



## 物理實驗中創造性思維能力的培養與訓練

李德安

華南師範大學物理系

中國廣州華南師範大學物理系(510631)

電郵: lida@scnu.ied.cn

---

### 內容

- 摘要
  - 實驗課題的設計
  - 實驗方案的設計
  - 實驗資料的處理方法
  - 實驗結果分析
  - 結論
  - 參考文獻
- 

### 摘要

本文以“橡皮筋的伸長和外力關係”實驗的設計與研究為，探討小型物理實驗課題，讓學生通過對課題的設計與研究來培養他們的觀察和實驗動手能力、提出問題的能力、科學思維能力、分析和解決問題的能力，培養學生的創造性思維，開拓學生的創新意識和創新精神。

在當今世界各國的基礎教育改革中，培養學生的創造力已成為一個重要的課題。創新意識和探索能力是理科教學的重要目標之一。在我國新的高中物理教學大綱中明確提出要“使學生受到科學方法的訓練，培養學生的觀察和實

---



驗能力、科學思維能力、分析和解決問題的能力”，“要鼓勵學生具有開拓意識和創新精神”，並且要求“必修和限選物理課設置適合於高中學生的課題研究，培養學生獨立地研究問題的初步能力”。然而，培養學生的創新意識和初步探索能力卻是我國高中物理教學的薄弱環節。在許多中學，普遍採用的是“口授，耳聽，筆演”的教學模式，學生獲取資訊的主要渠道是書本、考卷和教師的講解，培養能力的途徑主要是做大量的習題（其中絕大多數脫離實際）。審視我國高中物理實驗教學的狀況和中學生的心理思維特點，設計了一個此類型的課題，並讓中學物理興趣小組的學生對此課題進行了一定的研究與探討。

## 實驗課題的認識

創造活動首先源於問題意識。因為，如果沒有問題意識，一個新問題就不可能提出，而創造也就無從談起。傳統的灌輸式的教學引導下，很多人失去了問題意識。所以，指導教師應設計出能提高學生問題意識的、能培養學生創造性思維能力的課題，使學生在分析、研究的過程中能提出一些設想和問題，這樣學生的創造思維能力才能得到提高。

課題：給你一根較長的橡皮筋，20g 的砝碼和 10g 的砝碼各一隻，制圖板一塊、座標紙一張、細線一段、圖釘若干，請你設計實驗研究橡皮筋伸長和所受拉力的關係，並對實驗結果進行分析討論。

1. 你打算用什麼方法獲得小於 10g 和大於 30g 的拉力？
2. 你打算如何測量橡皮筋的伸長和拉力的大小？
3. 請你猜想一下橡皮筋的伸長和拉力的圖線是什麼樣的？
4. 你準備怎樣處理實驗資料？
5. 你作出的圖線有什麼特點？怎樣解釋？
6. 在逐漸加大拉力作出一條圖線後，再逐漸減小拉力回到原來的初始拉力大小，再作圖線，這兩條圖線是否重疊？這說明了什麼問題？

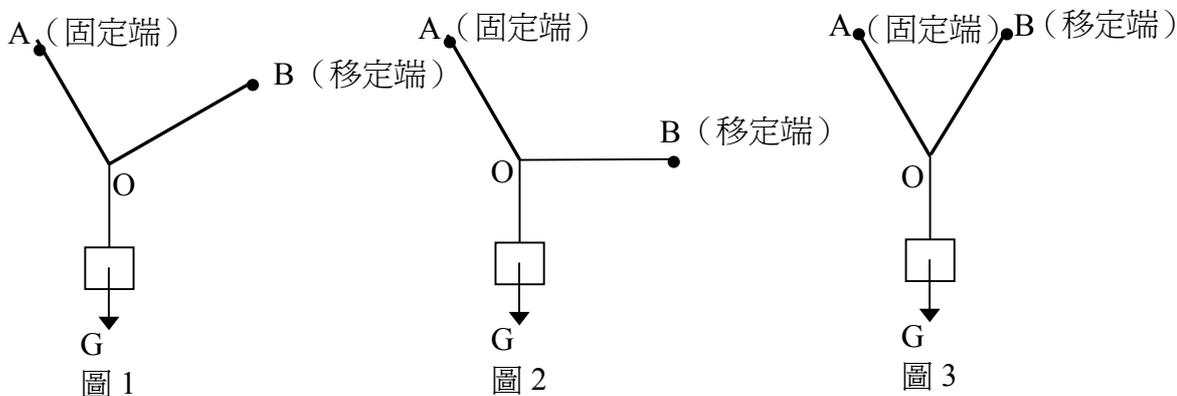
## 實驗方案的設計

學生面對這樣的問題，最初的設想多數是在橡皮筋下掛碼的方法，但實驗中只能得到三組資料，不足以反映橡皮筋的伸長和所受外力的關係。這時他們就會積極地思索，利用所學的知識、所給的器材，運用抽象思維的方法去分析並設想各種實驗方案。教師不輕易對學生的方案過早地給予評價，鼓勵學生去嘗試自己設計的實驗方案（包括難於或不能達到實驗目的的方案），在



實驗過程中讓他們發現方案中存在的缺點和問題。這樣學生創造性思維的能力在方案設計階段就得到了較好的訓練。

學生實施的實驗方案大概有如下幾種：



方案一、如圖 1 所示，AO 為橡皮筋、BO 為皮筋或繩，B 點可在 AOB 平面內隨意移動。

方案二、如圖 2 所示，AO 為皮筋、BO 為皮筋或繩，OB 始終與重力 G 的方向直。

方案三、如圖 3 所示，橡皮筋原長 AO 等於橡皮筋原長 BO，且 B 點固定在一條經過 A 點的水平直線上移動。

在以上各方案的實施過程中，只要在座標紙上定下不同的 B 點和 O 點的位置，即可提供一組供研究的資料。同時，在 B 端移動到某點後，進一步要求學生從此點順著各點返回，並定下此時 O 點的位置，並要求學生對產的“異常”現象作進一步的分析與研究。

實驗中應注意的幾個問題：

1. 圖畫板必須豎直放置；
2. 最好在座標紙上定點，砝碼的重力方向與座標紙的垂直軸平行，這樣更方便定點、讀數及測量；
3. 在測量前應讓橡皮筋呈鬆弛狀態，以達到更好的實驗效果；
4. 定點必須準確並盡可能快速，且要一氣呵成地完成兩條曲線的點軌。



## 實驗資料的處理方法

物理學的許多重大發現都是從分析實驗資料中得出的。特別是物理定律的公式基本上都是從實驗資料的處理中得到的。實驗結果的資料處理包括技術處理和理論分析，它是運用資料揭示事物和現象的本質聯繫。因此，必須運用數學方法與思維方法相結合，對記錄的實驗結果加以整理分析，主要包括實驗誤差的分析、有效數字的運算和實驗資料的處理。

在資料處理中，力  $F$  是根據力的分解與合成的原理求得，但處理的方法也是多種多樣的，不同的方法有不同的優缺點，下面就實驗方案三進行分析：

根據力的平行四邊形法則（如圖 4 所示）， $AOBC$  是一個對角線相互垂直的菱形，因此可以把它轉化為直角三角形的形式來求  $F$  值，即  $F \cos \theta = G/2$ ， $\cos \theta = OD / \sqrt{OD^2 + DA^2} = OD / OA$ ，只要我們量出  $OD$ 、 $OA$  的數值，或從座標紙上讀出  $OD$  和  $AD$  的數值，都可求出  $F$  值的大小。

在資料處理中，可簡化為如圖 5 所示的方法來求得力  $F$  的大小和橡皮筋在不同拉力  $F$  下的長度  $l$ （在此選取不同單位長度的  $O_1D_1$ 、 $O_2D_2$ —表示  $G/2$  的大小）。

$$\text{如： } F_1 = \frac{O_1A}{2O_1D_1} \cdot G = \frac{\sqrt{O_1D_1^2 + D_1A^2}}{2O_1D_1} \cdot G$$

$$F_2 = \frac{O_2A}{2O_2D_2} \cdot G = \frac{\sqrt{O_2D_2^2 + D_2A^2}}{2O_2D_2} \cdot G$$

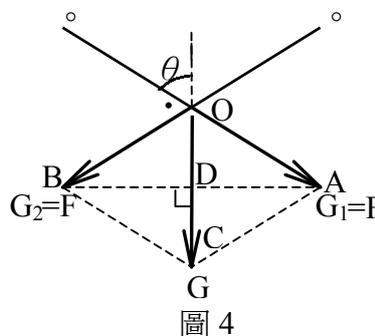


圖 4

1. 也可採用力圖示法求得力  $F$ ，以單位長度表示  $G/2$ （如圖 6 所示），則  $O_1E_1$ 、 $O_2E_2$  的長度即分別表示力  $F_1$ 、 $F_2$  的大小。

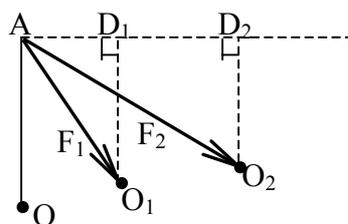


圖 5

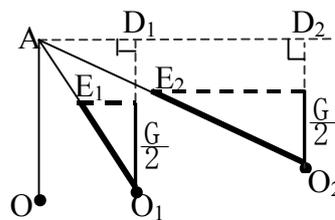


圖 6

3. 關於  $F-\Delta l$  圖像的得出，可有以下幾種方法：



1. 先求出  $l$ 、 $F$  的值, 然後作出  $F-l$  曲線, 延長曲線交  $l$  軸於  $l_0$ , 則  $l_0$  即為橡皮筋的原長( $l_0$  也可在測量前量出), 然後把  $F$  軸向右平移  $l_0$ , 即得出  $F-\Delta l$  圖像 (如圖 7 所示)。
2. 以  $A$  為主圓心,  $A$ 、 $B$  重合時  $AO$  的長度  $l_0'$  為半徑畫弧, 然後量出  $\square l'$  (如圖 8 所示) 但用此方法測量  $\Delta l'$  可能會產生較大的誤差。作出  $F-\Delta l'$  的圖像, 然後向右平移  $l_0-l_0'$ , 即得出  $F-\Delta l$  圖像 (如圖 9 所示)。
3. 以  $A$  為圓心, 以不同作用力  $F_i$  下橡皮筋的長度  $l_i$  為半徑, 利用畫弧的方法在座標紙上量出橡皮筋的長度  $l$  (如圖 10 所示), 然後按照“1”的方法作出  $F-\Delta l$  圖象。

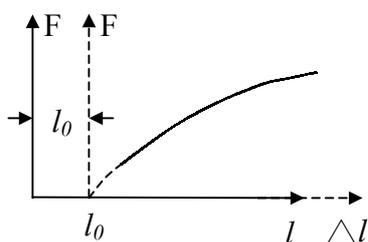


圖 7

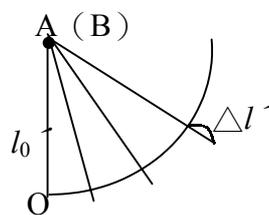


圖 8

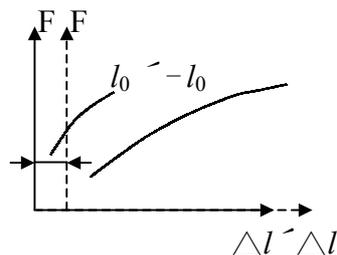


圖 9

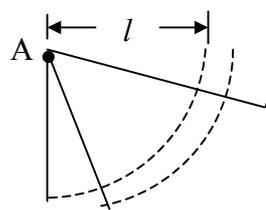


圖 10

下面是運用方案三測得的一組資料：

其中砝碼為 30g, 繩原長 (總長) 為 30cm, 不同的力  $F_i$  ( $F_i'$ ) 作用下橡皮筋的伸長量為  $\Delta l_i$  ( $\square l_i'$ ), ( $F_i'$ 、 $\Delta l_i'$  分別為橡皮筋返回時的作用力以及在此作用力下的橡皮筋的伸長量)

$F_i/g$	15.00	15.12	15.51	16.20	16.66	17.27	18.04	18.92	20.12
$\Delta l_i /cm$	16.00	16.03	16.08	16.13	16.21	16.24	16.35	16.40	16.50
$F_i/g$	21.60	23.48	25.83	28.88	32.54	36.95	41.39	46.34	
$\Delta l_i /cm$	16.68	16.87	17.13	17.46	17.94	18.55	19.31	20.08	



$F_i/g$	15.00	15.13	15.51	16.17	16.63	17.20	17.91	18.83	19.91
$\Delta l_i/cm$	16.20	16.24	16.34	16.39	16.50	16.57	16.65	16.69	16.85
$F_i/g$	21.25	22.97	25.13	27.82	31.40	35.45	40.28	46.34	
$\Delta l_i/cm$	17.00	17.22	17.38	17.71	18.21	18.76	19.42	20.08	

## 實驗結果分析

作圖法的最大特點是它的直觀性，它把物理量之間的相互依賴關係，形象清晰地反映在圖像上，簡化研究過程並從中得出規律。學生作出  $F-\Delta l$  圖像後，從圖像上兩條曲線明顯不重合，因此，他們就會提出各種假設進行分析推理，從而得出結論。這樣他們的創造性思維能力就能得大大的提高。

從  $F-\Delta l$  圖像可知：

1. 當拉力  $F$  較小時，曲線接近線性；
2. 當拉力  $F$  較大時，曲線向橫軸靠近，表現為非線性。對相同的  $\Delta F$ ， $F$  值越大， $\Delta l$  也就越大。其中的一個原因是：實驗過程中，橡皮筋的橫截面積變小，即  $K$  值變小；
3. 將拉力逐漸加大得到一條圖線，再將拉力逐漸減少得到別一條圖線，可以發現，兩曲線與  $X$  軸（ $\Delta l$  軸）所圍成的面積不相等。它說明橡皮筋從伸長到返回的兩種狀態過程中的做功值不相等，即經過一次迴圈有一定的能力損耗。這種能量的損耗是由於橡皮筋的特殊結構所決定的，其機械能的減小轉換為橡皮筋的內能。

作出的  $F-\Delta l$  圖像如圖 11 所示（包含了橡皮筋返回的曲線）

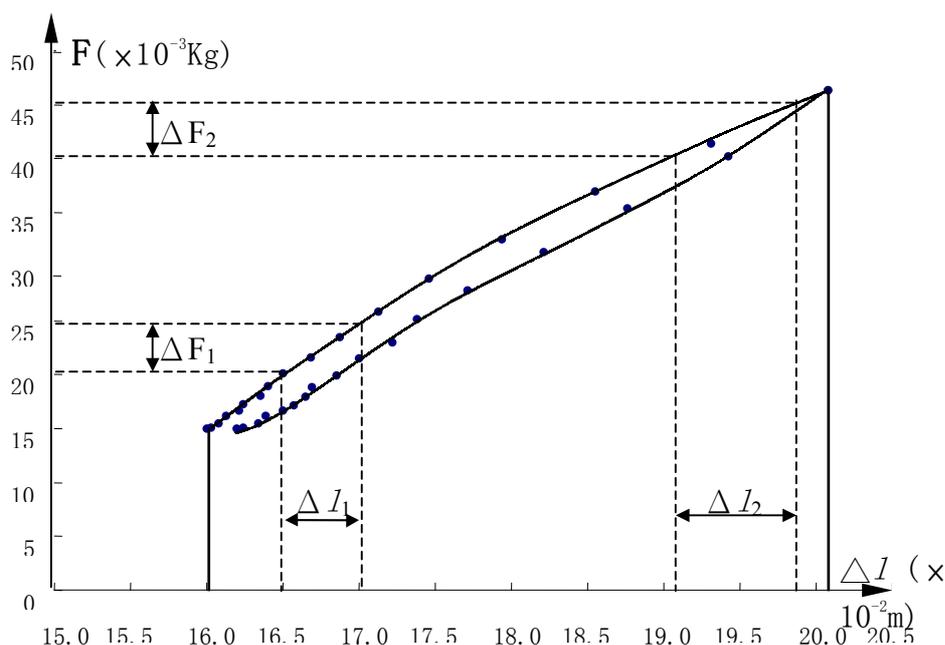


圖 11

## 結論

設計這一類實驗的目的,旨在培養學生敏銳的觀察和提出問題的能力,能讓學生在實驗過程中不斷提出新的設想,發展學生的想象和聯想能力,培養學生強烈的好奇心和綜合利用資訊的能力。主要體現在:

1. 提高學生的實驗構思和設計能力以及提出問題、科學分析問題等方面的能力。例如在外力獲取方面,實驗器材只給出了 10g 和 20g 的砝碼,但要求學生要得到小於 10g 和大於 30g 的拉力,學生只能去分析、動腦,要運用力量的分解與合成等方面的綜合知識。
2. 打破傳統實驗的約束,對提高學生實驗的實施能力和培養學生的發散思維有很大的幫助。過去在實驗設計方面:中學物理必修課只要求研究橡皮筋的伸長和所受外力的關係,而沒有要求在伸長到一定程度後按原點返回,並記錄此時橡皮筋的伸長量與外力的關係。
3. 培養學生分析和解決問題的能力。例如在資料處理方面:中學物理必修課要求的是粗略測量,是傳統的下掛砝碼的方法,然後只測幾組資料,描出一條直線,而本實驗則要求有較精確、詳細的實驗資料,要求學生懂得資料的處理方法,使圖線能直觀反映物理量的變化規律,這些處理研究過程。



4. 培養學生的創造性思維能力。例如在實驗結果分析方面：要求學生會用作圖法分析實驗資料，並從中得出結論，在本實驗中，從圖上看出兩條曲線明顯不重合，但要探究其原因，對初學者來說也不是一件容易的事，只有通過多方面的分析、設想，發揮學生的想象力，才能得出一定的結果。

## 參考文獻

1. 劉炳升 主編。科技活動創造教育原理與設計。南京師範大學出版社，1999.4。
2. 喬際平 劉甲璿 著。物理創造思維能力的培養。首都師範大學出版社，1998.4。
3. 劉炳升 [英]特·奧索普 主編。中學理科實踐教學。高等教育出版社，