

第 28 屆(1997)國際物理奧林匹亞競賽試題評析

林明瑞

國立臺灣師範大學 物理系

本屆試題主要由加拿大 British Columbia 大學負責提供。理論試題共有三大題，每大題 10 分，共計 30 分，涵蓋力學、熱學、和近代物理；實驗試題僅有一個大題，分成三個部分，共計 20 分，測驗電學和光學的實驗技巧、數據處理、和測量準確度。全套試題的配分如下：力學佔 28%，熱學佔 8%，近代物理佔 24%，電學和光學(實驗)合佔 40%。就試題的涵蓋面而言，「電磁學」竟然從缺，使試題顯得輕薄了些。下面就各題的內容評析如下：

一、理論部分：

1. 理論第一題：

共有五個獨立小題，全部都與尺度比例有關。(a)題計算當把彈簧切成兩半後，半彈簧的力常數，相當於彈簧的串聯問題，應屬於基本得分題，配分僅有 1.5 分。(b)計算「鈷-氫」原子在基態時的半徑。從波耳模型出發，可知普通氫原子的半徑和電子的質量成反比。因此可藉反比例關係算出當電子被鈷子取代後的原子半徑。這一題甚容易，也應屬基本得分題。(c)題由熱輻射的平衡，可導出地球的平均溫度和太陽與地球的距離之間有反比例的關係，因此可藉以計算當太陽與地球的距離縮短 1% 時，地球的新溫度。這一題稍難些，學生必須對熱輻射有相當清楚的了解，但畢竟是常見的老題目，談不上新意，目的在測驗學生的物理背景知識。(d)題比較在同一大氣壓力下，乾燥空氣和潮濕空氣的密度。解題的要點在如何計算潮濕空氣的平均分子量，在計算上要轉幾個彎，不算是什麼難度，但容易令人犯錯。這一道題又較前三題難一點。(e)題可算是有些挑戰性的題目，計算當直升機的尺寸縮小為原機的二分之一時，其所需的引擎輸出功率變為多少。解題的關鍵點在於(1)直升機可以飛上天空，其所需的向上推力來自於螺旋槳轉動時，向下推壓空氣所產生的反作用力，這和下壓的空氣流速有關，屬於變質量的運動問題；(2)直升機所需的引擎輸出功率必須足以支持其重量，而重量和線性尺寸的三次方成正比。利用(1)和(2)可得出引擎輸出功率和線性尺寸的乘方關係，從而得解。

本題各小題難度由淺而深，層次分明，顯見命題者的用心。我國學生在這一題的

表現還不錯，平均得分為 8.5 分，其中有兩位同學得滿分，其他三位同學都在(e)小題上有些失誤。

2. 理論第二題：

本題討論原子核的質量和穩定度，共分成兩小題，討論各種核衰變的可能性。(a)題從給予的平均核子束縛能—質量數的關係曲線圖，假設質量數大於 100 的部分近似於一直線，則可進行 α 衰變的原子核質量數應在多少以上？(b)題則就固定的質量數而言，求解平均核子束縛能為最大值時，所對應的質子數；並且就質量數等於 200 的三種同位素原子核之間，判斷是否可進行 β^- 、 β^+ 、 $\beta^-\beta^-$ 、及電子捕獲等衰變？本題看似複雜，其實全題只是質能守恆定律的應用而已。解題的關鍵在於各種核衰變是否可以進行，取決於反應物的質量和是否大於生成物的質量和？雖然所涉及的物理概念簡單，但計算繁複，必須頭腦清楚，小心謹慎，才能得到最高的分數。

有關原子核物理的問題，在歷屆國際物理奧林匹亞競賽試題中尚未出現過，本屆是開了先例。我國學生在這一題的平均得分為 8.85 分，相當不錯，其中有兩位同學得滿分。

3. 理論第三題：

本題主要探討太陽能飛機的飛行相關問題，基本上屬於衝量和動量之間的轉換計算。本題共分成三小題，先計算飛機所受的飛行阻力和向上的推力，再推算飛機引擎的輸出功率和其飛行速率之間的函數關係，最後則計算所需的最小輸出功率和相應的飛行速率。若就本題單獨來看，應算是好題目。但可惜的是本題和理論第一題(e)小題有關直升機引擎功率的解法相類似。在國際競賽的試題設計上出現這樣重複的題目應算是不小的缺點，它窄化了試題的廣度，也減弱了其甄別能力。

我國部分學生在理論第一題的(e)小題就沒有解好，連帶地在這一題也得不到好成績，平均得分為 6.3 分，最好成績為 9.25 分。最令人扼腕的是有一位同學把飛機所受的水平阻力和水平摩擦力的符號弄反了，結果一路錯到底，雖然他的解法過程都對，但答案不對，丟失不少分數，在仲裁成績時，連主辦國的閱卷教授也搖頭直嘆可惜。我國學生主要錯在沒有利用飛機所受的向上推力應和飛機重量相等的關係(因為題設飛機在同一高度，以等速飛行)，以求出飛行速率和機翼表面傾角的關係式。利用此關係式，可得知飛機引擎的輸出功率僅和單一變數有關，即飛行速率或機翼表面傾角，由此計算所需的最小輸出功率和相應的飛行速率。

我國學生在理論題的平均得分為 23.65 分，個人最高得分為 26.0 分。就國家團隊成績而言，全部參賽國家的平均得分為 17.29 分(中數為 18.35 分)，最高平均得分為 28.60

分,另個人最高得分為 30.0 分(滿分)。我隊理論得分排名在 56 個參賽國家中居第十二名,雖屬可看,仍須再加把勁。

二、實驗題：

本題測量耦聯片(Bimorph)的特性。耦聯片是由兩片壓電材料相互黏貼所成。當加上直流電壓時,其中一片伸長,另一片則縮短,因此使耦聯片產生彎曲偏折。偏折位移雖然很小,但可應用光槓桿原理予以放大而間接量得。本題共分成三個部分。第一部分要求畫出利用電位器的電路圖,實驗裝置圖,以及導出耦聯片自由端的位移和相關可測物理量之間的關係式。第二部分要求學生按圖組裝儀器裝置,量取數據,繪出自由端位移—外加電壓的電滯曲線,並分析該曲線的特性。第三部分要求測出耦聯片的電容。這一道實驗題考量了學生對基本電子元件的使用、光槓桿原理的實際應用、實驗零件的組裝、光學的測量技巧、數據曲線的解釋、以及如何解決實驗困難(測量耦聯片電容時,無法直接以電壓表測得電容放電時的電壓)等多種實驗能力,所用的實驗器材又相當簡單易得,稱得上是高水準的實驗試題,應給予讚美。

在第一部分中,我國僅有一位學生能完全正確地畫出應用電位器的電路圖。這實在是出乎意外,令我們吃驚,因為有關電位器的使用,在賽前集訓中曾有詳細的講解並實地操作使用,但是同學們臨場卻沒有發揮出應有的本事。當然賽前集訓的教學方式是須要反省檢討,但是短短幾星期的集訓時間,是否足以將電學實驗操作經驗幾乎為零的學生全都拉拔上來?為了應付升學考試,國內有些中學的實驗教學是用「看」來學,而不是從「做」中學,甚至有所謂「在黑板上做實驗」的笑話,這是筆者常感揪心之處。至於實驗裝置圖,同學們畫得還差強人意,也知道如何應用光槓桿的原理,只是五位同學都誤把耦聯片自由端的位移(即橫向的位移)當做是其伸長量(即縱向的位移),還好所推導出的和其他相關物理量的關係式都正確。後來經向閱卷委員會申辯後,獲得接受給分。

在第二部分中,我國學生所得的實驗數據和參考答案相差了一個數量級以上,結果在數據測量這一項上的得分為零。在國際競賽的評分標準對於數據的準確度要求甚嚴,只要數據偏差在某個範圍以外,就不給分。反觀我國國內對實驗成績的評定,通常給分從寬,不很重視數據的準確度,只要學生的作法不離譜,多少都會給分。這種寬容的評分態度可能縱容了學生在量取實驗數據時,不追求精確,也不講究實驗技巧的毛病。促使學生重視實驗數據的準確度應是改進我國實驗教學的首要工作。

第三部分測量耦聯片的電容是對「金頭腦」的挑戰。學生必須知道什麼是電壓表的

輸入阻抗。當輸入阻抗為 $1\text{M}\ \Omega$ 的電壓表和 $1\text{G}\ \Omega$ 的電阻並聯時，耦聯片上的電量將幾乎全部經由電壓表放電，其時間常數較不接電表時(即直接經由 $1\text{G}\ \Omega$ 電阻放電)快了一千倍，因此無法準確測量電容上的電壓。電容的測量必須另想他法。從第二部分的數據中可得知耦聯片自由端的位移和電壓成正比，所以自由端位移隨時間的變化即代表耦聯片電容的放電電壓和時間的關係。若學生能做以上的分析思考，那麼足可稱為「金頭腦」了。

我國學生在實驗題的平均得分為 9.6 分，個人最高得分為 14.0 分。就國家團隊成績而言，全部參賽國家的平均得分為 7.72 分(中數為 7.90 分)，最高平均得分為 14.80 分，另個人最高得分為 19.0 分。我隊實驗得分居第十九名，僅屬中上，在國際排名上，畢竟不大中看，我國的實驗教學工作是須要加大把勁來推動。

本屆試題承襲去年挪威競賽試題的模式，難度也相近。整體來看，理論試題平平，欠缺創意和特色，但實驗試題則應予佳評。我隊總平均得分為 33.25 分，個人最高分為 40.0 分。全部參賽國家的團隊總平均得分為 25.00 分(中數為 26.25 分)，最高總平均得分為 45.0 分，另個人最高得分為 47.25 分。我隊總分排名居第十五名(獲二銀二銅一榮譽獎)，較去年排名(在 55 國中居第六名，獲二金二銀一銅)滑落許多。雖然國際競賽成績的上下起伏，和個別學生的臨場表現有相當的關係，但也反映出我國在物理資優教育和國家代表隊選訓工作上仍有許多亟待檢討改進的地方。事實上這也是我國參加國際競賽的目的之一，從國際競賽成績的尺度上，來檢視我國的物理教育。

我國五位學生在本屆競賽的排名和得分情形如下表：

姓名代號	得分排名	理論總分	實驗總分	總成績	獎牌別
A	22(8%)	26.0	14.0	40.0	銀
B	42(16%)	26.0	10.5	36.5	銀
C	71(27%)	23.0	11.0	34.0	銅
D	103(39%)	21.5	8.5	30.0	銅
E	139(52%)	22.3	3.5	25.8	榮譽獎