

第 1 章

打破學習物理的迷思

在一些場合中，有時透過他人介紹或自我介紹後，初識的朋友知道我是高中物理教師，總有幾種反應：

「你一定很聰明，不然怎麼可能會念物理系，還擔任物理老師。」

「我以前的物理很差，幾乎都考不及格，物理讀不來，公式也記不得。」

「找個時間請您幫我的孩子講解一下怎麼讀物理和記公式。聽說大學聯考物理的試題，很多是代公式套公式。」

當下，我能做的只是微笑，雖然很想來個機會教育，但總是時機不宜。

念物理系的人或物理老師是不是都很聰明？我很難回答，因為我不清楚提問的人對於「聰明」的定義為何，但我可以確定的是，念物理系的人或物理教師等「物理人」，應皆是「喜歡思考」、「習慣思考」、「會思考」、「能思考」的人，經過理學院的培育薰陶後，應是「對物論物」、「就事論事」、理性思考的人，極少「理盲而濫情」。

迷思一 ➤

∴學習高中物理 = 「讀」物理 + 「背」公式？∴

有時下課時間學生來詢問物理問題，如果劈頭就問：「請問老師這一題要用什麼公式？」我總要「機會教育」：「我不知道要用什麼公式，但可以分析和思考問題後，用學過的概念來解決問題。你記了很多公式嗎？它們能運用在什麼情況？」

物理是用「讀」的？公式是用「背」的？我想這是不少高中生的迷思和刻板印象。因為這樣的迷思，當然影響學習高中物理的態度和格局，影響應考內容範圍較大的指考和學測成績，更破壞學習物理的胃口和趣味。

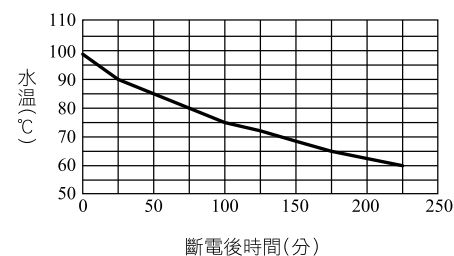
面對如何學習高中物理，當然不能採用讀物理背公式，而是「了解」基本定義和名詞之後，再「思考」物理，進一步能推導物理定律或定理，知道定律的數學關係

式，知道這個「公式」使用的時機與局限。

學物理絕對不是「背公式」，學物理需要「學思並重」，論語上所說的：「學而不思則罔，思而不學則殆。」最能說明學物理的「學」與「思」。

我以九十八年學測的試題為例：

一個裝有 3.0 公升水的電熱式保溫熱水瓶，當通電保溫時，可以使瓶內水溫一直保持為 98°C。若拔掉電源，則如圖所示，瓶內水溫隨時間下降，在最初水溫為 98°C 時，水溫以每分鐘約 0.32°C 的速率下降。



假設室內溫度固定不變，而在不同溫度下，

水的比熱固定為 $4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，試回答以下 4-5 題。

4. 當水溫為 98°C 時，拔掉電源，則在斷電後之最初 50 分鐘，瓶內熱水損失的熱量約為多少焦耳？

(A) 5.5×10^4 (B) 1.6×10^5 (C) 2.2×10^5 (D) 2.9×10^5

5. 持續通電使水溫保持為 98°C 時，瓶內熱水每 50 分鐘所吸收的熱量，約為多少焦耳？(A) 2.9×10^4 (B) 5.5×10^4 (C) 1.5×10^5 (D) 2.0×10^5

這兩題對於九十八年的高中應屆畢業生約十萬多的考生而言，第 4 題的全體考生答對率為 53%，第 5 題則降為 37%。這一題組題，命題委員取材自高一基礎物理單元的「熱」和「能量與生活」，目標在於評量考生是否了解數據和圖形的意義，是否能從數據和圖形找出特性、規則和關係，並且能根據圖表解釋、歸納與推論。

以第 4 題來討論，考生從題目說明和圖形可以判斷，斷電後的最初 50 分鐘，瓶內熱水溫度下降約為 13 K，損失的熱量約為

$$\begin{aligned} (\text{熱容量}) \times (\text{溫度變化}) &= (\text{質量}) \times (\text{比熱}) \times (\text{溫度變化}) \\ &= 3 \times 4200 \times 13 = 160000 \text{ 焦耳} \end{aligned}$$

第 5 題的答對率降為 37%，顯示難度比前一題更高。在我任教學校北一女中的學生作答結果分析中，亦顯現出第 5 題確實比前一題難，學生來詢問的問題中，這一題的比例也比較高。

第 5 題的問題癥結在哪？題目的敘述究竟有沒有問題？會不會誤導考生作答呢？

我認為這一題的設計很符合生活中的現象。同學們如果能從圖中看出當水溫逐漸下降，散熱速率也逐漸降低，若持續通電而使水溫維持在 98°C，熱水瓶內的水所吸收的熱量，比水從 98°C 自然冷卻所散失的熱量更多，從選項中只有 (D) 2.0×10^5 ，比前一題的 160000 焦耳大，故可直覺選擇 (D)。

進一步分析這一題組題，不少學生依據圖中水溫每分鐘下降 0.26°C 來計算，會算出答案 (C)，但題幹文字敘述為「最初水溫為 98°C 時，每分鐘下降 0.32°C」，則應選擇 (D)。本題關鍵在於：由於溫差愈大，溫度下降速率愈大，因此由圖中估算水溫自 98°C 下降的速率時，必須以斷電後短時間內下降的溫度來估算，例如斷電後 25 分鐘內水溫下降 8°C，故水溫下降速率為每分鐘 0.32°C，而且題幹文字已經說明最初水溫每分鐘下降 0.32°C，正確答案應依據題幹所給數據而定。

我再舉一個例子。2009 年在亞塞拜然所舉行的國際科學奧林匹亞競賽，出了一道題目：

一男孩與一輛滑板車沿相同方向行進，小男孩的速率是滑板車速率的兩倍。當小男孩跳上滑板車時，滑板車的速率增加百分之二十。請問滑板車的質量大約是小男孩的多少倍？

我想當你讀完題目後，大概知道這是應用「動量守恆」的概念來分析。你可以這麼分析：

依據題意，假設小男孩的質量為 m ，小男孩的速度為 $2v$ ，滑板車的質量 M ，滑板車的速度為 v ，當小男孩跳上滑板車後，滑板車的速度變為 $1.2v$ 。

水平方向動量守恆： $m(2v) + Mv = (m + M)(1.2v)$ ，解得 $M = 4m$ 。

上面這一題雖然是競爭激烈的國際賽，但仍然是物理基本概念的應用，所以重點在理解物理概念，但不需要背公式。

又如國內徵選參加國際奧林匹亞物理競賽的初試題目：

將一磚塊放在一彈簧秤上，當磚塊靜止時，彈簧秤顯示磚塊的重量讀數為 W 。今提起磚塊，使得彈簧秤的讀數歸零後，再輕輕把磚塊放在彈簧秤的秤盤上，請問彈簧秤在受力下壓的過程中，顯示的最大讀數是多少？

讀完題目後，你是不是又在想：能代什麼公式嗎？如果一直想要背公式代入，可能就會觸礁。聰明的你，應該想一想學過的物理概念有哪些？是不是需要應用彈簧的受力概念？那就是虎克定律囉。與彈簧相關的物理概念還有哪些？彈性能呢？你一定學過重力作功與力學能的轉換概念。如果你能這樣一直思考，是不是就能找到解題的眉目？是不是就有「山窮水盡疑無路，柳暗花明又一村」的頓悟？

試看看列出物理概念的數學關係式：

假設磚塊自彈簧秤歸零處，往下壓彈簧秤的最大位移為 x ，磚塊減少的重力位能 Wx ，等於該彈簧秤增加的最大彈性能 $kx^2/2$ ，故 $Wx = kx^2/2$ ，得到 $kx = 2W$ ，正是虎克定律的概念，受力為 $F = kx = 2W$ ，這就是該彈簧秤的最大讀數。

這些都是基本的物理概念，經過理解消化，大家應該有能力思考與判斷物理問題。

我要再一次強調，學物理除了要知道基本定義外，思考與判斷也是相當重要的過程，絕對不是背一背公式、代一代數據就可以得高分。

迷思二 >

學習物理的重點就是「快速解題」？

在我的教學經驗中，有些學生會問我：「老師這一題有沒有更快的解法、一個式子就可以解出來？」我總是笑笑的說：「有，不過你還是要完全了解整個物理意義與過程，才能知道快速解法的來由，才能說出一番道理，才能有你自己的想法。」

我完全可以理解同學們為什麼需要「快速的解法」，癥結還是：面對學校期中考或未來的升學考試時，有答題時間限制的壓力。一般學校期中考，物理科答題時間為七十分鐘，考題大約二十題到二十五題左右；升學考試自然科學測六十八題，答題時間一百分鐘；指定考科物理科答題時間八十分鐘，回答二十三題到三十題左右，題數多寡由命題老師依據題目難易度來酌量。因為答題時間有限制，為了能拿到高分數，學生自然希望每一單元都能有快速解題法。

然而，**學習過程畢竟不是只為了考試，升學考試只是其中一個目標**，高中的學科基礎，會影響你在大學的學習成效，學習物理還是要建立蓋房子的鷹架模式——九層之塔，起於累土；環抱之木，生於毫末；千里之行，始於足下。學習物理還是要「盈科後進」，不宜囫圇吞棗，避免「繁枝容易紛紛落」的速成之弊，才能體會學習物理時「嫩蕊商量細細開」的自然生發之美。

有一則幽默小品文：

聯合國給全世界的小朋友出了一道題目：「對於其他國家糧食短缺的問題，請您談

一談自己的看法。」非洲的小朋友看完題目後，不知道什麼叫「糧食」；拉丁美洲的小朋友不知道什麼叫「請」；歐洲的小朋友不知道什麼叫「短缺」；美國的小朋友不知道什麼叫「其他國家」；台灣的小朋友不知道什麼叫「自己的看法」。

雖然只是一則網路幽默文章，可是台灣學生努力符合標準答案，戮力要得知快速解法，恐怕是不爭的事實。我希望鼓勵大家在學習時，多思考、多質疑，或許就有多人能超越標準答案和快速解法，提出更具有創造性的看法。

有句話說：「得魚忘筌」，「教材課本」是這個「筌」，而「思考能力」是那個「魚」。我期盼同學們學習物理時，能完全了解整個物理單元和例題習題的思考過程，不必急著要公式和快速解題方法，因為**完整的物理概念才能讓我們具有帶得走的能力**。

我舉個物理運動學的題目來說明。

有一飛行物體以速度 v_0 為 19.6 公尺 / 秒等速度上升，在離地面 24.5 公尺高空處掉落一個包裹，忽略空氣阻力的影響，且該處重力加速度 9.8 公尺 / 秒²，回答下列的問題：

- (1) 此包裹上升的最大高度約為多少公尺？
- (2) 離開飛行器至落地的時間有多久？

請你先仔細閱讀題目並且了解問什麼之後，再看以下的解釋。

第(1)小題

分析：以包裹離開飛行物體的位置為坐標原點，建立一鉛直的坐標系統，方向以向上為正，向下為負。此包裹離開飛行器時，為初速度 19.6 m/s 的鉛直上拋運動，此包裹上升至最高點時的速度量值為 0。

求解：如圖，包裹由出發點上升至最高點的位移 h 表示如下：

$$0^2 = 19.6^2 - 2 \times 9.8 \times h \Rightarrow h = 19.6 \text{ (m)}$$

所以，包裹離地的最大高度 H 為：

$$H = 24.5 + 19.6 = 44.1 \text{ (m)}$$

第(2)小題

第一種解法：此包裹由釋放至最高點的時間

$$t_1 = \frac{19.6}{9.8} = 2 \text{ (s)},$$

由最高點落至出發點的時間 $t_2 = t_1 = 2 \text{ (s)}$ ，

最後由出發點落至地面的時間 t_3 為

$$-24.5 = -19.6t_3 - \frac{1}{2} \times 9.8t_3^2$$

$$(t_3 + 5)(t_3 - 1) = 0 \Rightarrow t_3 = -5 \text{ (不合)} \text{ 或 } t_3 = 1 \text{ (s)}$$

所以由出發至落地的時間為 t_1 、 t_2 、 t_3 的總和為 5 秒。

第二種解法為符合物理概念的快速解法：

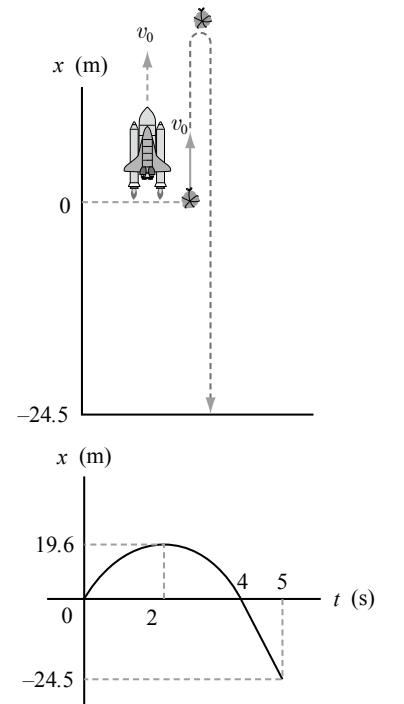
此包裹由出發至落地的位移，根據所訂定的坐標系統為 -24.5 m ，

包裹從出發至落地的時間 t 表示如下：

$$-24.5 = 19.6 \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$$(t - 5)(t + 1) = 0 \Rightarrow t = 5 \text{ 或 } t = -1 \text{ (不合)}$$

所以，包裹由出發至落地的時間為 5 秒。



學習物理的運動學單元時，鉛直上拋是很重要的等加速運動的例子，這是因為 (1) 鉛直上拋的「速度」及「時間」這兩個物理量，都具有對稱的性質，以及 (2) 從最高點落地的過程為自由落體運動；因此，要能了解這當中的物理概念，充分利用這些性質，才可以把解題過程簡化處理。

迷思三 >

物理成績低就代表學不好物理？高中物理就沒救？

學習任何一科目難免會碰到瓶頸與困境，學習高中物理亦然。

初學物理的高中生常有刻板印象，認為物理科很困難，原因可能是受到學長姊的經驗談所影響，也可能是國中時期就產生的感受，亦可能受到期中考題難度高而分數低的影響。

遇到物理成績低時，究竟該如何面對？我建議同學們學學白居易面對被貶時的心境轉變，偶遊大林寺，竟然有新的發現，找到心中的「桃花」。你不妨想一想：物理成績低的原因是不是學習方法不正確？是不是沒有完全消化上課內容？我確實認真學習嗎？我把心思放在物理嗎？物理成績低的原因很多，但絕對不要因為成績低就下結論說自己不是學物理的料，高中物理沒救，這樣思考太悲觀。

每一年都有學生問我：「老師，怎麼辦？我兩次物理期中考都不及格，我有能力學物理嗎？」「老師，我的物理成績這麼低，我還有救嗎？」聽完這些吶喊，我總耐心地告訴他們：「我們來分析你怎麼學習物理，給物理的時間足夠嗎？」「上課認真聽講嗎？整理筆記嗎？做了哪些基本功？」與學生互動後，幫這些心中有迷惑的學生找出路，鼓勵他們突破迷思，回到最基本的「實事求是」，並且確實能執行自己要改進的計畫。

經過自我探索，改變學習方式後，大部分的同學在期末考都能重新出發，找回學習物理的信心。當然，如果只停留在「半夜全頭路，天亮沒半步」（台灣俗諺）的「坐而言，起不行」，成績就沒有起色。

物理成績低代表的應是「學習方法和態度有問題」，並不代表自己的腦袋不好。

想突破學習困境，還有一件事很重要：練習多作思考，不要「人云亦云」。譬如學到摩擦力的時候，可以試著想一想：摩擦力是不是都是阻力？它的方向永遠與運動方向相反嗎？有沒有可能方向相同或垂直呢？

改變學習方法，學會深入思考、朝著多思考去努力，是學習的不二法門。千萬不要輕易因為物理成績低，就下定論說自己能力差而學不好物理。

迷思四 >

學不好物理是因為演算的題目不夠多？

了解基本定義、專有名詞和物理定律後，自己親自推導物理概念裡的數學關係式，並且依據任課老師交代的習題或作業，確實思考與演算習題，這是不可或缺的工夫，「穩扎穩打」是必要的學習態度。

演算習題是相當重要的過程，因為演算題目時，其實結合消化物理概念、診斷學習盲點、自我提醒與熟練題型等，這些對於學習高中物理是不可缺少的步驟。

然而，是不是一定要演算很多題目呢？

我想這樣回答也許比較中肯：如果同學們安排給物理科自我消化時間較多，多演算題目當然是好事。但問題就是，你有這麼多時間給物理科嗎？

高中課程不是只有物理一科，也不是只有讀書而已，還要睡覺、吃飯、運動、社團活動和其他安排，因此，消化物理、演算物理題型的時間必然相當有限，當然要有

所選擇和規畫，不能一味靠多做題目來爭取高分，因為這並不是學習物理課程最好的安排。

況且，不能把物理定律的真諦理解透徹，不能完全消化物理課程內容，只是多做題目，反而本末倒置，也會僵化思考，所以我不建議大家採取多做題目的方式來學習高中物理。

物理成績優秀的同學有什麼特質呢？

基本上，他們都掌握到學習科學課程的重點，上課態度專心謙虛，有問題就發問；他們會演算題目，透過演算題目來思考問題和澄清物理概念，但不一定題目就做得很多。

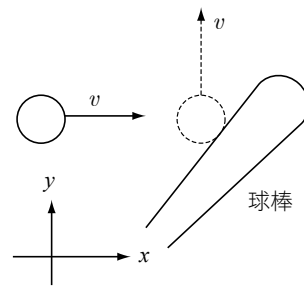
畢竟，**物理不是一門熟能生巧的學科，重要的是了解、澄清、消化與驗證**。不清楚物理概念而只顧著埋頭演算題目，最浪費時間，也影響提升物理理解層次的機會，更失去學習物理的價值與真諦。

其實，只要消化物理課程所排定的物理內容與概念，在學習每一個單元後，選擇三到四題歷屆聯考試題或經典範例題目，來印證自己所學到的物理概念，就具備足夠能力思考其他的題目。「舉一反三」才是最好的事半功倍學習方式。

以九十八年指定考科的試題為例。

如圖所示，一質量為 m 的棒球以速度 v 水平飛向擊球手，擊球手揮棒擊球，使球以速度 v 鉛垂向上飛出。設水平飛行方向為 $+x$ ，鉛垂向上飛出方向為 $+y$ ，則球所受到衝量的量值及方向為下列何者？

- (A) $2mv$ ，向 $+y$ 方向。
- (B) mv ，與 $+x$ 方向成 45° 。
- (C) mv ，與 $+x$ 方向成 135° 。



(D) $\sqrt{2} mv$ ，與 $+x$ 方向成 45° 。

(E) $\sqrt{2} mv$ ，與 $+x$ 方向成 135° 。

本題就是在評量考生是否知道力與動量變化的關係。只要你能分析球與棒接觸瞬間的速度變化方向和大小，即可解出答案為 (E) $\sqrt{2} mv$ ，與 $+x$ 方向成 135° 。解題概念是大家都學過的牛頓第二運動定律 $F = ma$ ，事實上不必多做題目，只要觀念很清楚，就可以得分。

不過，根據考生的答題情況分析，這一題基本題的全體考生答對率僅有 52%，顯然同學們學習物理時，對於動量、衝量與牛頓第二運動定律的概念仍不夠清楚，因此整體答對率無法達到六成。

迷思五 >

只要會解題就好？

「學高中物理就是在學解題」——這是很多人對高中物理課程的極大誤解。我必須這樣解釋：因為要面對升學考試，解物理試題是課程學習的一部分，但是，**學高中物理並不等於解題、會解題不代表就已學會高中物理**，這是必須鄭重澄清的問題。

在學習高中物理課程時，了解物理定律的內容及其局限，比解題還要重要；了解物理學家的理論與實驗，了解物理學家的努力對人類的貢獻和對生活的影響，比解題更重要；能在生活中應用物理概念來改善生活，比解題更重要，而能以基礎的物理概念解釋日常生活的現象，也比會解題來得重要。

如果會解題、卻不能完全了解物理概念，那可能只是記憶題目的解法而已，無法具備帶得走的能力，當然也無法面對大範圍的學科能力測驗和指考題目。因此，能思

考、能消化物理教材內容，才是最佳的學習物理之道，畢竟「行成於思，毀於隨」，我們必須能「思」、能消化課程內容，千萬別只是猛做題目、記憶題目的解法，那很容易「隨」解答起舞。

為什麼不能背解題方式呢？因為高中物理課程的單元比國中階段多很多，內容可分古典物理和近代物理，高一課程有九章，高二高三單元大約二十五章，舉凡運動學、力學、流體力學、熱學、波動、聲學、光學、電磁學、近代物理等，而且還有實驗課程，這些都是指定考科要考的內容，如果只記解題方式，很容易分不清楚適用情況和時機，結果往往就是亂代公式，不要說對學習物理根本沒有幫助，甚至還阻礙了思考的能力。

所以，我還是要苦口婆心建議大家：學物理的時候，要注重物理概念的澄清，要多思考多發問（自問自答也行）。學會發問，就如禮記〈學記〉篇裡所言：「善問者如攻堅木，先其易者，後其節目。」只要碰到不清楚的單元或定律，就打破砂鍋問到底，也許會有很寶貴的收穫，亦即「善待問者如撞鐘，叩之以小者則小鳴，叩之以大者則大鳴」。

說到這裡，我舉一題九十八年學科能力測驗的題目，這道題目結合了古典力學和近代物理，藉此向大家說明，具備清楚的物理概念比一直在解題來得重要。

神舟七號太空船的太空人在準備出艙進行太空漫步時，意外發現艙門很難打開，有人臆測這可能與光壓有關。已知光子的動量 p 、能量 E 與光速 c 的關係為 $E = pc$ ，假設艙門的面積為 1.0 m^2 ，每平方公尺的艙門上每秒入射的光子能量為 1.5 kJ ，則艙門因反射光子而承受的力，最大大約為多少牛頓？

- (A) 0.5×10^{-5} (B) 1.0×10^{-5} (C) 0.5×10^{-2} (D) 1.0×10^{-2}

〔98 學測自然科物理題目〕

這一題經過考生答題資料分析得知，全體考生的答對率僅有 29%，算是相當低的答對率。但是仔細分析題目，這一題所運用的概念，其實就是高中生最琅琅上口的「 $F = ma$ 」，或者是高二物理上學期學過的動量變化的概念，「物體所受的外力之合力為該物體的動量時變率」。

你只要能應用題目所給的 $E = pc$ ，解出動量 $p = \text{能量} E / \text{光速} c = E/c$ ，又能小心讀出題目所說的「因反射光子而承受的力，最大大約為多少牛頓」這句話裡的關鍵字「反射」、「最大」，應該就能求出，光子經過反射前後的最大動量變化，發生於彈性碰撞，動量變化等於

$$p - (-p) = 2p = 2E/c$$

所以，在一秒鐘內，一平方公尺大小的艙門所承受的力，最大大約為 $F = (\text{動量變化}) / (\text{作用時間}) = 2E/c = 2 \times (1.5 \times 10^3) / (3 \times 10^8) = 1.0 \times 10^{-5}$ 牛頓。

像這樣的題目，可以說是強調基本物理概念的題目，不需要一直做題目，也不需要過於強調解題，按部就班學習物理概念，多思考多整理，應可以在考試中得分。

迷思六 >

只會解題，不會表達沒關係？

我在北一女中上物理課時，不論是哪一年級，我習慣以問答的方式與學生互動，除了強化與凝聚學生上課的注意力之外，另一個目的就是要她們學習表達與發問的技巧，尤其是高一學生剛進入北一女，就要有計畫地學習發問與表達。「如何提問」、「如何表達自己的想法」，都是現代人必須學習的課題。

事實上，高三下學期的申請入學第二關的面談與口試，就有許多機會考驗表達能力。題目可能會問：

「何謂動量？何謂衝量？高中物理提到的動量－衝量原理，究竟在談什麼內容？」

「克卜勒行星運動定律的內容有哪些？這項定律對後來的科學發展有什麼影響？」

「什麼是都卜勒效應？日常生活中哪些是都卜勒效應的現象或應用？」

「何謂白努利定理？這是根據什麼物理概念所得到的流體力學定理？這跟王建民投出的變化球有什麼關係？」

諸如此類的面試題目，當然要先具有清楚的物理概念，再透過良好的口語表達能力呈現出來，達到加分效果。

「只要會解題，不會用自己的話表達出來也沒關係」——當然行不通，畢竟這是一個要能表達的年代，升學也是如此。學物理時，也要用嘴巴用腦袋把物理概念清楚地說出來，最好透過表達把不會的同學教會，那就更有意義。

有一次機緣參與海峽兩岸高中生的交流活動，看到北京與台北的學生針對同一議題「我如何學習高中物理」的意見交流，北京六所高中學生的優異表達能力令我印象深刻，台北的學生則有較大的成長空間，當下我感觸良多，深覺我們的學子在「如何表達」的課程需要再努力。

論語說：「不學詩，無以言；不學禮，無以立。」讀書和禮儀對說話與做人相當重要，做人做事脫離不了說話的訓練，尤其處在這個有聲有色的社會，善於表達、勇於說話更顯得重要，這可不分人文或科學，只要是課程，都要學會清楚地講出來，才能與人分享。

學高中物理時，請記得也要學會如何提問和表達，千萬不能只會解題。

迷思七 >

「黑板實驗」可以取代實驗課？

考題靈活、原創性足、具鑑別度、單選題著重單一概念的運用、多選題強調同一章節的統整、非選擇題著重評量實驗設計的概念，一直是這幾年指考物理試題的特色；尤其是一定包含實驗題，不論占分多寡。

物理的教與學強調「學思並重」及「做中學」。以近三年來的非選擇題「電阻主題——惠司同電橋」、「使用安培計、伏特計驗證歐姆定律實驗」或是「斜向碰撞」等實驗題而言，如果考生不清楚實驗原理，不清楚「惠司同的原理」或「用飛行距離代表初速」的設計，就會認為實驗題很困難。如果學校的物理教學確實能做實驗，確實能引導學生思考物理原理與實驗設計，學生確實能架設實驗器材，確實操作實驗，相信這樣的考題對學生不難。

我一直強調「確實」，是因為我擔心物理教學或實驗教學流於「黑板講解實驗」，學生並沒有實地做實驗或看到示範實驗，因此也就無法「學思並重」及「做中學」。畢竟科學教育應避免「繁枝容易紛紛落」的速成之弊，而應該展現「嫩蕊商量細細開」的自然生發之美。未經反芻思考的教學，只能短暫停留在腦海，無法獲得清晰的物理觀念和感受學思並重之美，更無法面對思考性的問題。

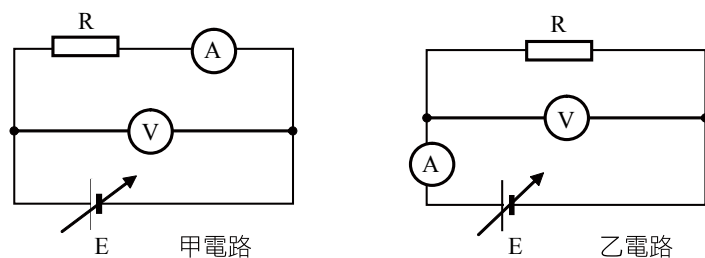
我認為，同學們學習物理的態度要更積極，進入實驗室操作實驗時，要更嚴謹對待實驗器材和數據，認真操作實驗，細心觀察，熱情討論，誠如陸游寫給兒子的詩：「古人學問無遺力，少壯功夫老始成。紙上得來終覺淺，絕知此事要躬行。」言簡意賅說明了「做中學」執行力的重要。

做物理實驗時遇到困難和迷惑，是常見的事，「惑而不從師，其為惑也，終不解矣。」只要認真操作實驗，發揮「鍥而不捨」的執行力，解開疑惑，在升學考試遇到實驗題絕不吃虧，得高分更非難事。

請了解：「**黑板實驗**」絕對無法取代「**實驗室實驗**」，因為器材裝置、操作器材、記錄數據、整理數據、處理數據、探討誤差原因、實驗小組討論、畫出物理量關係圖等過程，所涵蓋的學習精神與教育意義，絕對不是黑板實驗能夠彰顯的。

請記得：**進入實驗室做實驗，那種學習效果絕對不是「黑板實驗」能達成**。大家不妨看看九十八年指考的實驗題，也許就可以了解高中物理實驗課的重要。

某生欲以安培計 A（其電阻為 R_A ）、伏特計 V（其電阻為 R_V ）及可調變的直流電源供應器 E，來驗證歐姆定律並測量電阻器 R 的電阻，已知電阻器 R 的電阻約略為數歐姆的低電阻。忽略接線的電阻與電源供應器的內電阻，回答下列各問題。



1. 分析比較圖中的甲、乙兩種電路圖所能求出的電阻器 R 的電阻，並說明何者較能準確測量此電阻器的電阻。(4 分)
2. 測量時，需要讀取哪兩個儀器的數據？此數據所形成的數據組要有何種關係方能驗證歐姆定律？(3 分)
3. 如何分析上述的數據組來獲知此電阻器的電阻？並說明此實驗值與電阻器的實際電阻，它們兩者間大小的關係。(3 分)

如果你能好好運用物理實驗課，認真閱讀實驗手冊，了解實驗原理與操作過程，動手操作和仔細觀察記錄，並且思考與回答手冊裡所提的問題，相信可以從中體悟理論與實驗的結合，未來面對期中考或升學考試的題目，應可以遊刃有餘。