

國中理化(化學部分)疑難問題與其解答

鄭華生

國立清華大學化學系

本校暑修班化學組有一門教材與教法的課，今年一改過去由學員示範教學供大家觀摩的方式，請修課的學員將平日教學上遇到的疑難問題提出來共同討論，並互相交換心得。由於他們提出來的問題很多，但時間有限，且上課時手上又缺乏適當的參考資料等，不能給予滿意的解答。因此，謹借本刊，分化學和物理兩部分，物理部分敬請徐竹村教授，做較詳細的解答，供本刊的讀者們，包括修課的學員參考。

【問題 1】 國中理化第四冊，電解電池鹽橋中陰陽離子之移動方式及功能，解釋上似有困難？鹽橋的功用是維持電解槽或電化電池中，溶液的電中性，例如：Zn-Cu 電池中，Zn（負極）： $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ，陽離子增多，鹽橋中陰離子游向負極，維持電中性。Cu（正極）： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ，陰離子增多，陽離子游向正極，維持溶液電中性，如圖 1。課本中鹽橋使用的鹽類之離子都是無色，無法具體看出其移動情形。因此，稍嫌抽象，解釋起來似乎有困難。

建議：以有顏色離子之鹽類當鹽橋材料。

【解】 鹽橋的目的並不是保持溶液的電中性，詳情請參見拙文「化學電池基礎概念」或有關電化學專門書籍。(1)問題中出現電解電池、電解槽、電化電池等

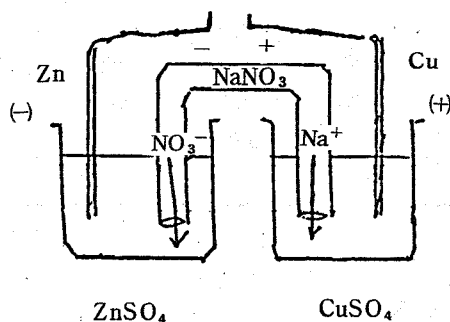


圖 1

三種名稱，其中電解電池一詞是錯誤的，因為沒有這一個名詞，而電化電池在高中化學課本裏，一方面定義為電能和化學能互相轉變的工具，另一方面又以它代表化學電池，需要注意。(2)電解槽不使用鹽橋。

實用電池是供應電能為目的，讓電池反應順利進行，所以它的放電電流較大，若將毫安培計直接連結，可能會被燒毀。化學電池的情況不一樣，由鹽橋帶電流，抑制氧化還原反應的進行，以便保持平衡狀態，若放電，其速率很慢，

電流微弱，可以直接連結毫安培計。本實驗在數分鐘之內看不到硫酸銅溶液的顏色變淡的理由如下：按照本實驗的條件，可得約 3 毫安培的放電電流。假設放電持續 60 分鐘，其電量 it (安培·秒) = $0.003 \times 60 \times 60 = 10.8$ 庫倫 = $10.8 / 96,500 = 1.1 \times 10^{-4}$ 法拉第，即可以析出 1.1×10^{-4} 克當量的銅。假設 0.1M 硫酸銅溶液體積 200 毫升，其含銅量應為 $0.1 \times 200 \times 2 \times 10^{-3} = 0.04$ 克當量，因此放電 1 小時後，從溶液中消失的銅離子只有 $(1.1 \times 10^{-4} / 0.04) \times 100 \doteq 0.3 \%$ 而已，其量甚微，看不出溶液的顏色變淡。

【問題 2】 第四冊理化，第二十四章，43 頁，有這麼一段課文：「在使用乾電池時，須知乾電池皆有其自身的內電阻，例如電壓為 1.5 伏特的乾電池，若內電阻為 r 歐姆（如圖 2 (A)，當通過的電流為 I 安培時，實際上它對外提供的電壓只有 $(1.5 - Ir)$ 伏特，其中的 Ir 伏特在電池中自己消耗了。電池因使用過久，其內電阻增加，所能提供的電壓減低，失去利用價值。〈問題〉大部份的學生會認為內電阻 r 若增加，則電流 I 會減少，則何以 $(1.5 - Ir)$ 會變小？

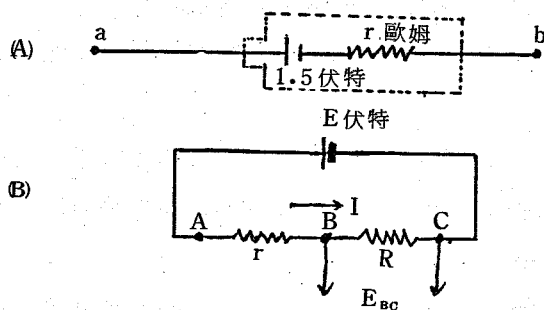


圖 2

【解】 將圖 2 (A) 畫成如 2 (B) 的等值電路，可以較清楚的瞭解課文的意思，但圖中的 E 表示乾電池的電壓。圖 2 (B) 的電路包含三種電阻：導線、內電阻和負載。其中導線的電阻很小，可以忽視，所以流通於電路的電流是：

$$I = \frac{E}{r + R}$$

即是流通內電阻 r (AB) 和負載電阻 R (BC) 的電流都是 I 安培。 I 安培的電流通過內電阻 r 時消耗一部分的電壓，其大小 $E_{AB} = Ir$ 伏特，稱為「IR 降」。因此，在負載 E_{sc} 能夠獲得的電壓是：

$$E_{BC} = E - E_{AB} = E - Ir \text{ 伏特} \quad (1)$$

假設 $E = 1.5$ 伏特，得 $E_{ab} = (1.5 - Ir)$ 伏特，即是課本所云：「○電壓為 1.5 伏特的乾電池○對外提供的電壓只有 $(1.5 - Ir)$ 伏特。」只要乾電池的電壓 $E = 1.5$ 伏特，這一段說明就是對的。實際上實用電池都盡量減低內電阻，使 $r \ll R$ ，除非精密實驗需要精確的 E_{BC} 值，日常生活的應用都不必考慮內電阻的 IR 降，即是公式 1 可近似 $E_{BC} = E$ 。至於課文的最後敘述：「電池因使用過久，其內電阻增加，所能提供的電壓減低，失去利用價值」，給人的印象是乾電池的電壓 E 永遠保持 1.5 伏特不變，而內電阻的增加是電池失靈的唯一原因。

實用電池是將化學能轉變為電能的設備，具體一點的說，實用電池裏面的化學物質產生氧化還原反應才能夠提供電能。剛出廠的乾電池含有充分的氧化劑和還原劑，其電壓為 1.5 伏特，但每次使用時，必消耗氧化劑和還原劑，按照能士特公式，陰極電位 E_c 下降，陽極電位 E_a 上昇，其結果是電池電壓 $E = E_c - E_a$ 會減低。假若氧化劑和還原劑的濃度下降到某程度，即是電池電壓減低到某程度以下，電池就不靈了。內電阻的增加是反應物濃度減低以及產生非導電性物質的結果：公式 1 中， E 逐漸減低， r 隨之增加，使 E_{BC} 愈來愈低。

【問題3】 22-2 電壓與電流。在實驗 22-2 電流的測量中，依照課本的線路聯接，測其電流。但當串聯兩個電池時，燈泡會燒毀，有何方法可改善？（因如換大電阻燈泡時，並聯即看不清楚其效果。）

【解】 燈泡必須依照指定的規格之下使用，例如：筆者手上有一隻使用兩個乾電池（串聯， 2×1.5 伏特）的手電筒，其燈泡的電阻約 0.9 歐姆，即是它容許的最大電流是 $3 / 0.9 = 3.3$ 安培。假若只用一個電池，電流 $1.5 / 0.9 = 1.7$ 安培，太小，燈泡不太亮或不會亮，但假若串聯三個電池，其電流 $4.5 / 0.9 = 5.0$ 安培，超過容許電流，燈泡可能會燒毀。試用大燈泡時，應注意額定功率，即是瓦數， $W = IE$ ，式中 E 是電力公司供應的家庭用電的電壓 110 伏特。例如

5 瓦燈泡的電阻是： $W = IE = \frac{E}{R} \times E = \frac{E^2}{R} \therefore R = \frac{110^2}{5} \doteq 2,400$ 歐姆。若

將它接在 4.5 伏特電源（串聯 3 個乾電池）所得的電流只有 $\frac{4.5}{2,400} \doteq 0.002$ 安

培而已，尚不足使燈泡發亮。並聯多數乾電池的電壓和單獨一個乾電池的電壓相同為 1.5 伏特，不能解決問題。本實驗的目的是要測量電壓 E 和電流 I 的關係，所以必須將電阻 R 給予固定，串聯兩個或是三個小燈泡（手電筒用），或許可以改善實驗。

【問題 4】 13-6 摩擦力。課本中實驗 13-1 探討摩擦力與接觸面的性質及其上之重量的關係，而實驗結果是——接觸面越粗糙，或正面作用力越大，最靜摩擦力也越大。換句話說，課本只提到摩擦力與這兩個因素有關，但文章後面又提到“利用滾珠或滾輪的裝置，可以極為有效的減少不必要的摩擦阻力”，是否意味摩擦力與運動方式有關？而為何滾動比滑動摩擦力小？

【解】 課本所提的是「摩擦力與接觸面的性質及其上之重量關係」，而不是「摩擦力與運動方式關係」。摩擦力的產生是兩面互相摩擦的結果，亦即摩擦面越大，摩擦力也越大。假若要減少摩擦力，就必需減少摩擦面積，而滾珠或滾輪的利用就是為了這一個目的。日常生活裏，經常看到工人搬運很重的東西時，會在下面放兩三支長木材並推拉，可較不費力的達成目的，因為木材和貨物之間的接觸是線，而不是面的關係。自古以來車輛的輪子都是圓形的，同理可以減少很多的摩擦力。腳踏車或機車有很多滾球，例如前後兩輪的中心部分叫做花鼓，都有滾珠，因為它們的形狀都是圓球或是珠，與輪軸接觸的地方是點，所以摩擦力很小，行車很快。請觀察您的機車或腳踏車。

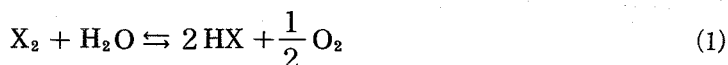
上課時，以日常生活裏經驗到的現象為例子，然後用物理學的方法去解釋，如此做較能提高教學效果和學習效果。絕大部分的國中生和高中生的認知層次都還在具體操作期，不會抽象思考（形式操作），所以先提日常生活中的具體現象之後才引導它們進入科學世界，這是很重要的。

【問題 5】 9-1 元素分類示例。在實驗 9-1 金屬元素的分類中「Na、K、Mg、Zn、Al、Fe、Cu、Pb」與鹽酸反應，其中 Cu 和 Pb，我們教學生是「不反應」，但實際上 Pb 有反應，如何解釋？

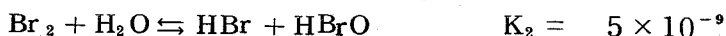
【解】 由於缺乏有關金屬的狀態、鹽酸濃度、加熱與否等等的實驗條件，不敢輕易作答，請提出本題的老師告知詳細的實驗條件。可否也請告知「實際上 Pb 有反應，但教學生是不反應」的理由？保證保密。

【問題 6】 9-2，一些重要元素的性質及反應。課本提及「氯、溴都能溶解於水中，一部分和水發生反應，使水溶液呈酸性。碘亦有此一性質，惟碘在水中的溶解度很小，所以看不出其酸性。」但在無機課本中，其酸性強弱為 $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$ ，如此的話，是否衝突？

【解】 鹵素 (X_2) 和水有兩種重要的反應，



當 X_2 溶解於水，到底會產生那一種反應呢？簡言之， F_2 與水激烈反應產生 O_2 ， Cl_2 的反應較緩和， Br_2 和 I_2 不會產生 O_2 ，有興趣的讀者請比較 $\text{X}_2 + e \rightleftharpoons 2\text{X}^-$ 和 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ 的標準還原電位就可以找到答案。由於 F_2 和水激烈反應產生 O_2 ，所以它不會產生反應 2，但是 Cl_2 和 Br_2 的「一部分」會進行這一反應（註：一部分進行反應，另一部分不反應，即是反應是可逆的，會到達平衡）：



Cl_2 （氣體）、 Br_2 （液體）、 I_2 （固體）於 0°C 的溶解度各為 1.46、4.17、0.02 克 / 100 毫升水，前二者的溶解度較大，且因為分別產生強酸 HCl 和 HBr ，溶液會呈酸性（註： HClO 和 HBrO 都是弱酸，它們的 K_a 各為 3.0×10^{-5} 和 2.1×10^{-9} ）。雖然 Br_2 的溶解度較大，但是平衡常數 $K_2 \ll K_1$ ，所以溴水的酸性比氯水的酸性低，估計 pH 值，溴水約 5，氯水 2~3。反觀碘的溶解度很小，而且 K_3 亦很小，反應所得的強酸 HI 濃度極低微，幾乎等於 0，「所以看不出其酸性」。

四種 HX 中， HF 是弱酸（ $K_a = 3.5 \times 10^{-4}$ ）以外，其他三種，即是 HCl 、 HBr 、 HI 都是強酸（ $K_a = \infty$ ），在水溶液中完全解離。質疑所提及的 $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI}$ 關係是酸本身固有的強度（intrinsic strength）：各種強酸本來就有不同的強度，但溶解於水後都看不出強度的差異，例如它們的濃度都是 0.1M 時，溶液的酸性都一樣為 $[\text{H}^+] = 0.1$ 莫耳 / 公升。此種現象稱為標準效應（leveling effect）。強酸本身的強度必需選擇無水醋酸、甲醇等為溶

劑，所謂的非水溶劑才能夠加以區別，詳情請參閱非水溶液有關的書籍。

總之，課本提及的是濃度的問題，即是濃度高時，酸性必高，但濃度低時，酸性必低，所以問題很單純。酸的濃度是一回事，酸的強弱（註：並不是酸性）是另外一回事，二者並無衝突。

【問題7】 課本示範實驗——碘的昇華，加熱固體碘後，直接變成氣體，以了解昇華的現象。

取少量的碘，放入試管，再以酒精燈加熱，其中：

- 不知有何更好的實驗設備，儘量避免實驗者吸入碘昇華後的氣體。
- 做完實驗後，試管壁上所沾附許多的碘的小黑粒，不易取出，不知有何好的方法可以處理這使用過的試管。將碘除去。
- 碘昇華時，有時候會有液體出現於試管底，應如何解釋較為理想？

【解】

- 可試用長一點的試管，或用冰冷的濕紙巾繞包試管上部，然後用試管夾住，讓碘氣體再變為固體。氣體碘具有劇毒性，應注意。
- 可用乙醇、四氯化碳、苯等溶劑加以溶解並回收。
- 碘的熔點 113.6°C ，沸點 184.4°C ：碘在熔點附近的蒸氣壓很高，所以緩慢加熱並維持在熔點附近，就可以看到昇華現象。但加熱過猛，溫度升高至沸點，碘會融解變成液體，再沸騰放出碘氣，其量很多，影響安全，必須注意。使用酒精燈加熱時，不容易調整火焰大小以控制加熱溫度時，可調火焰和試管的高度，或利用石棉心網間接加熱；碘開始昇華就停止加熱。

【問題8】 $\text{Zn} + \text{HNO}_3$ （稀），產生的氣體，是 H_2 ？抑或 NO ？ $\text{Zn} + \text{HNO}_3$ （濃），產生的氣體，是 H_2 ？或 NO_2 ？

【解】 硝酸是一種氧化性的酸，它和金屬鋅反應時，本身會被還原為 NO 或 NO_2 ，其中無色的 NO 是很不安定的氣體，立即被空氣氧化為 NO_2 。鋅和非氧化性的酸，如冷稀硫酸的反應就會產生 H_2 。

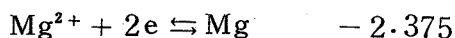
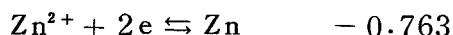
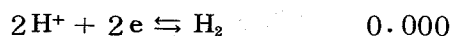
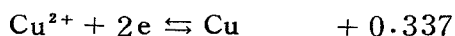
【問題9】 第三冊§17-2。金屬與酸的反應。課文說「多數稀酸溶液與鋅或鎂等活性大的金屬反應，可產生氫氣」，但實際上有不少例外：

	稀硫酸	濃硫酸	稀硝酸	濃硝酸	稀醋酸
Mg			X		
Zn	H ₂	H ₂	H ₂	H ₂	H ₂
Cu	X	SO ₂	NO	NO ₂	X



(3) 這些例外是否有規律可循？是否能請教授列出較詳細的表？

【解】 請參考上題。先查標準還原電位， E° 伏特：



由此判斷，Mg 和 Zn 和酸會自發反應產生 H_2 ，但 Cu 則不反應。這裏的酸，指的是「非氧化性的酸」，如冷稀硫酸、稀鹽酸等，但除非有必要，通常不包含醋酸，因為它是弱酸，不能提供足夠量的 H^+ 。濃硫酸和硝酸（稀、濃）都是氧化性的酸，與金屬反應，被還原為 SO_2 、 NO 、 NO_2 等，所以不會產生 H_2 。問題中提及 Zn 和濃硫酸、硝酸產生 H_2 ，是不對的，而 Mg 與硫酸、硝酸都會反應得氣體。總之，課本所提到的「多數稀酸」所指的是「非氧化性的酸」。

【問題 10】 第八章 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2\text{KNO}_3$ 為求得係數關係，以 PbI_2 的沈澱垂直高度代替 PbI_2 的產量，實驗中要求學生「加熱」沈澱物，使之顆粒變大，堆積更密實，以國中生涯有知識背景，溫度愈高，溶解度會增加，無法理解高溫下，為何沈澱顆粒會變大？

【解】 當溶液濃度較高，沈澱劑濃度較高或沈澱劑的添加速度過快等時，所得的沈澱顆粒很小且不均勻，往往會形成膠狀，其體積又大又鬆散。課本實驗使用 0.5 M 的高濃度，很容易形成膠狀的沈澱，定量分析時需要保持在 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 一段時間（註：這一過程叫做浸漬（digestion）），使沈澱顆粒變大（aging；ripening）。飽和溶液中，有 $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^-$ 的平衡，即是沈澱的溶解

和再沈澱的兩種反應同時在進行。若沈澱的顆粒大小不同，則其溶解度亦不同；顆粒小者，因與溶液接觸的表面積大，其溶解度比顆粒大者較大。請注意，我們在課本中談論的沈澱是可以過濾的顆粒較大者，而不包含不易過濾的微小膠體。在浸漬的過程中，小顆粒溶解後，會再沈澱於大顆粒上，反覆溶解、再沈澱後沈澱顆粒逐漸變大，且大小均勻，並沈積於容器底部。詳情請參考分析化學書籍有關沈澱的生成過程部分。

本實驗是一種很簡單的實驗，加熱的目的是利用對流現象攪拌浮在上面的沈澱，使之沈積於底部。實驗目的是驗證計量關係，所以不提溶解度。

【問題 11】 課本實驗 8-1 碘化鉛的生成

(a) 本實驗的實驗結果是以沈澱於試管的高度來計量，但以試管而言，其本身的高度並不能代表產物的量，因為試管的底部並不是平的，這容易造成實驗結果的誤差。若改用其它平底容器，也許會更好些！

(b) 實驗中，試管中的產物，若隔水加熱時間太久，則產物很容易浮出於水面，則不容易測量沈澱物的高度，而無法得到實驗的結論。

(c) 本實驗進行的過程中，有些亮片似的物質產生，同時一段過後，沈於沈澱之上，且非黃色，不知為何會有如此現象？

【解】 (a) 本實驗並不是精密實驗，誤差較大。畫試管號碼與固體高度的相關曲線時，可先將實驗點畫大一些，然後才畫曲線。

(b) 浮出於水面的都是很細小的膠體，如果其量很少而不影響管底的固體高度，就不必理它。如果量多，可搖動試管。浸漬（參看問題 10）時，請注意燒杯中的水面必高於試管的水面。

(c) 請告知那一支試管出現亮片？

【問題 12】 課本實驗 6-1，水的三態變化，從水的加熱過程，觀察水在三態變化時，其溫度與加熱時間的關係，並求冰的熔化曲線。實驗的結果經常無法得到曲線的水平部分，對於這個實驗，不知有何更適合的方法，可以找出冰融化時，溫度並不會變化。

【解】 可能的原因是溫度不均勻。課本實驗步驟 3 叮嚀「一見有冰融化成水，就要不斷地以玻棒攪動杯內的水，使溫度均勻」。碎冰在上面，水在杯底；水直接被加熱，使上下溫度分布不均勻，用玻棒攪動或許不方便，可以試用筷子或湯匙，

不斷地上下攪動。

【問題 13】 冷劑。可由碎冰與鹽以質量 3:1 混合而成，溫度可以降到 -20°C 左右，其原理何在？如何跟學生說明？為何質量 3:1？有無原因？

【解】 將鹽和冰混合，冰會熔化為水（即是熔點下降的現象），鹽又溶於水。冰熔化時會吸收熔化熱，而鹽溶解時也會吸收溶解熱，使溫度下降。經由實驗得知，鹽與冰質量比 1:3 時可得最低溫度 -21.1°C ，即是共熔點（eutectic point），詳情參閱物理化學有關相律（phase rule）部分。對學生的說明，或許只提到說，這是先人的經驗，用這一種冷劑去做冰淇淋等即可。

【問題 14】 理化第一冊第四章 87 頁，有一實驗，其內容為：藉蠟燭在廣口瓶內燃燒，消耗掉瓶內的氧氣，以致使瓶內氣壓減少，水面得以上升。問題在於水面上高多少呢？課本似乎有意讓學生明瞭空氣中有 $1/5$ 體積的氧氣，而事實上，實驗結果與此相去頗遠，不知問題在哪裡，如何解釋，或有何方法改善？

【解】 本實驗得不到預期結果的可能原因是：瓶口朝下，移到燭焰上方，向下罩住蠟燭的過程當中，燭焰的高溫使瓶內的空氣膨脹，一部分逃出瓶外，因此瓶口沒入淺盆的水中時，瓶內變成半真空狀態，空氣量少，就得不到預期的結果。假如先將廣口瓶罩住蠟燭，然後用凸透鏡集光點燃，或許能改善一點。本實驗畢竟是一種很簡粗的實驗，不宜期求定量的結果。

【問題 15】 § 20-4 皂化反應。實驗所得的產物，用來洗物體，愈洗愈油，何故？椰子油是否過量？若是，二者反應的量，最適當的比例為何？鹽析的秘訣如何？

【解】 所得的產物不純。將椰子油、乙醇、氫氧化鈉混合溶液，用微火煮沸，不時加水以補充蒸發所消耗水分。繼續煮沸直至油滴完全消失，皂化完成為止。冷卻後加鹽水極力攪拌使肥皂析出。所得的肥皂尚含有氫氧化鈉，必需用水處理，再鹽析，過濾，之後才可以用來洗東西。

【問題 16】 4°C 的水密度最大，第一冊，P.144。自圖表得知 4°C 的水體積最小，但質量不變，所以密度最大，但該如何解釋 4°C 時水體積最小這一事實。

【解】 冰的構造是：每一個水分子都經由氫鍵與其他 4 個分子結合，整齊的排列，體積膨鬆，其密度較小。當溫度上升時，由於每一水分子的熱運動，龐大體積的

冰構造開始瓦解，使每一水分子可能與4分子以上的水接觸，其結果是體積減少，使水密度增加，至 4°C 時為最大。溫度再升高，分子熱運動愈激烈，互相間的距離也愈大，水密度開始減少。上文是 4°C 水密度最大的事實之解釋。至於，為什麼不是 3°C ，也不是 5°C ，偏偏是 4°C ？對這個問題就無法回答了。

【問題17】 第三冊§20-3，纖維的辨認。課本內對於棉、毛、聚酯纖維的辨認是用燃燒法，但在日常生活中，布行或服裝店，對於琳瑯滿目的衣服布料，包括混紡者，該如何辨認？除了燃燒法之外，是否有其他較有效的方法區別？

【解】 不知道。

【問題18】 鋅粉+硫酸銅(溶液)之實驗，課本上說：硫酸銅溶液之藍色會消褪，而鋅會取代(置換)出紅色的銅，即下式： $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} + \text{ZnSO}_4$ 。但是，實驗時，却不見紅色銅，而是鋅粉表面逐漸變黑，其原因何在？如何改進才能得到紅色的銅？

【解】 使用鋅粉或鋅片的實驗所得的生成物的顏色都是藍黑，而不是紅，其原因是反應太快，紅色的銅析出時，夾帶藍色的硫酸銅溶液使然，而降低溶液濃度，亦不能改進。我們經常利用標準還原電位去預測自發反應的方向，或由化學反應式預測生成物，但不能預測反應的速率，請讀者們多注意。本實驗只能得到黑色生成物，尚缺乏改善之適當方法。

【問題19】 第十一章直線運動。求下圖3A：(1) 0~4秒間的平均加速度？(2) 0~10秒間的平均加速度？(1)部分， $(12-0)/(4-0)=3$ ，國中生較易接受，但(2) $(0-0)/(10-0)=0\text{m/s}^2$ 的求法較不易接受，因中間有一段加速度為正，一段加速度為負，是否向同學們強調方向的觀念？有何方法改善？

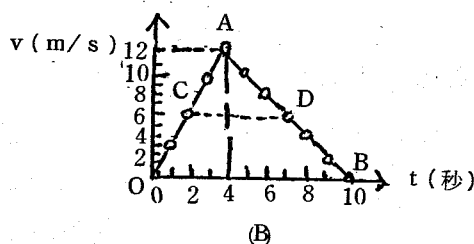
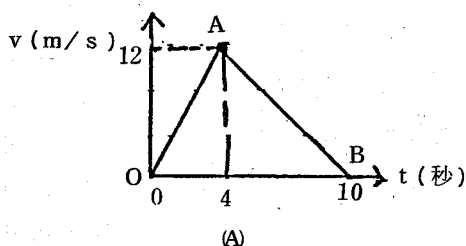


圖 3

【解】 老師是專家 (expert)，看圖3 A時，只看 O 和 B 兩點，就很輕易的解答，但是學生 (novice) 剛開始學習，而且認知層次還在具體操作期，所以它們的注意力集中在 OA 和 AB 的兩線段，認為由 O 出發，經過 A 才到 B，而不是直接到 B，即是這兩線段是學生學習的障礙。由於這一種障礙的一部分原因是學生的認知層次，另一部分原因是基礎知識的缺乏，所以較不容易消除它。較有效的方法可能是：先提出日常生活有關的現象（註：具體的），然後用物理學的方法去解決（註：抽象或形式的），其參考步驟如下。(1)圖 A 中， $\overline{OA}$ 和 $\overline{AB}$ 各表示等加速度運動和等減速度運動，都是在日常生活中，經常經驗到的現象，可以提出來讓學生注意，並使它們感覺親近感。譬如：學生騎腳踏車，加速走 4 秒鐘，到 A 時，看到前面有路障，就開始煞車減速，10 秒鐘到 B 點。(2)將速度和時間的資料列表，並求速度的差距：

時 間 (t ; 秒)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
速度 (v ; 公尺 / 秒)	0	3	6	9	12	10	8	6	4	2	0
速度差距 (公尺 / 秒)		+3	+3	+3	+3	-2	-2	-2	-2	-2	-2

學生從表可以較“具體的看到”等加速度運動和等減速度運動的情況。(3)按照上表速度差距的比例畫直線，但時間用括弧記入，如圖 4 A。學生明白了解這是直線路段的運動，就能較容易的求出 $\overline{OA}$ 、 $\overline{AB}$ 和 $\overline{OB}$ 的平均加速度和平均減速度。(4)求兩種運動的公式：

$$\text{等加速度運動： } v = 0 + 3t = 3t \quad (t = 0 \sim 4)$$

$$\text{等減速度運動： } v = 12 - 2(t - 4) \quad (t = 4 \sim 10)$$

(5)圖 4 A 只表示速度的刻度而已，為要進一步用圖表示 v 和 t 的關係，將上表的數據逐一做圖，使學生清楚了解製圖的過程，以及所得直線的物理意義，如圖 4 B。(6)檢討並比較兩種運動公式和圖 B 中直線的關係。(7)比較圖 A 和 B。

國中生物的認知層次還在具體操作期，不能像專家一樣利用記號、公式、圖等去抽象思考，所必需從它們日常生活中的經驗為例，引導進入科學世界。知識本身固然重要，但獲得知識的過程更重要。假設學生已經深刻了解課本中的等加速度運動和等減速度運動的話，本題大概不會很難。至於「是否向學生強調方向的觀念」，所指的可能是循環加速，若是大概是受到課文提及的折返運動的影響。循環加速的內容超過學生的理解範圍。課本只提等加速度運動和

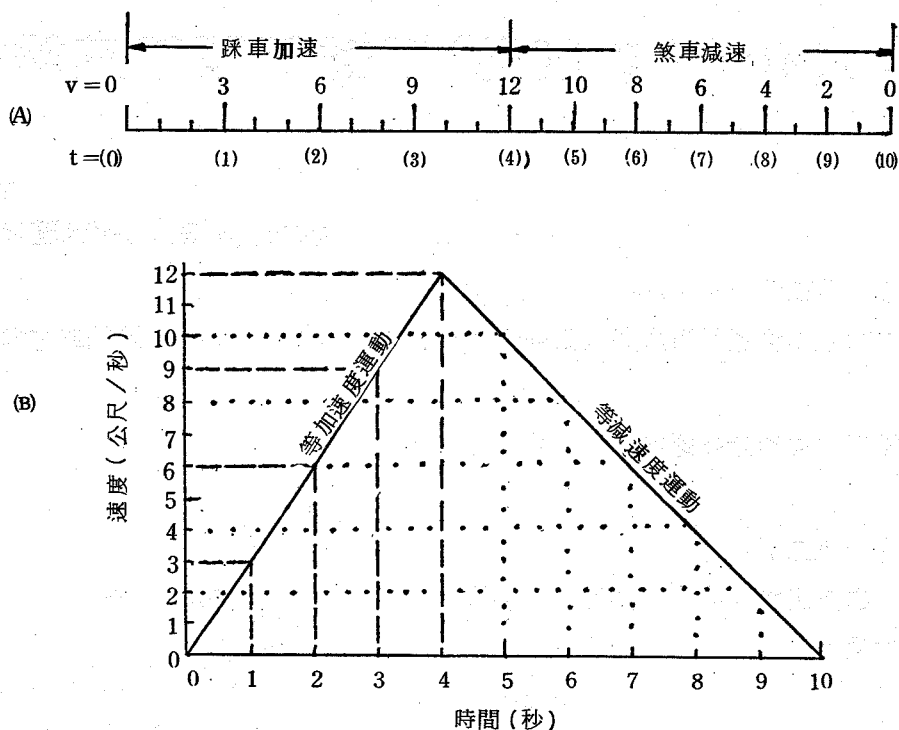


圖4

等減速度運動而已，所以應該加強這兩種運動即可。假若學生尚未十分了解等加速度運動以前就教等減速度運動，其教學效果如何？值得慎重檢討。

〔老師的建議1〕 第十一章 直線運動。「用切線求某時刻之瞬時速度」部分，因國中數學課本仍未學到切線，可留到高中理化再學較適合。

〔老師的建議2〕 課本中的示範實驗：氣體的熱脹冷縮現象中，提到：在細玻璃管內預先裝入一小段有色的液柱，插入橡皮塞中，塞緊燒瓶的瓶口，再以熱毛巾包裹燒瓶，觀察玻管中，液柱的移動情形。按課本的方法以熱毛巾來進行實驗，經常造成有色液柱往上快速上升而衝出，應改用以手掌來加熱，較為緩和，方便觀察。