

光學量角器與測振的研究

高小組應用科學科第一名

台北縣興南國民小學

作 者：李建志、鄭鈞璋、高超傑、吳成第

指導教師：張政義、李湘雲

一、研究動機

有一天上課時，鄭鈞璋拿一面鏡子，利用陽光來照射我們眼睛，不論我們怎樣閃躲，他只要輕輕轉動鏡片，我們仍無法閃躲。

我們學過用拳頭測量月亮的高度，也學過用竿影觀測太陽方位，及太陽高度角，我們幾個想，到底能不能用鏡子反射的原理來測量角度、方位和高度角，這個問題在我們腦海盤旋很久，終於在老師的指導下，開始研究。

二、研究目的

- (一)利用鏡子反射和光的直進原理，測量太陽高度角，和物體間的角度關係。
- (二)利用光反射的原理來測振。
- (三)藉科學研究探討生活上的問題，使科學生活化。

三、研究器材

- (一)玻璃、鏡片、燈、量角器、鋁片。
- (二)木板、硬紙板、保麗龍、長尺、刀片、熱熔槍、鋸子、活頁片。

四、研究問題

- (一)光的反射有一定的角度嗎？
- (二)我們能利用光的反射來測量太陽高度角嗎？
- (三)不用光的反射也可以測量太陽的高度角嗎？(第二代光學量角器)
- (四)第三代光學量角器。
- (五)第四代光學量角器。
- (六)光學測振儀的產生。

五、研究過程或方法

(一)觀察(一)

三年上學期第五冊自然探討，月亮在那裡，用拳頭來測量月亮的高度。（用八方位表示月亮位置）

1. 眼睛平直的看向遠方，左手握拳，平舉手臂跟眼睛一樣高，再用右手握拳，接放在左拳上。
2. 觀察月亮下降或上升的地平線到頭頂約有幾個拳頭高，我們用五層高的教室，以不同距離測量。

表一

距 離	20 步					40 步					60 步				
	樓 層	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
拳 頭 數	3	6	9	12	15	2	4	6	8	10	2	3	4	5	6
角 度	10°	15°	20°	10°	15°	10°	15°	5°	10°	25°	5°	10°	10°	15°	15°

距離愈近，拳頭數愈多，角度也較大，距離愈遠，拳頭數較少，角度也較小。

3. 這個單元教我們利用拳頭數，測量物體的高度。

優點：能利用最簡單最方便的拳頭測物體高度。

缺點：測量物體時，距離遠近會影響拳頭數，而且，只能得到大概的數，不能很精確。

觀察(二)

四年下學期第八冊自然課，我們觀測太陽方位。

1. 製作竿影觀測用具

- ①準備指南針、一枚圖釘、一支帶有橡皮的鉛筆、墊板和膠帶。
- ②剪下習作簿上的方位板，並從背後中心釘穿釘。
- ③把鉛筆的橡皮帽插進方位板上的中心釘，再把方位用膠帶在板上固定，就完成。

觀測太陽方位	
學習重點	1.如何製作太陽位置觀測器，並繪製圖表。 2.由觀察影子方位，進而推斷太陽的位置。 3.學習如何透過太陽位置觀測器，觀測太陽方位，高度變化。
優點	1.儀器簡單容易製作及觀察。 2.培養細心，耐心的學習觀察態度。
缺點	所得的是大略的數字，無法精確的求到答案。

2.測定太陽方位

①把竿影觀測器平放在陽光下，對準指北針上南北方向。

②看看影子落在方位盤的那一條線上。

觀察(三)

觀測太陽的高度角

1.製作太陽位置觀測器

①剪下附在習作裡的分度卡，再把吸管黏在分度卡90°的直線上。

②再把吸管插在竿影觀測器上，把一粒珠子綁上棉線後，另一端繫住圖釘，穿過分度卡中心點後，釘在吸管上就完成。

2.觀測太陽位置

①把做好的太陽位置觀測器，平放在陽光下，對準南北方向。

②慢慢轉動管子，讓投影在方位盤上的分度卡，成為細細的影子，再上下移動分度卡，讓太陽光透過吸管，投在方位盤上成一個圓的光圈。

③觀察分度卡上垂直的棉線指著幾度？

旋轉時，分度卡的影子有什麼變化？

可不可以從影子來看出太陽的方位？

當方位盤上出現光圈時，吸管是指著那一方位？

問題一：光的反射有一定的角度嗎？

實驗一：光能直線進行的嗎？

方法一：1.做一個長方形體紙盒在側面割長孔。

2.在箱中點燃線香，燈光透過長孔往內照射。

3.觀察光線行進的情形。

方法二：1.直立四個開有小孔的厚紙板。

2.透過洞口觀察已點燃的蠟燭火焰。

結果：1.由方法一，我們看到透過洞孔射入的光呈直線行進。

2.由方法二，在洞孔呈一線排列時，我們可以看見蠟燭的光。

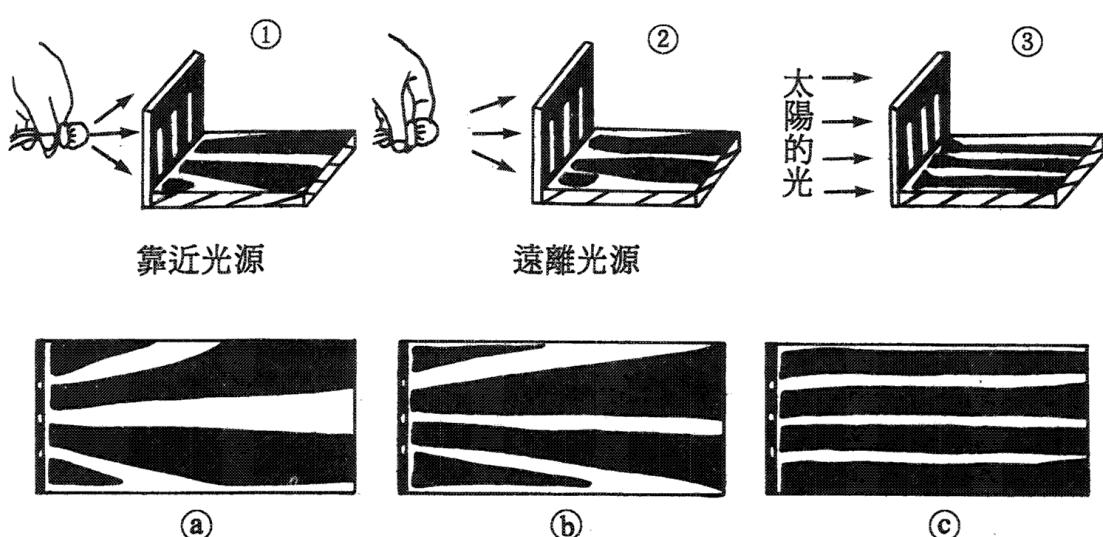
3.由方法一、二都可以證明光是直線行進的。

4.如果光源距離不同，從洞孔中照射，會有什麼現象產生呢？

方法三：1.將電燈的光靠近長孔照射。

2.將電燈的光遠離長孔照射。

3.觀察光行進的情形。（用太陽的光）



結果：1.當光源靠近洞孔，由a圖我們可以很清楚的知道光會擴散成扇狀。

2.當光源遠離洞孔，由b圖我們看到擴散比a圖較細長。

3.太陽的光平均的直線行進，因此c圖呈現平行光線。

4.由這個實驗我們知道，用燈泡照射時不論距離遠近，呈放射狀，太陽光照射時呈平行狀。

實驗二：反射和光的角度有關嗎？

方法四：1.用二片鏡子連接，放在量角器上，用不同的角度觀察物體成像的個數。

結果：1.度數愈小，鏡內反射的物像愈多。

2.度數愈大，鏡內反射的物像愈少。

3.超過 180° 時看不見物像， 5° 時無法清楚數出物像的個數。

4.一個圓的周角 360° ，夾角 30° 時 $360^\circ \div 30^\circ = 12$ 等分， $12 - 1 = 11$ 個物像。

5.如果夾角 5° 時， $360^\circ \div 5^\circ - 1 = 72$ (個)

6.當我們無法數出個數時，可以方便的算出個數。

角度	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
個 數	72	35	23	17	13	11	9	8	8	6	6	5
角度	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°	105°	110°	115°	120°
個 數	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	2
角度	125°	130°	140°	145°	150°	155°	160°	165°	170°	180°	190°	200°
個 數	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

方法五：1.用長70公分，寬10公分，高17公分的木板做成長方盒。

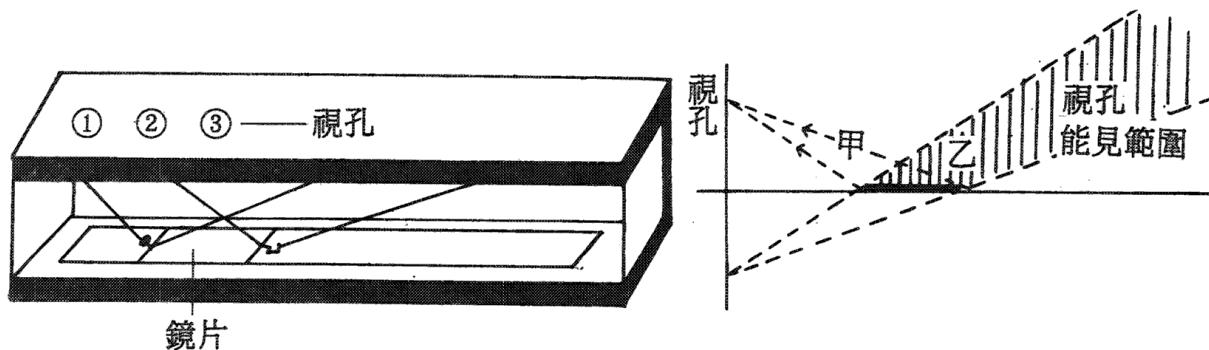
2.在木箱上方挖三個小孔，內側貼60公分的尺。

3.放一塊長方形鏡片在下面，並點出甲乙二點。

4.分別從①②③號孔觀察鏡子反射的角度，記錄分析：

孔 號	①			②			③		
鏡 長	5	10	15	5	10	15	5	10	15
甲	5.8	5.8	5.8	3.8	3.8	3.8	1.9	1.9	1.9
乙	15.8	25.8	35.8	13.8	23.8	33.8	12	23.8	31.8
總 長	10	20	30	10	20	30	10.1	21.9	29.9

圖 八



結 果：1.從孔①②③號看，我們發現孔的距離鏡片愈近，反射愈遠，距離愈遠，反射距離愈近。

2.我們發現 總長 = 乙點見到長度 - 甲點見到長度。

3.發現 總長 = 二倍鏡長。

4.由這個實驗知道鏡片愈長看到範圍愈廣，鏡片和眼的距離有關。

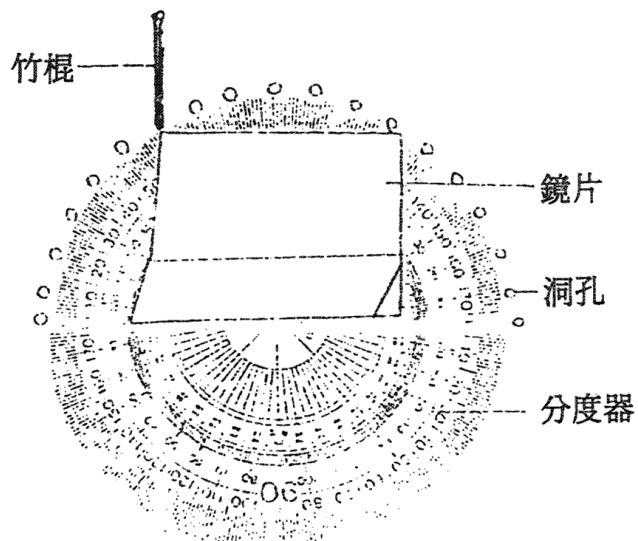
問題二：我們能利用光的反射來測量太陽高度角？

實驗三：

方法五：1.用一個板子貼上量角器，每隔 10° 鑽一個孔。

2.一面鏡子垂直放在量角器中心點。

3.每隔 10° 插一次竹棍觀察是否能讓竹棍和鏡片的中心線重合。



鏡子固定，移動竹棍

單位：度

位置	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
角度	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180

鏡子移動，竹棍固定

位置	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
角度	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°

圖十

結果：1.鏡子固定，移動竹棍，和鏡子成一直線，在鏡內無法看的見，當鏡子中心線和竹棍成一直線時，能看到竹棍。

2.甲角固定不變時，鏡子每移動 10° 乙角增加 20° ，是2倍。

實驗四：第一代第一型的光學量角器

方法六：1.在互相垂直的木板上，一面貼量角器，一面貼鏡片。

2.在地上拉皮尺，把儀器放在0公分處，從0公分到150公分，每隔10公

分觀察可看見物體的程度。

- 結果：1.距離越遠，角度越小，越能看得見。
2.距離越遠，反射的範圍越多。
3.可證明入射角越大，影像越大。
4.雖可以觀察但反射的光是一片，無法觀測角度。

實驗五：第一代第二型——改進第一型缺點

- 方法七：1.把燈光固定在30公分處，照射鏡片。
2.移動鏡片角度，看反射板上幾公分可看到反射光。
結果：1.0°～35°時無法反射，60°時較容易看到反射的光。
2.鏡子在反射時範圍很大，不容易找到中心點。
3.度數愈小照得愈高，度數愈大照的愈低。
4.鏡片雖可活動，光仍是一片一片反射。

實驗六：第一代第三型——改進第二型缺點，成為用光點來觀察光的反射，並利用管子指示角度。

- 方法八：1.將燈光從5公分到65公分，調不同高度
2.使光射到鏡片，為入射角到反射角，從塑膠管到紙板上，觀察光圈的高度，用光源觀察台觀察。
結果：1.當燈光在5～10公分時，因太低無法反射形成光圈。
2.當15～20公分高時能有光圈，25～65公分燈光太高，而擴散開來，無法正確找出光圈。
3.雖比第二代準確找到反射高度，但鏡片不能移動。

實驗七：第一代第四型——改進第三型缺點，擴大觀測的角度

- 方法九：1.設計鏡片和量角器可移動。
2.從塑膠管孔觀察可見到尺的刻度時，塑膠管角度幾度。
結論：1.可以觀測角度，但管子長度有限，指示角度受影響。
2.由於入射角＝反射角，因此，塑膠管到鏡片中心線的角度＝物體到中心線的角度。

問題三：不用光的反射也可以測量太陽的高度角嗎？

實驗八：第二代的光學量角器——由於第一代四型都有缺失。我們考慮不用鏡片反射，做出第二代。

- 方法十：1.製作一個長30公分，寬16公分，高3.5公分的黑盒子。
2.做一個會移動的分度器，將做好的10片塑膠片，分別放在左側，觀察光線形成的角度。

結果：1.高度愈高，角度愈大，燈光愈高，愈易照射。

2.到30公分高度，燈光太高，無法成角度。

方法十一：1.在長15公分，寬3.5公分的塑膠片上距離7.5公分處，開始割0.1~1公分的間隔。

2.用電筒從5公分的高度到65公分，照射插上的塑膠片。

3.觀察光線形成的角度。

結果：1.間隔愈小，光線愈明顯，但容易受光線強度影響。

2.間隔愈大，光線愈模糊，燈光愈高，愈容易照射。

3.在0.1公分的間隔，高度在10公分，角度 22° 最明顯。

4.間隔愈粗，雖易照射，但散光而不容易成角度，例如：1公分間隔，高度35公分，光散的很大，無法成角度。

5.我們覺得以0.3公分的寬度最好。

問題四：第三代光學量角器，由於第二代必須有光源才能觀察並且受光源強弱的影響，因此我們又利用二片鏡片組合。

實驗九：

方法十二：1.由甲鏡片孔中看乙鏡片反射的物體，從1公分到30公分來觀察甲鏡片上下移動的刻度是多少。

2.甲鏡片中間挖一個圓形孔，看乙鏡片前尺的刻度。

3.製作一根可移動位置的塑膠管，鏡片固定，用眼睛從管孔看鏡片內尺的刻度是多少。

4.上下鏡片可上下移動，觀察目標物。

結果：1.第二代只能轉動 90° ，第三代可超越 90° 。

2.甲鏡片的孔較小，比較容易觀察。

3.可移動兩面鏡片，便於觀察。

問題五：第四代光學量角器

由於第三代二片鏡片組合相當理想，繼續探討成第四代。

實驗十：

方法十三：在木塊上貼二個圓形量角器，並做角度觀測台，甲鏡片中間挖一個十字孔對準 45° 角，乙鏡片可隨時調整角度。

結果：1.距離近觀察數據不夠準確，距離遠較準確。

2.觀察兩物體間的角度用這儀器非常好。

3.用第四代量角器測量並利用比和比值的原理來觀測旗桿樹、教室的高度角和高度非常實用。

問題六：光學測振儀的產生

實驗十一

方法十四：1.層疊上下二個圓板，在上層量角器的中心處黏一根塑膠管。

2.從孔中先看甲物體，將 90° 調到和甲物體成一直線，再看乙物體，看指針動了幾度。

結果：1.甲乙相離的度數 = 測量的度數。

2.因為可以轉動，所以可以看到任何角度。

六、討論與結論

- 1.光學量角器就是利用鏡子和光的反射作用所製的儀器，不但可以測量光的角度和許多不好測的角度，在使用上，測量上都好用而且誤差不大。
- 2.我們所設計的測振儀可以測量物體移動後和原物體的角度。

評 語

- 1.本作品利用簡單的光直進原理及反射定律，實驗驗實，藉著二個玻璃二次反射實作來測量物體的高度角及二物體的夾角。其間，不斷改進模型、實作，充分表現動手作與實驗驗實的精神，相當值得鼓勵。
- 2.在改進模型的過程中，作者表現了值得鼓勵的創造力與改進能力。
- 3.本作品的研究紀錄，相當完整，表達能力清晰、生動。
- 4.本作品有關測振部份，事實上是在量兩物體夾角。仍屬靜態量測，不是測振。
題目宜修正。
- 5.本作品改進了小學教學的量太陽高度角器。