反而未加敘述。

(四)低年級至高年級之間，有明顯斷層現象；這是目前生物概念發展上之另一主要缺失。如國小自然利用雞翅膀的解剖與觀察，深入淺出的介紹了肌肉與骨骼間聯合運動的關係，可惜國中生物中卻隻字未提，使國小完整發展的概念後繼無力。高中基礎生物提到肌肉之構造與功能，但仍然未涉及「骨骼系統」的概念，到高中生物有關「支持與運動」主題中之概念內容，才與國小概念有連貫。如「協調作用」中之「感覺作用」，在國小自然教材中，學生從自身體驗中，瞭解眼、鼻、舌、耳、手之感覺功能，國中在具體概念內容上並未增加，只多了「受器」這個名詞。而高終中基礎生物則隻字未提，到高中生物教材中，才大量出現相關之概念，並以獨立的一章詳細描述。

很顯然「國小自然」、「國中生物」、「高中基礎生物」及「高中生物」等四套生物相關教材，是由四組專家獨立作業的成果，故在概念之連貫與整合上，有許多明顯缺失。此外，除了國小自然之外，其他較高年級之教材與實驗內容，並不能引導學生將概念內容與自身、其他生物及周遭環境，作完整的連繫，很容易導致概念的堆砌，而不知加以應用。在此期待新一代的生物教材內容，能朝概念之連貫與實用性。