

淺談實驗作圖的方法

——擔任國中學生暑期科學研習活動的感想

張惠博

國立臺灣教育學院物理系

暑假中，先後擔任教育部委託，由本院特殊教育中心舉辦的「中區國民中學一般資優暨特殊才能學生夏令營」科學實驗課程，及由本院數學系承辦的中區國民中學學生暑期科學研習活動的物理課程。一般說來，這些學生的學習能力皆不錯，可是，與實驗有關的能力，卻稍嫌薄弱。由於缺乏詳細縝密的探討，本文僅就學生作完實驗後所繳交的圖形加以研判分析，藉供國民中學教師及有興趣的人士參考，並請賜正。

在上述二項活動中，為配合上課時數（每班三小時），遂選定單擺定律的實驗作為研習的項目。在實驗之前，大約以三十分鐘作下列的工作，一、介紹實驗報告所應包括的內容：(一)名稱；(二)目的；(三)裝置；(四)過程；(五)數據（表格化）；(六)結果（作圖）；(七)討論。二、說明本實驗須用的儀器及實驗進行的方式。在作上述介紹的過程中，並不作太詳細的解說，也不直接告訴學生各種儀器的用途，所使用的語句大略如下：

問題 1. 「你知道怎麼把單擺的裝置裝起來嗎？」

問題 2. 「你知道單擺振動一次是什麼含義嗎？」，「怎麼測量呢？」

問題 3. 「單擺的擺長應自那一點量到那一點呢？」

問題 4. 「什麼叫做單擺的運動週期呢？」

問題 5. 「你認為單擺的運動週期與那些因素有關呢？」

問題 6. 「單擺的運動週期與擺幅（振幅）的大小有關嗎？」

問題 7. 「單擺的運動週期與擺錘質量的大小有關嗎？」

對於上述的問題，學生皆樂於回答，也大都能正確的回答，唯在如何測量擺長的問

題中，不少同學皆認為應自懸掛點量至擺錘的吊鉤處；正確的擺長測量方法應如圖 1 所示，也就是應從懸掛點量至擺錘中心處才合理。

其次，一個極大多數的同學皆答錯的問題，這些同學皆認為單擺的週期與擺幅大小沒有關係；當然，對國中階段的學生來說，欲從理論上來說明單擺的週期與擺幅大小有關，容或有些困難，也超出他們的程度。然而，若從實驗著手，欲證明單擺的運動週期與擺幅大小有關，應不是難事。可是，為何衆多學生在沒有作實驗之前

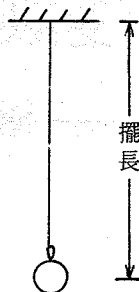


圖 1

，即脫口而出單擺的週期與擺幅無關呢？這個原因值得探討，其中，有一點可以說明的，就是學生可能看過、讀過或聽過「單擺的週期僅與擺長有關」這一段敘述。這句話看似沒有錯，其實，卻有斷章取義之嫌。倘若能在這一句話之前，加上一些條件，就不會令人發生誤會了。究竟應加上什麼條件呢？那就是在重力加速度為定值及振幅不甚大（最好是 5° 以內）時，單擺的週期僅與擺長有關，與擺錘的質量無關。可是，若重力加速度或振幅有所改變，皆能對擺幅的週期發生影響。

以上是在實驗之前所看到的情形。

在實驗進行中，大致說來，學生皆能認真也很有興趣的測量，並把測得的數據記錄下來。觀察所有學生的表現，在這其中，有好幾組頗能把握整體進行實驗的精神，那就是進行任何步驟，同組的三個同學皆能事先討論，共同商議再作決定。可是，也有少數組別，常可發現只是其中一個或二個學生進行實驗，另外一位同學只是作壁上觀或作記錄的工作，甚至，對於記錄的內容也不用心，若問其為何作如是的記錄，也未能答出所以然，有時還得問其他同學，那是什麼意思。類此，作記錄的意義全失。平心而論，一組三個學生，是很恰當的分組，三位同學同組作實驗時，必定要能互相研討，不能各作各的，最嚴重的，就是這三個同學當中，其中一人專司記錄，有一人操作，而另外一人在旁觀看，這種組合，就難以達到實驗的目標了。

在實驗之後，要學生把測得的數據整理之後繪成坐標圖，然而，在實驗前的說明，並未明白告訴學生應該作那些坐標圖，只是強調所作的坐標圖應最能把實驗的內容表達出來。甚且，要學生自行決定繪出那些圖形才合適。對於作圖的方法，倒有較詳細的說明。只是，在評閱了將近二百位的同學所交出來的坐標圖，能正確把握作圖的要領及作出最合適圖形的同學倒不多見，這也是一個值得注意的現象。

在國中的數學、物理、化學課程中，坐標圖出現的機會應有很多，可是，要同學們

自己畫出坐標圖，卻出現了甚多的缺點，常見的有：

- (1) 坐標軸上所表示的物理量，沒有註明單位或單位錯誤（如圖 2）。
- (2) 在坐標軸上，沒有標示刻度。
- (3) 在坐標軸上，沒有註明物理量的名稱（如圖 3）。
- (4) 坐標軸上，標示物理量的位置不恰當（如圖 4）。
- (5) 不會正確的把數據點連接起來（如圖 2）。
- (6) 在關係圖中，仍加上箭頭（如圖 5）。
- (7) 不會以正確的圖形表達甲、乙二物理量間之關係。
- (8) 同組的同學，所繪出的圖形，大致雷同。

以下摘錄部分同學所繪出的圖形，並加說明（批改）。

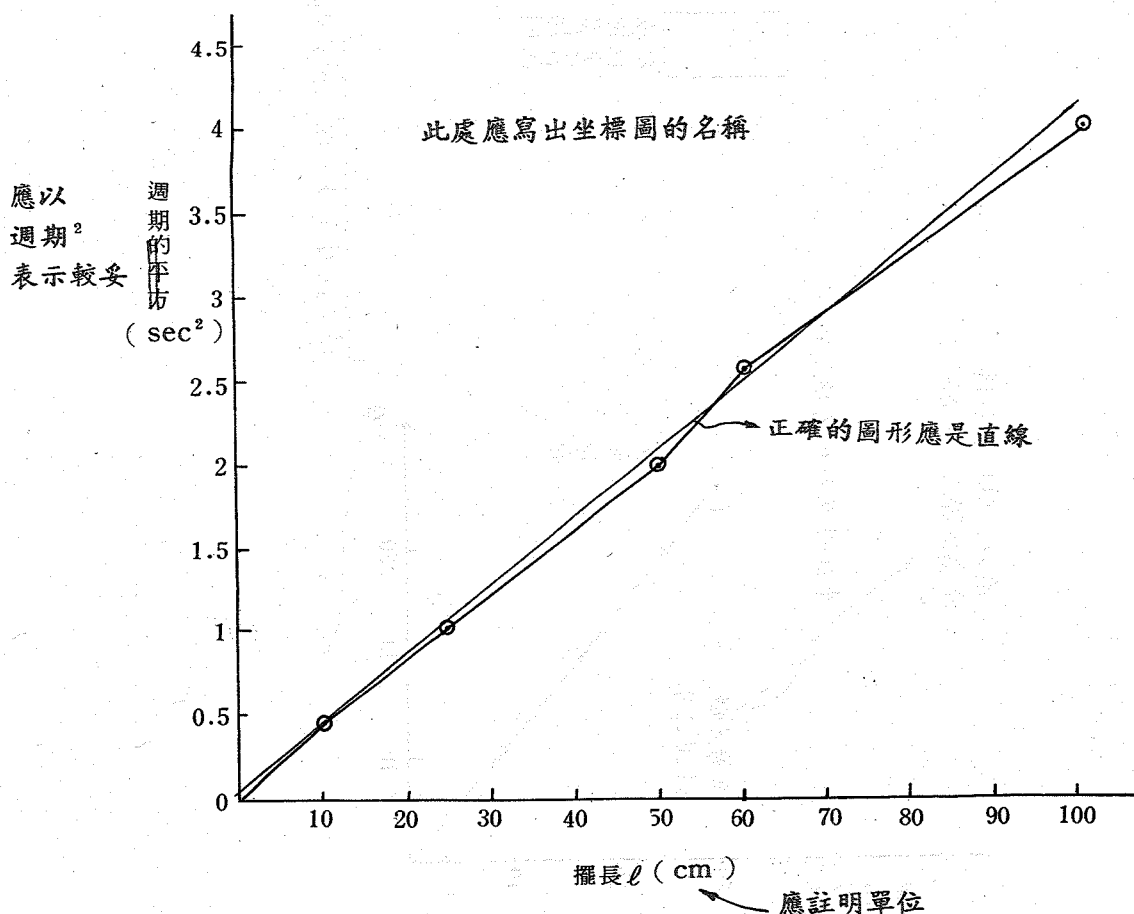


圖 2

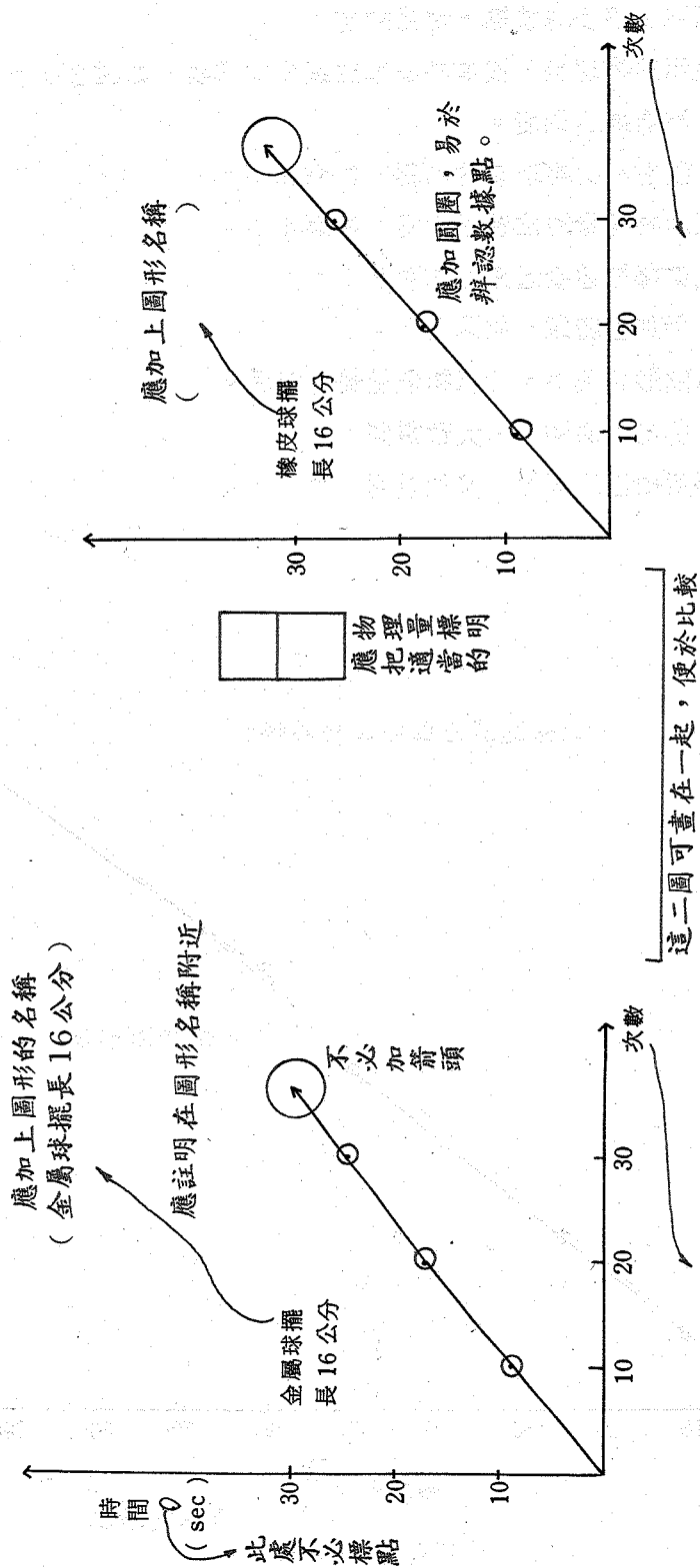


圖 3

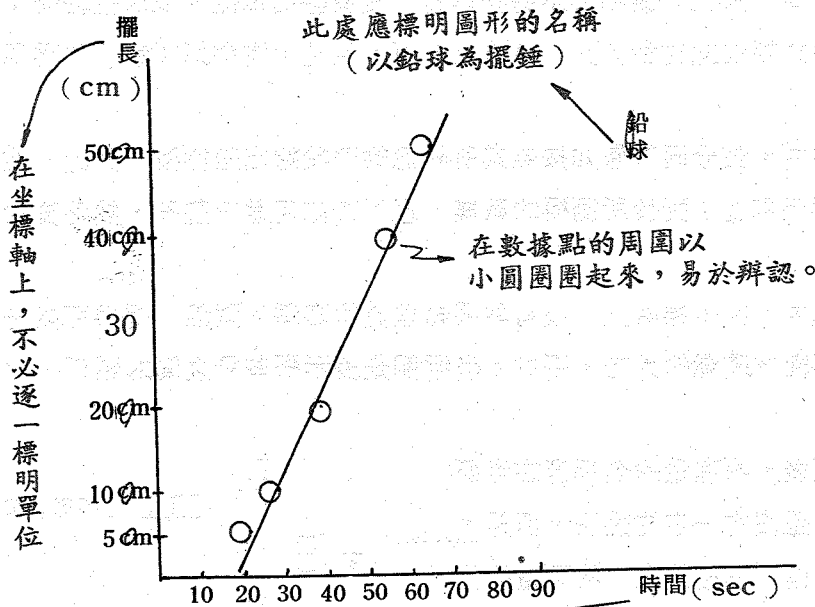


圖 4

每擺動 40 次的時間
應把時間除以 40，
得一次振動的時間，
作為橫坐標所表示的量。

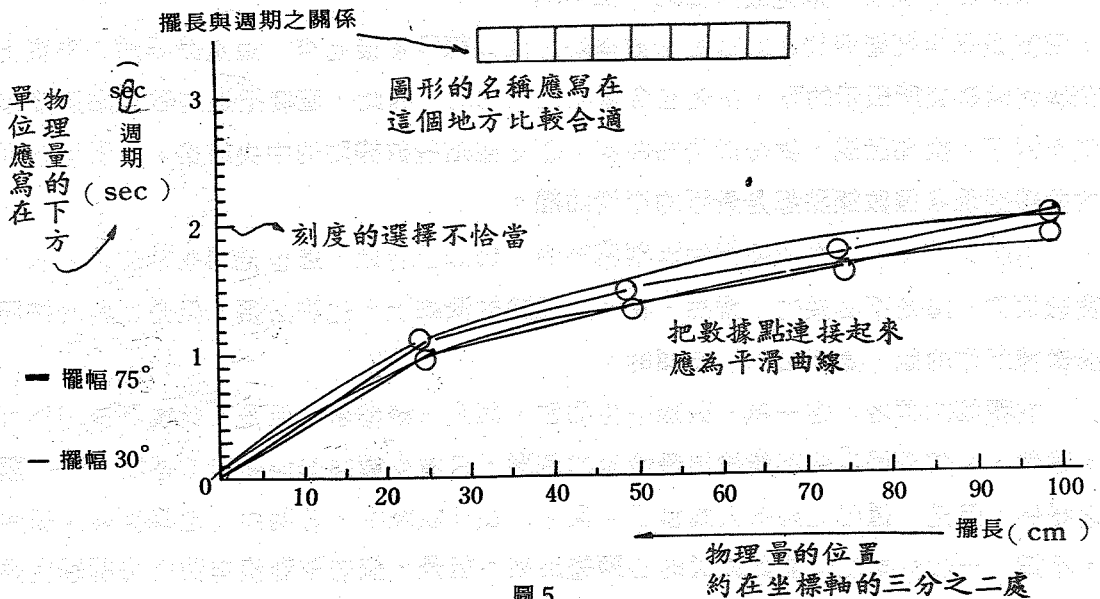


圖 5

茲分別敘述學生在作圖方面的缺失如下：

有關第(1)項者，只在坐標軸上標明物理量，沒有註明單位，或單位錯誤；有部分同學也喜歡把週期的單位記為秒/次，這雖無不可，但是，週期以「秒」作為單位時較適當。

有關第(2)項者，部分同學僅知按照其所熟悉的理論繪出坐標圖，因此，在其坐標圖上，就不用不著標示刻度；對於所測得的數據，也不知如何著手整理，缺乏實驗的歷練，是非常明顯的。

有關第(3)項者，在坐標軸上，沒有註明物理量的名稱。雖然，這很可能是一種疏漏，但是，這是不應該疏漏的地方，否則，坐標圖是表示那些量之間的關係，就毫無所悉了。

有關第(4)項者，物理量的名稱應在坐標軸上什麼位置，雖沒有一定的說法，但是，應以易於閱讀為佳。一般說來，物理量的位置應在坐標軸三分之二處，如右圖6（略圖）。在坐標圖上，亦應註明「甲-乙物理量的關係圖」，如此，更可一目瞭然函數圖形所欲表示之意義。

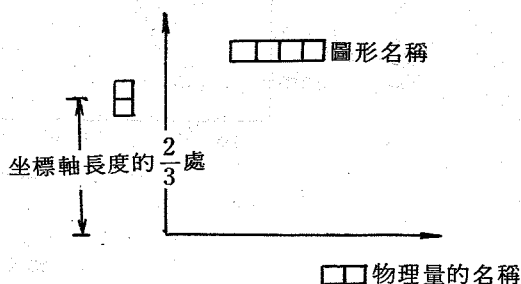


圖 6

有關第(5)項者，也是最嚴重的一個弊病，那就是學生們皆習於在數據點和數據點之間以線段連接起來。這是錯誤的；事實上，依據實驗數據所標示的點，總是包含著誤差在內的，因此，直接把這些數據點連接起來就不對了。換句話說，欲得最佳的曲線，應考慮這些數據點的中央趨勢，使所連接而來的曲線距離各個數據點都是最近的平滑曲線。

有關第(6)項者，在所繪得的坐標圖形中，仍加上箭頭，這也是同學常犯的毛病。對實驗而言，這是不必要的；雖然，在某些理論的演繹上，也許必須，但是，對於按照實驗數據所作的圖，是不必加上箭頭的。

有關第(7)項者，這一項，對國中生而言，確是一樁難事，但是，此種訓練卻不可少。雖然，大部分學生皆不能繪出最恰當的圖形，只有少數同學能繪出（週期）²—擺長之關係，但是，這已足夠令人驚喜了。反之，在實驗課中，若明白規定學生要作那些圖，不錯，一般的學生皆能如教師的心願畫出來。但是，倘若教師沒有明白告訴學生要那些圖，則學生必然能夠發揮創造力，就學生所畫出圖形的種類來看，是非常豐富且呈多

樣性的，而不是千篇一律的。

有關第(8)項者，同組同學，所作出的坐標圖大致雷同，這是最應立即改進的地方。姑不論學生是否經由實驗學到什麼，抄襲、模仿總是最遺憾的。可惜，抄襲、背誦仍是同學們所慣用的學習方法。

當然，在實驗課中，也曾發現部分同學的表現真是難能可貴。諸如：為比較擺錘質量是否對週期發生影響，同學們乾脆把鐵球、橡皮球同時裝置起來，讓他們一起擺動，以比較其運動的圖形（如圖7）。其次，在作圖而言，也有部分同學懂得由質量不同的擺錘所得到的週期——擺長之關係畫在同一圖中，俾利於比較；也有不少組別，控制擺長、擺錘質量為一定，研究擺幅於週期的關係。更有同學問到，若擺錘之形狀不是小圓球，而是長條形，則單擺週期會有何影響呢？

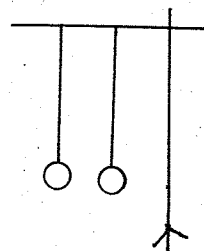


圖 7

看了這麼多優秀的國中同學在實驗課前、中、後之表現，讓人不能不說，應多給同學們一些實驗的機會。他們所「知」的已太多了，但為讓他們「真知」，實驗就是一個正確的途徑。希望凡我教師同仁，皆能有此體認與實踐，則基礎科學的教學成效，將較為可期。