

# 目 錄

|            |                    |      |
|------------|--------------------|------|
| <b>第二編</b> | <b>力學(動力學)</b>     | 2-1  |
| <b>第一章</b> | <b>運動定律</b>        | 2-3  |
| <b>第一節</b> | <b>第一定律</b>        | 2-3  |
| ①          | 模型手推車的等速運動         | 2-3  |
| ②          | 用乾冰包的實驗            | 2-4  |
| ③          | 用氣球的實驗             | 2-6  |
| ④          | 靜止的慣性、運動的慣性        | 2-7  |
| <b>第二節</b> | <b>第二定律</b>        | 2-11 |
| ①          | 用門用滑輪作台車的實驗        | 2-11 |
| <b>第三節</b> | <b>第三定律與動量守恒</b>   | 2-18 |
| ①          | 作用與反作用             | 2-18 |
| ②          | 球的碰撞               | 2-25 |
| <b>第二章</b> | <b>各種運動</b>        | 2-31 |
| <b>第一節</b> | <b>落體運動</b>        | 2-31 |
| ①          | 真空落下實驗器            | 2-31 |
| ②          | 落下速度與加速度 (計時器的利用)  | 2-32 |
| ③          | 運動與加速度的測定          | 2-35 |
|            | I. 用交流蜂音器的方法       | 2-35 |
|            | II. 用閃光照相的方法       | 2-39 |
|            | III. 用磁氣錄音帶的方法     | 2-41 |
| ④          | 用棒擺的方法             | 2-44 |
| ⑤          | 落下運動的觀察 (用日光燈閃光照明) | 2-45 |

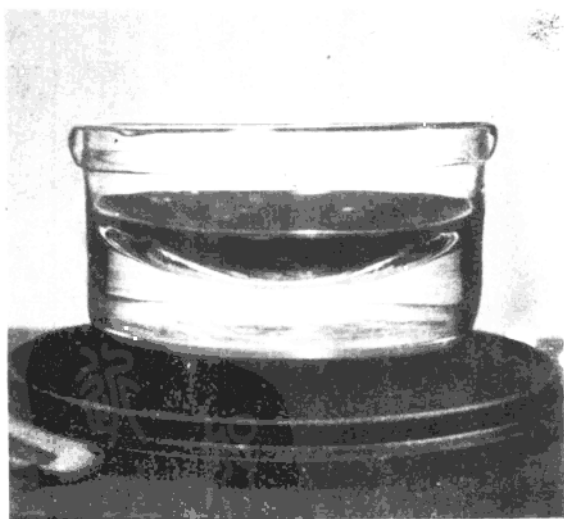
|     |                       |       |
|-----|-----------------------|-------|
| ⑥   | 用斜面的等加速運動             | 2-47  |
|     | I. 用模型台車的方法           | 2-47  |
|     | II. 用滾球的方法            | 2-49  |
|     | III. 用乾冰包的方法          | 2-52  |
| ⑦   | 自由落下時間的測定 (利用計數管計數裝置) | 2-54  |
| 第二節 | 拋體運動                  | 2-58  |
| ①   | 用閃光照相考察拋體運動           | 2-58  |
| ②   | 落下的靶子                 | 2-59  |
| 第三節 | 摩擦                    | 2-63  |
| ①   | 靜摩擦係數的測定              | 2-63  |
|     | I. 用摩擦角測定的方法          | 2-63  |
|     | II. 用彈簧秤的方法           | 2-65  |
| ②   | 滾軸的摩擦係數的測定            | 2-67  |
| ③   | 滾動摩擦係數的測定             | 2-70  |
| 第四節 | 向心力 (離心力)             | 2-71  |
| ①   | 用電唱機電動機的定性實驗          | 2-72  |
| ②   | 用電唱機電動機的定量實驗          | 2-83  |
| ③   | 轉動調整器                 | 2-89  |
| ④   | 離心機                   | 2-91  |
| ⑤   | 揮動以綫繫結的橡皮塞            | 2-92  |
| ⑥   | 觀察在燒瓶內作圓運動的液體         | 2-94  |
| 第三章 | 簡諧運動、單擺               | 2-97  |
| 第一節 | 簡諧運動                  | 2-97  |
| ①   | 用圓運動的投影觀察簡諧運動         | 2-97  |
| ②   | 用旋轉鏡以圖表示範簡諧運動         | 2-100 |
| ③   | 以曲綫表示簡諧運動             | 2-101 |
| 第二節 | 單擺                    | 2-102 |
| ①   | 單擺的製作與實驗              | 2-102 |
| ②   | 利用乾冰包的方法              | 2-108 |

|     |               |       |
|-----|---------------|-------|
| ③   | 用布爾達擺測定 $g$ 值 | 2-109 |
| 第三節 | 各種擺           | 2-113 |
| ①   | 水平擺           | 2-113 |
| ②   | 倒立擺           | 2-115 |
| ③   | 用乾冰包的方法       | 2-116 |
| 第四節 | 簡諧運動的合成       | 2-117 |
| ①   | 利薩如圖形(1)      | 2-117 |
| ②   | 利薩如圖形(2)      | 2-121 |
| 第四章 | 動量與機械能        | 2-125 |
| 第一節 | 動量的守恒         | 2-125 |
| ①   | 二球的碰撞         | 2-125 |
| ②   | PSSC 的方法      | 2-126 |
| ③   | 驗證動量守恒定理的實驗   | 2-128 |
| 第二節 | 恢復係數          | 2-131 |
| ①   | 恢復係數的測定       | 2-131 |
| 第三節 | 角動量守恒的定理      | 2-134 |
| ①   | 角動量的守恒        | 2-134 |
| 第四節 | 能量守恒的定理       | 2-135 |
| ①   | 位能與動能的交換      | 2-135 |
| 第五章 | 剛體的運動         | 2-139 |
| 第一節 | 轉動慣量          | 2-139 |
| ①   | 轉動慣量與角加速度     | 2-139 |
| ②   | 扭轉振動的週期與轉動慣量  | 2-143 |
| 第二節 | 迴轉器           | 2-145 |
| ①   | 迴轉器           | 2-145 |
| 第六章 | 流體的運動         | 2-149 |
| 第一節 | 柏努利定理         | 2-149 |
| ①   | 柏努利定理實驗器      | 2-149 |
| ②   | 柏努利定理說明器      | 2-151 |

|                |                   |       |
|----------------|-------------------|-------|
| ③              | 用漏斗與乒乓球的方法 —————  | 2-153 |
| ④              | 用漏斗與濾紙的方法 —————   | 2-155 |
| ⑤              | 馬格那斯效果 —————      | 2-156 |
| 第二節            | 流線的觀測 —————       | 2-157 |
| ①              | 流線的觀測 —————       | 2-157 |
|                | Ⅰ. 用水的方法 —————    | 2-157 |
|                | Ⅱ. 用乾冰的方法 —————   | 2-159 |
| ②              | 置於流體內抵抗體的作用 ————— | 2-161 |
| 工廠的現場和實驗 ————— |                   | 2-163 |

## 第 二 編

### 力學(動力學)



轉動的水所成的拋物面

## 2-2 物理實驗大全(二)——力學（動力學）

# 第一章 運動定律

## 第一節 第一定律

### ①模型手推車的等速運動

【目的】 在軌道上推走模型手推車觀察等速運動。(初)(高)

【準備】 模型台車，鉛塊(1公斤)，模型軌道3米，12厘米×12厘米×5米木材，停錶，尺，方格黑板。

【方法】1 製作模型手推車。將鉛塊鑄成大小能裝上台車的長方形，用鋁板與螺絲緊緊固定在台車上。

2 製作模型軌道。選用無彎曲的木材，用螺絲牢釘軌道在其上。每支軌道普通長約50厘米，各支連接做成模型軌道。在軌道末端以黏接着劑貼橡皮墊作為停車設備。

3 實驗等速運動的距離與時間的關係。

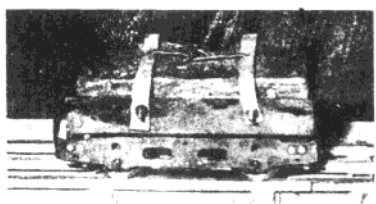
(1)軌道台放在長桌上，在台一端例如左端加高，使軌道有適當傾斜度。傾斜軌道的目的為要減少摩擦的影響。作預備實驗決定能觀察等速運動所需的傾斜角度。

(2)在軌道台側面(學生可以看到的面)以50厘米間隔作記號。原點放在離軌道末端(例如左端)約50厘米的地點，使原點與末端有相當距離能使用於加速運動。

(3)推動手推車，最初只觀察大約情形，然後作定性觀察車通過原點及記號點處時，數1. 2. 3. ……然後作測定。

(4)作測定時要五個人，每人帶一只停錶，第一人測定車通過原點至第一記號點間所需時間，第二人測定原點至第二記號點間所

需時間……等。把結果記錄在表內，並用方格紙或方格黑板畫圖表以驗證  $x = kt$  的關係，同時也查驗在各區間中平均速度大約一定。



照片1

【要點】 1 柱形材料要選擇無彎曲的材料。

2 手推車及軌道製作應堅固。

3 實驗前，先在手推車的轉動部份加油。

4 軌道台的傾斜在普通情況下約為  $1/60$ ，如不予留意則不易覺察。

5 使學生預先熟習停錶的使用法。

6 測定值的有效數字位數最多為兩位。

【參考】 1 在軌道一端（例如左端）加斜面，把軌道延長到斜面上，則可以同一條件重複作實驗。即可在斜面上的一定位置使車子開始運動，此時停錶使用一只即夠。

2 此裝置也可用於等加速度直線運動的實驗。

## ② 用乾冰包的實驗

【目的】 用乾冰包在摩擦極小的平面上驗證運動第一定律。（初）  
（高）

【原理】 金屬圓筒內裝乾冰，使乾冰昇華時所產生的  $\text{CO}_2$  氣體由底面小孔噴出，則可在底面與台面間作成薄層的  $\text{CO}_2$  氣體而使乾冰包浮起。此  $\text{CO}_2$  氣體薄層成為平滑面而減少物體間的摩擦。

【準備】 1 乾冰包〔金屬圓筒，帶橡皮塞的黃銅圓板（中央開小孔以便氣體噴出），金屬網，乾冰碎片〕。

2 磨光的厚玻璃板（寬 50 厘米，長 150 厘米以上，當作滑動乾冰包的平面使用。為搬運及保存方便計，應保存此玻璃板在有厚底

板的盒內)。

3 節拍器 (當作計時錶使用)，停錶各一只。

4 其他調節面的傾斜用楔子 8 只，綫，橡皮圈。

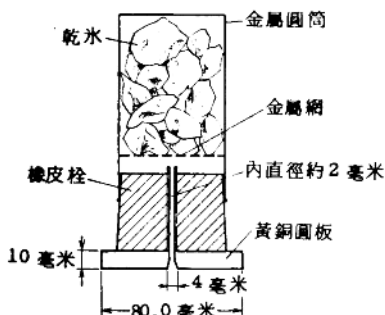


圖 1



照片 1

【方法】1 在金屬圓筒內裝乾冰碎片以金屬網支持，蓋上帶橡皮塞的黃銅蓋作成乾冰包 (圖 1) (照片 1)。



照片 2

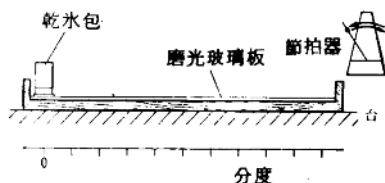


圖 2

2 放置玻璃板略成水平方向。

3 將乾冰包輕輕放置玻璃板上，稍停即開始滑動。

4 用楔子調節玻璃面使乾冰包停止不動，此時玻璃面恰好為水平面。

5 從玻璃板一端如照片 2，使乾冰包開始滑動。用節拍器的聲音與尺的分度觀察運動的狀態 (圖 2)。

【使用時應注意各點】

- 1 注意不要讓乾冰粉末堵塞小孔。如小孔不通，筒內氣壓即增高，因  $\text{CO}_2$  氣體無出口，可能使蓋子跳出。
- 2 所用的平面必須使用經磨亮加工的玻璃面 (乾冰包與平面間氣體薄層的厚度非常薄，必須用很平滑的面，在運動中才不會受到阻碍)。

【參考】 PSSC 物理。

### ③ 用氣球的實驗

【目的】 用氣球在沒有摩擦的平滑面上簡單示範各種物體的運動。  
(初)

【原理】 把帶有吹口的氣球吹脹後裝在有小孔的圓形硬板上，放在平滑面上 (例如製桌面的保麗板)，由小孔噴出的空氣則成為薄層在氣球與桌面間。此空氣層有使表面平滑的作用而減少物體與平面間的摩擦。

【註】 此法比利用乾冰包的方法簡單，但不大正確。

【準備】 1 帶吹口的氣球一只。

2 裝上氣球用圓板 (硬板製，中央有小噴出口)。

3 滑面 (製桌面等用的保麗板)。

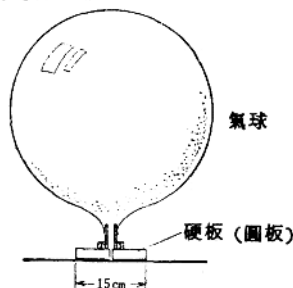


圖 1

【方法】把氣球吹脹裝上圓板，放在滑面，與乾米包實驗同法觀察各種運動狀態。

【參考】PSSC 物理。

#### ④靜止的慣性，運動的慣性

【目的】1由各種實驗了解慣性的定律。（初生）（高）

2了解物體的質量愈大，慣性亦愈大。（高）

【準備】1靜止的慣性

靜止慣性實驗器，厚書若干本與不易破的紙，玻璃杯與舊明信片及硬幣等。

砝碼與綫約100厘米（砝碼重約200克，綫為約30號的棉綫）砝碼與橡皮綫約30厘米（粗細與普通橡皮圈相似），玻璃球（大小二個）與厚紙，橡皮圈，不倒翁落下玩具，小刀與固定架（各二個），紙捻（或紙繩）與容易斷的棒（約10厘米）與堅固的棒，新粉筆與包香煙用的鋁紙與尖的鉛筆。

#### 2運動的慣性

硬幣與厚紙，金屬球（約200克）與呢絨布（100厘米×20厘米），乾米塊。

【方法】查驗慣性定律

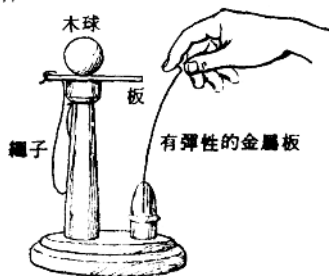


圖 1

#### 1靜止的慣性

(1)靜止慣性實驗器的使用：如圖1.拉金屬板後放鬆。載球的板則被打出去而木球仍留在接台上。

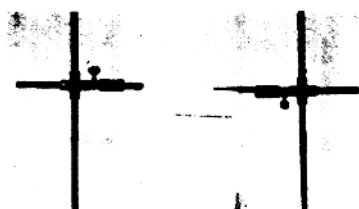
## 2-8 物理實驗大全(二) 一力學 (動力學)

- (2)厚書若干本與不易破的紙：把書重疊放在紙上，以快速拉出紙，書仍留着不動，如緩緩拉紙，書即與紙同時行動。
- (3)玻璃杯與舊明信片及硬幣：玻璃杯上放舊明信片，其上放硬幣，以快速拉出舊明信片，硬幣即落玻璃杯內。
- (4)砵碼與綫：把砵碼繫結在綫中央處，在兩側留下約 30 厘米的綫。固定綫的一端，輕輕的或很快的拉綫下端，觀測拉法不同，綫斷的地點亦不同（輕輕拉綫時則斷上綫，急速拉綫時則斷下綫）。
- (5)砵碼與橡皮綫：在橡皮綫一端結砵碼，用手捏住橡皮綫另一端慢慢的或很快的把手上下或左右搖動。手動的情形不同，砵碼的運動情形也不同（手慢慢搖動時砵碼則隨手上下或左右搖動，手作快運動時，砵碼則不動）。
- (6)玻璃球一個與厚紙：將玻璃球放在紙中央處，把紙慢慢移動或轉動，或很快的動，（紙運動的很快時，玻璃球則停在一定位置不動）。



照片 1

- (7)不倒翁落下玩具：在桌子上放好不倒翁落下玩具（每塊對準放好），由側面用木槌急打，被打的部份跳出，而上面部份保持原來狀態落下來。
- (8)小刀，固定架，紙捻，與棒：如照片 2，兩把小刀為刀刃向上用固定架固定之。以紙捻作成圓環形掛在刀刃上，以搭一容易斷的棒。使用堅實的棒急打此棒，棒會斷，但紙捻不會斷。



照片 2

- (9) 粉筆與包香煙的鋁紙：把鋁紙充分的壓平放在桌上，把約 $\frac{1}{3}$ 長伸出桌子外邊，在桌上鋁紙靠近末端處，立一新粉筆，以尖鉛筆急打桌子外邊鋁紙。

粉筆將不動留在原處，而鋁紙則捲在鉛筆上（圖2）。

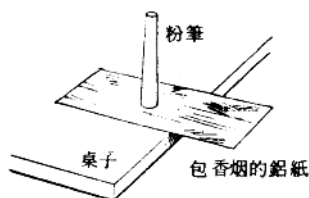


圖 2

## 2 運動的慣性

- (1) 硬幣與厚紙：在紙上面放着硬幣，移動紙，如突然停止紙的運動硬幣仍然繼續向前運動。
- (2) 金屬球與呢絨布：如圖3，在桌上鋪有絨紋的呢絨布，使球在其上面滾轉，然後在弄平的呢絨布上滾轉。最後把布取開，在桌面上滾球。比較各種情形下球運動的距離。了解面愈平，球運動的距離愈遠，並由此結果推論如桌面為理想的平面，球將運動到無窮遠處。
- (3) 乾冰的使用：把乾冰塊的一部份弄成平面放在桌子面上，輕輕的推它，乾冰則約略作等速直綫運動（因在桌面與乾冰塊間

產生二氧化碳薄層而減少摩擦的原故)。

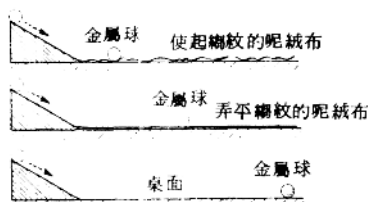


圖 3

### 3 慣性與質量大小的關係

(1)大小兩個玻璃球與橡皮圈：大小二個玻璃球放在桌上，各用橡皮圈以同樣大的彈力打擊，比較各玻璃球運動狀態，因大球開始運動不易，表示大球的靜止慣性較大，而了解慣性與質量的關係。

(2)大小兩個的玻璃球與厚紙：將大小二個玻璃球放在厚紙上運動，而比較兩球運動的距離，由大球繼續運動距離比小球大的結果，表示大球的運動慣性較大，而了解慣性與質量的關係。

【要點】在1的(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)的各實驗中俱以水平方向突然加力為做成實驗的要領之一。

(4)的實驗中砵碼的重量不夠時實驗結果即不一定。綫如太結實，實驗也做不好。如在綫下端繫結木塊而拉木塊較容易加力。

(5)的實驗中，突然把手向上運動時，因砵碼向下的慣性力大，橡皮綫即被伸展，此時產生的彈性力未超過慣性力前，砵碼即不動。緩緩把手向上運動時，砵碼向下的慣性力小，因此橡皮綫的伸展也小，但所產生的彈性力超過慣性力，而砵碼即隨手向上運動。

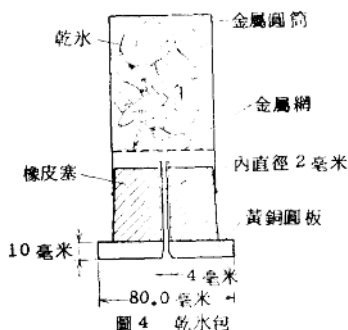
(8)的實驗中，盡量急打棒的中央部份為成功的秘訣。

(9)的實驗中，也應同樣以鉛筆的尖端盡量急打鋁紙。

在2的(1)實驗中，可以金屬球代替硬幣，厚紙面要盡量弄平(

例如硬紙上再張貼平滑面的紙等)。

(3)的實驗中，要點為是否乾冰塊平面部份已被充分弄平，也可以用如圖示的乾冰包。兩種方法的原理都一樣。因乾冰的昇華在桌面間產生薄層的二氧化碳而減少兩者間的摩擦。此時如桌面上有水分，即凝固而妨碍實驗。注意：為避免此種妨碍計，亦有利用金屬板做實驗而從下面加熱者。



## 第二節 第二定律

### ①用門用滑輪作台車的實驗

【目的】 以一定方向的力  $F$ ，作用於水平面上運動的物體：讓物拉着紙帶運動，用交流蜂音器及計時器以等時間間隔在紙帶上作記號。分析此紙帶記錄，求加速度  $a$  與力  $F$  的關係， $a$  與物體的質量  $M$  的關係。(高)(高外)

【準備】 1 實驗用台車 如圖 1 所示在板上開三個裝滑輪的長方形洞，洞要有充分大小能使門滑輪容易裝上。應注意各輪進行方向平行，並注意不要使車輪碰到洞的邊緣。以螺絲固定輪軸承於板上。

2 力學實驗用砝碼 (例如 35 克鉛製品 25 個連盒總重 1050 克)。

## 2-12 物理實驗大全(一)力學(動力學)

3 動力傳達用橡皮圈約 2 米(作成圈形 4 條,每條長 50 厘米)或橡皮圈(四,五條為一組,共約四組),木製的尺(1 米)。

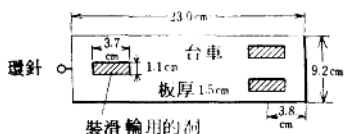


圖 1

4 交流蜂音器及計時器(參照第八編第二節②交流蜂音器與計時器一項),複寫紙,記錄用紙帶,紙膠帶。

5 可變變壓器。

6 固定架,彈簧秤,綫,方格紙,尺(竹製 30 厘米),計算尺,剪刀,水準器。

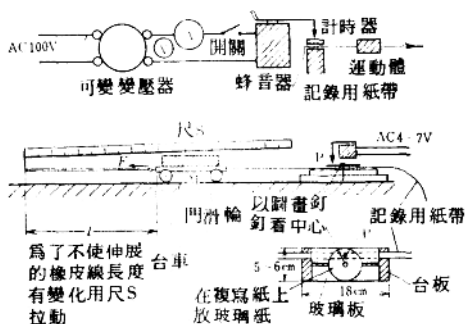


圖 2

### 【方法】 1 測定

(1)用固定架,把蜂音器緊固的裝置於桌上,以水準器檢查台車所

需經過的路徑，台車經過的路徑必須水平及平滑，

- (2) 蜂音器要預作試驗若干次，調節接點間隔及電壓，使能很快的明確的記錄打點。作調節時同時也注意紙帶通過的情形。
- (3) 在車後以紙膠帶黏貼長約 1 米的紙帶通過蜂音器。開始時把車推動後不要加力。把此時運動情形記錄於紙帶。改變原始推動力的大小，製作若干條打過的紙帶。
- (4) 將橡皮圈一端連接車，另一端掛在尺，把車固定着以尺向車的預定進行方向拉長橡皮綫，橡皮綫則伸展而產生推動車的力。記住尺的那一分度與車的什麼地方相合，以便保持橡皮綫的同一伸展度。設橡皮綫的伸展為  $l$ ，此時橡皮綫則以  $F = kl$  的張力拉車。

把固定車子的手放開，同時把尺也向前與車一樣速度推動，橡皮綫的伸展  $l$  則不變，張力  $F = kl$  也一定。

欲使尺與車同一速度推動，必先記好車開始運動前尺與車的前端一致的分度。而在運動中，一直保持此共同分度。必須先經預備實驗若干次作練習後，始能開始作正式測定。

- (5) 練習好能以一定張力拉車後，在車後端以紙帶貼記錄用紙帶（方格紙帶也可以），使紙帶通過蜂音器內複寫紙之下。
- (6) 檢查電源電壓是否正常後，關蜂音器開關，同時開放台車，推動尺，保持一定的張力。紙帶離開蜂音器後，開開關停止蜂音器。記錄紙帶上已經有蜂音器的打點記錄，各點間距離代表等時間間隔，亦即  $\Delta t$  秒。每次實驗時間很短。
- (7) 改變橡皮圈的條數 1, 2, 3, 4, 等。每次作同樣實驗，然後改變台車的載重，與前作同樣實驗。
- (8) 加速度  $a$  的求法，整理記錄紙帶，求加速度的方法有三種：

(a) 紙帶上間隔  $\Delta t$  秒的打點，可以作為各時刻的車位置。

以圖表表示離出發點  $O$  的距離  $x$  的平方根  $\sqrt{x}$  與各時刻的關係。如得直綫圖表，則表示等加速度運動。設此直綫與時間軸所成的角度為  $\theta$ ，則  $\theta$  與  $a$  有  $\tan \theta = \sqrt{\frac{a}{2}}$  的關係。由此式計算  $a$ 。