

黑盒子的秘密

高小組物理科第一名

台北縣興南國民小學

作者：劉佳靈、陳羚怡

鄭家維、陳元炳

指導教師：張政義、李湘雲

一、研究動機

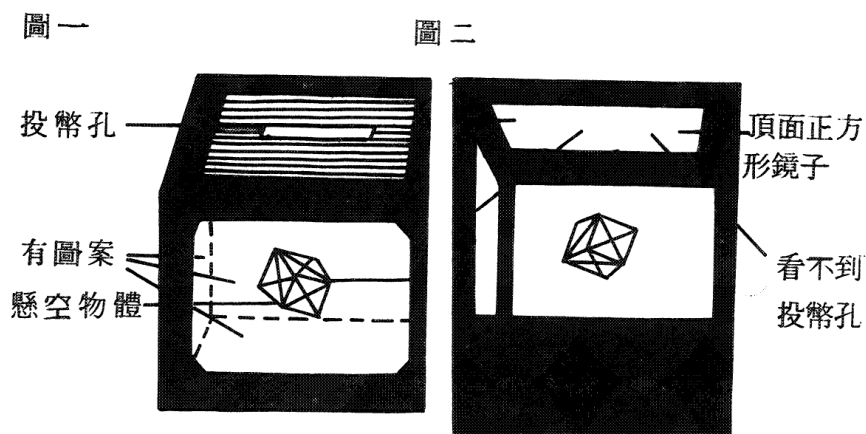
陳羚怡的叔叔送他一個神奇的禮物，他帶到學校來，每一位同學對這黑盒子都感到好奇，您看，這個黑盒子的外表方方正正的，黑色的外衣，顯得高貴大方，盒子的頂端有一長孔，投下十元，從正面玻璃往裡面看，看不到錢幣，只看到一個懸掛在空中的物體，為什麼不會掉下來？它是真實的物體，還是虛幻的海市蜃樓，大家都想揭開這個黑盒子神秘的面紗，於是著手研究。

二、研究目的

1. 研究黑盒子各種奇怪的現象。
2. 探討光的反射情形。
3. 研究反射和角度及對稱的關係。
4. 自己也能製造相同原理的玩具。

三、研究設備器材

黑盒子玩具、玻璃、鏡片、鋁片、透鏡、量角器、圓規、紙盒。



四、研究過程或方法

(一)觀察：

1.外表：

- (1)長、寬、高各 7 公分的正方體盒子。
- (2)正前面有一面玻璃、左右、下底面是黑色。
- (3)上底面有長 3 公分，寬 3 公釐的長孔。

2.盒內：

- (1)由正面往內看，有一懸空物體在盒子中央。
 - (2)左面、右面、對面和底面都有圖案。
 - (3)從玻璃正面往上看，頂面是一個正方形的鏡子。
 - (4)從正面往內看，裡面是一個正方體的空間。
- 3.從頂面投入十元硬幣，在盒內看不見投進去的錢幣。

(二)疑問：

- 1.黑盒子中央的物體，為什麼能懸浮在空中？
- 2.盒子內懸空的物體是一個完整的嗎？
- 3.為什麼盒內是一個正方體的空間，投進去的錢幣，為什麼看不見？
- 4.如果盒內不是正方體的空間，一定有隔離物，從正面玻璃往上看，頂面為什麼又是正方形的鏡子？
- 5.方盒內是不是四面都有圖案？
- 6.這些現象和光的進行、反射有關嗎？

(三)問題探討：

問題一：所有物體都能（反射）照出東西來嗎？

實驗一：光是怎樣進行的？

方法(一) 1.準備一個拿掉放射鏡的手電筒。

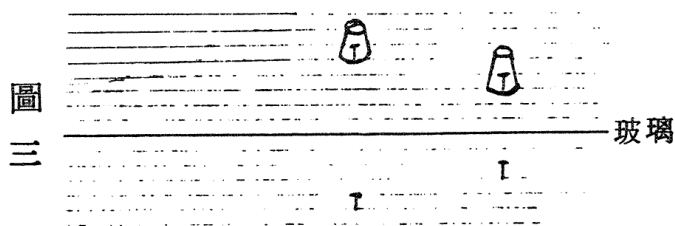
2.準備五個冰淇淋紙杯，分別鑽 1、3、5、8、10 個孔。

3.將室內光線弄暗，開手電筒，可看到 1、3、5、8、10 道光芒。

結果：由透出的光芒可知道光是直線前進的。

方法(二) 1.用一塊玻璃直立於方眼紙上。

2.玻璃前 3 公分，5 公分處插一大頭針。



3.用一個透明塑膠杯套住玻璃後大頭針。

4.量一量大小和距離。

結果：1.玻璃前的實像和虛像大小、距離一樣。

2.證明光線直線進行，遇到透明玻璃仍能前進，而造成一個不太清楚的虛像。

實驗二：光碰到不透明物體時會怎樣？

方法(一) 1.取各種不透明的平板。

2.放一物體在平板前，能反射的打√，不能反射的打×。

3.反射最清楚的按 1，2，3，4……編號。

表 1.

平板	木板	珍珠板	厚紙板	美耐板	壓克力	寶力龍	鋁片	鏡子	銅片	玻璃
能反射打√				√	√		√	√	√	√
不能反射打×	×	×	×			×				
反射的強弱				4	5		3	1	2	5

結果：1.反射最強的是鏡片，木板、珍珠板、厚紙板、寶力龍最弱。

2.證明不是所有物體都能清楚的反射出東西來。

方法(二)：光碰到曲面物體時，產生的現象。

1.取瓷杯、不銹鋼杯、盤子、湯匙觀察。

2.用鋁片彎曲成凸面，凹面觀察。

結果：1.不銹鋼杯，反射最清楚。

2.曲面物體的反射不是變長就是變胖。

問題二：平面鏡的反射和角度有關嗎？

實驗三：

- 方法：1.將一長方體紙盒四面控空，盒子裡放一塊平面玻璃。
 2.盒子的蓋子取一中線，左右各挖十條長孔，並編號。
 3.從左邊的孔往裡看，將右邊能看到的號碼記錄下來。

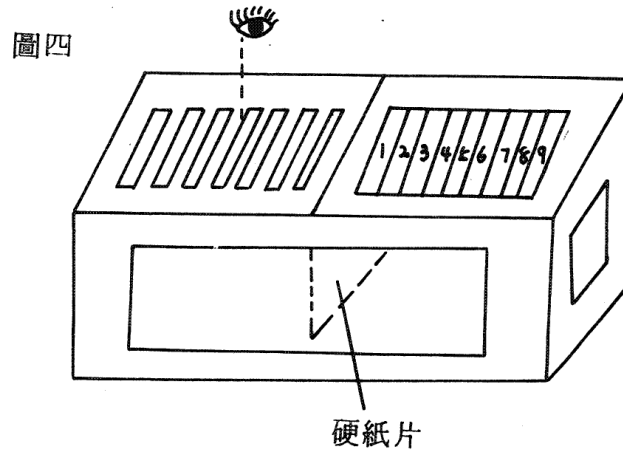
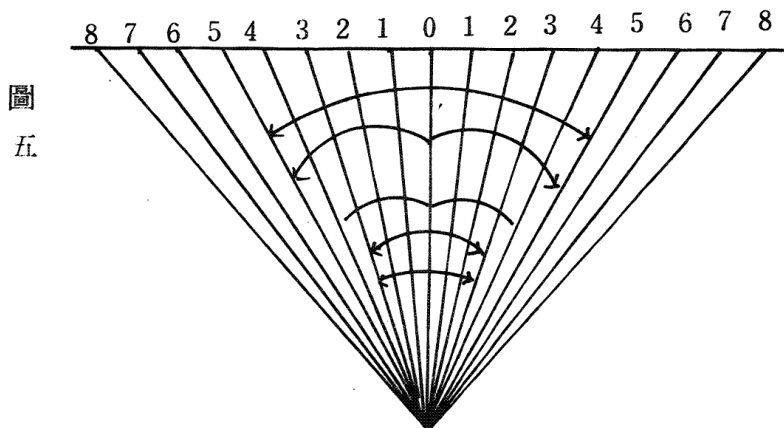


表 2

第幾孔	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
距離中線 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
看到的編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
距離中線 (公分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
所成的角度	13°	26°	38°	48°	60°	68°	76°	84°	90°	96°



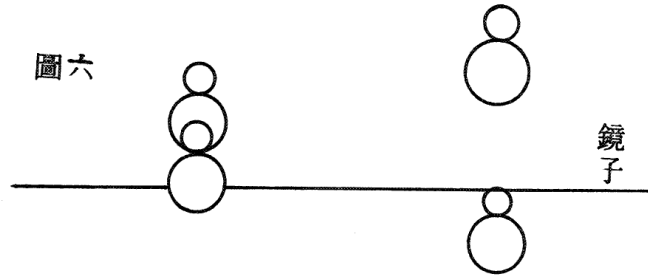
圖五

結果：1.從第一孔看到的是 1 號，第二孔看到是 2 號。

2.由這個實驗可以知道入射角等於反射角。

實驗四：

方法(一)：用一面鏡子放立在桌上，放一物體在鏡前 1 和 3 公分處。



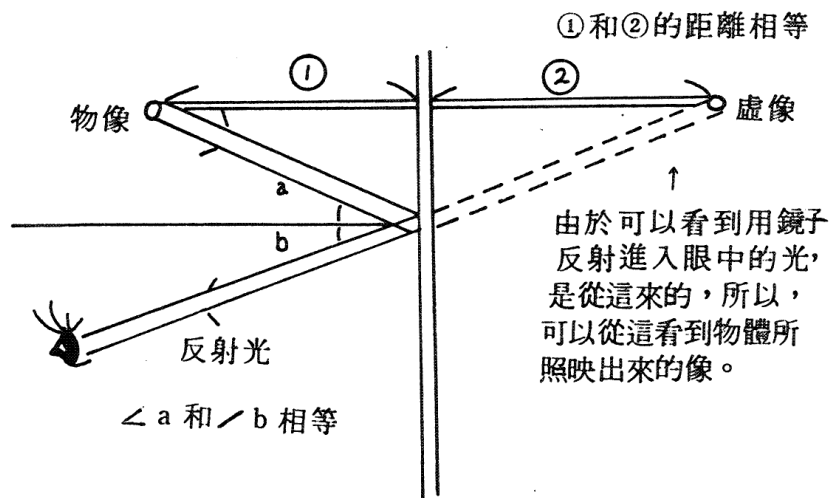
結果：1.物體距鏡子較近，虛像也近；離的遠，虛像也遠。

2.實像和虛像的距離，離鏡片相等。

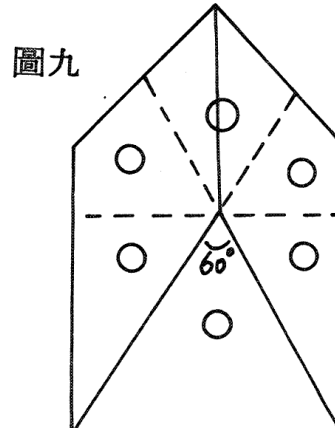
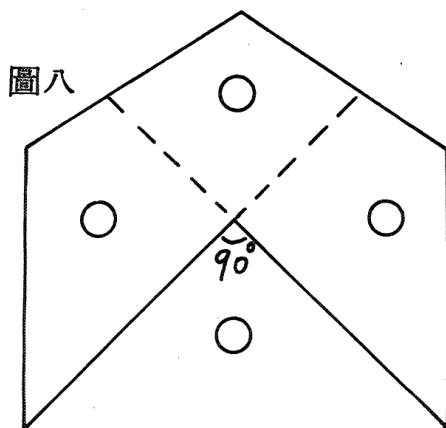
3.為什麼會看到像呢？

4.老師用圖解釋給我們聽。

圖七 老師用圖解釋給我們聽



方法(二)：二面鏡子成 90° 、 60° 夾角時，所成的像有幾個？



結果：1.二面鏡子夾角 90° 有 3 個像， 60° 時有 5 個像。

2.二面鏡子因角度不同而有不同的成像。

方法(1) 1.我們用量角器在美耐板上做出角度。

2.將二片鏡子分別以 $200^\circ \sim 10^\circ$ 為夾角。

3.距離頂角 5 公分處放一物體觀察所成的像。

圖 1

角度	200°	190°	180°	170°	160°
圖 畫					
個數	0	0	1	1	1
角度	150°	140°	130°	120°	110°
圖 畫					
個數	1	1	1	2	2
角度	100°	90°	80°	70°	60°
圖 畫					
個數	2	3	3	4	5
角度	50°	40°	30°	20°	10°
圖 畫					
個數	6	8	11	17	35

結果：1.我們發現超過 180°，看不到成像。

2. 180° ~ 130° 只能看到一個像，120° ~ 100° 能看到二個像。

3. 90°，80° 可以看到三個像，度數愈小，看到個數愈多。

4.我們把任何一個角度當圓心角，用周角除以圓心角減去實物就得出成像個數。

$$360^\circ \div 180^\circ - 1 = 1 \quad 360^\circ \div 120^\circ - 1 = 2$$

$$360^\circ \div 90^\circ - 1 = 3 \quad 360^\circ \div 60^\circ - 1 = 5$$

於是 周角 ÷ 角度 - 1 = 成像的個數

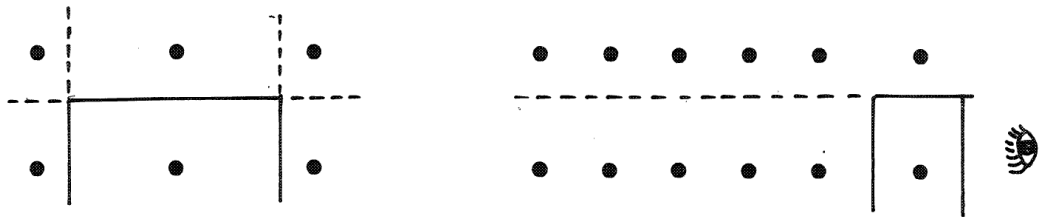
$$360^\circ \div 20^\circ - 1 = 17 \quad 360^\circ \div 10^\circ - 1 = 35$$

5.如果夾角 5°，就會有 71 個像，但很難數得清楚。

方法四 1.我們用三面鏡子排成 180° 時，鏡子裡面只有一個像。

2.三面鏡子成 90° 時，從正面看有五個像。

3.從斜面 90° 角看就有無限多個像。

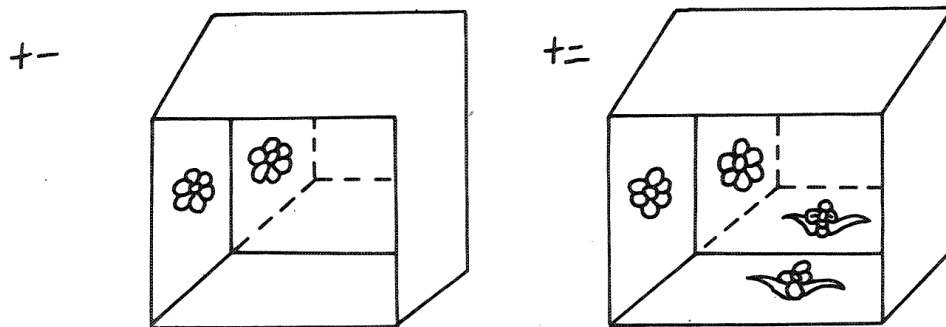


結果：1.我們發現三面鏡子相互反射，所成的像更多，更複雜。

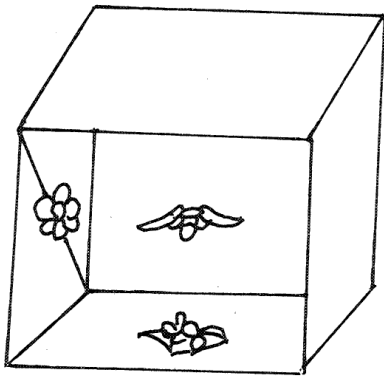
2.三面鏡子成 90° 時，反射的都是正方形的底面。

3.成 60° 時正好密合成三角柱，從上往下看有許多△的像。

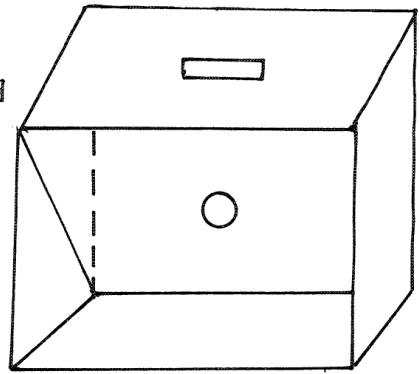
由許多的研究，我們可以肯定的知道，黑盒子的左面和右面絕對不是鏡子，我們用二張有圖案的紙貼在二邊，左右的正方體虛像便消失，正面的虛像兩邊反射出圖案。



圖十三



圖十四



如果黑盒內有一面斜面板，放不同的位置都不能使圖案對稱，將 45° 的鏡片斜放，將正立方體的空間隔離成二個三角體，從正面看盒內仍是正立方體，投進去的錢幣被 45° 角的鏡片擋住所以看不見，因此，我們可以確定黑盒子內是由於角度的關係反射對稱的圖案。

問題三：反射物和鏡像的對稱關係怎樣？

實驗五：

方法：1.用色紙剪成 \triangle \square \circ \diamond ∇ 貼在鏡片上。

2.用黏土做成半個 \triangle \square \circ \diamond ∇ 貼在鏡片上。

3.用黏土做成整個 \triangle \square \circ \diamond ∇ 貼在鏡片上。

圖十五

模型 \ 形狀	三角形	正方形	圓形	菱形	梯形
平面					
半塊					
整塊					

結果：1.平面色紙剪成的圖形，從正面看，只有一個平面圖形，從斜面看，能看到鏡子裡有薄薄的一片圖形。

2.半塊黏土做成的形狀從鏡子裡可以看到另一個半塊。

3.整塊黏土做成的形狀從鏡子裡可看到另一個完整圖形。

4.我們五年上學期有學習到對稱關係，而這些圖形就是線的對稱。

實驗六：揭開黑盒子的秘密

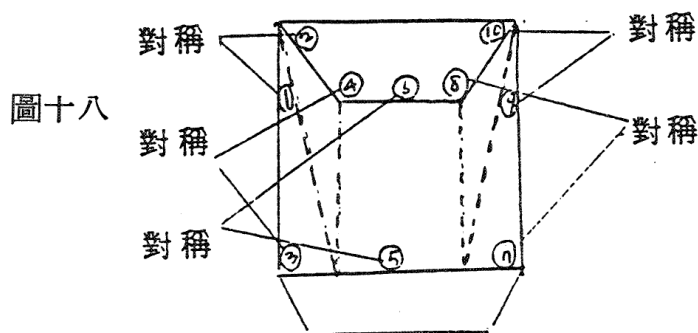
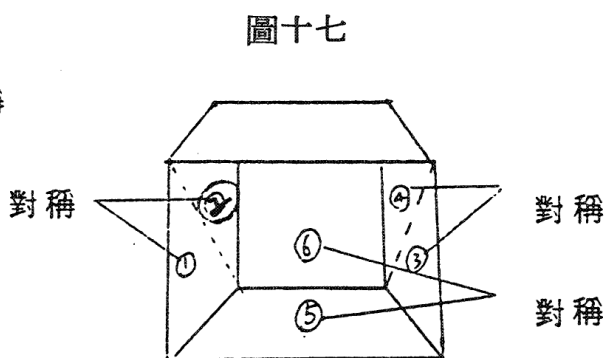
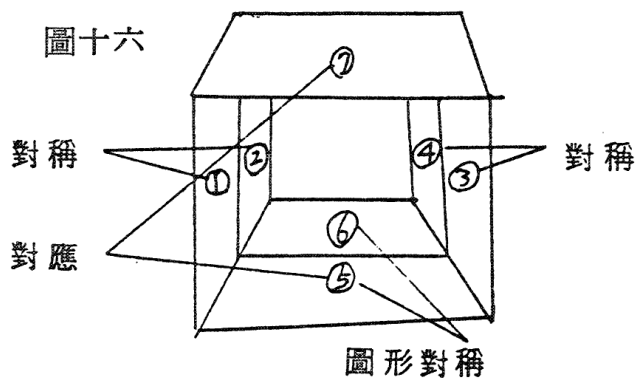
在老師的指導下，我們利用反射、角度，和對稱的關係做了許多探討。

方法：1.我們用五塊鏡片做成一個正方體的盒子。

2.看到①②，③④，⑤⑥的圖形相互對稱，⑤⑦平行的鏡片，互相對應，我們看到二個正方體的空間，和黑盒子只有一個正方體的空間不符合。（圖十六）

3.斜放一面 45° 的鏡片時，立刻成一個正方體的空間，①②，③④，⑤⑥的圖形對稱。（圖十七）

4.左右和底面是鏡子會反射出無限個正方體的空間，所以我們可以肯定的說，黑盒子裡面不可能有許多鏡片，只有斜放 45° 角的一塊玻璃，只有①③⑤有圖案（圖十七）而且①③只有一半的圖案，反射到③④。

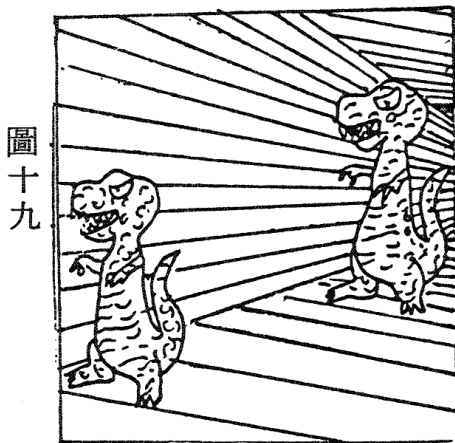


5. 由實驗五的探討，我們知道半個物體貼在斜面鏡的中央，就造成懸浮在空中一個完整的物體。

6. 黑盒子的頂面從正面往上看，為什麼會是一個正方形？從圖十八的實驗可以知道，因為①②，③④，⑤⑥，⑦⑧，⑨⑩的對稱，②④⑥⑧⑩是一個虛像反射，①③⑤⑦⑨正方形的形狀，錢幣投入看不見，是斜面擋住了。

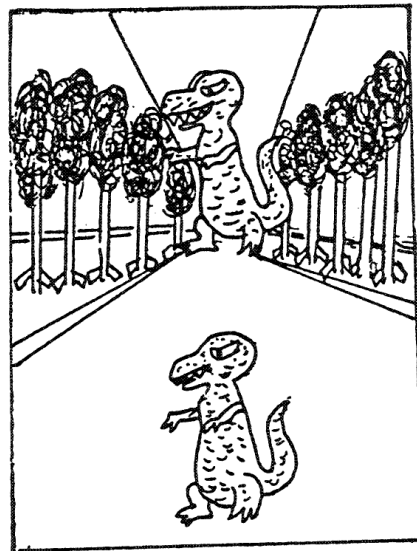
問題四：黑盒子的突破。

黑盒子中的疑問，都是因為光線的反射，角度及對稱而造成視覺的錯誤，這是因為疏忽而發生會錯意現象，例如懸空的物體圖案，以及看不見的斜面板，都是因為不小心認識不夠，才產生的錯視，我們也找了一些錯視問題來探討發揮。

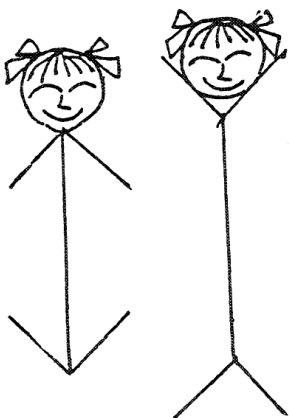


圖十九

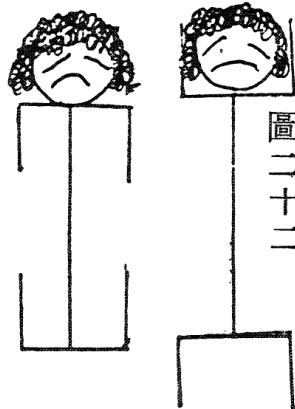
那一隻恐龍大？



圖二十



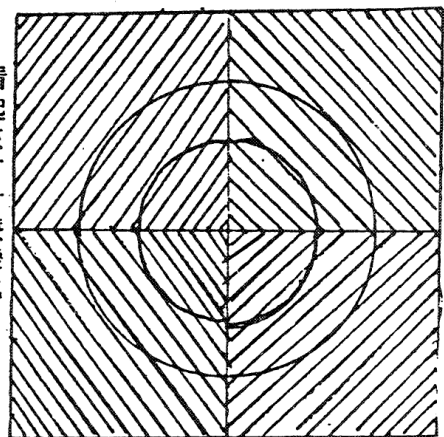
圖二十一



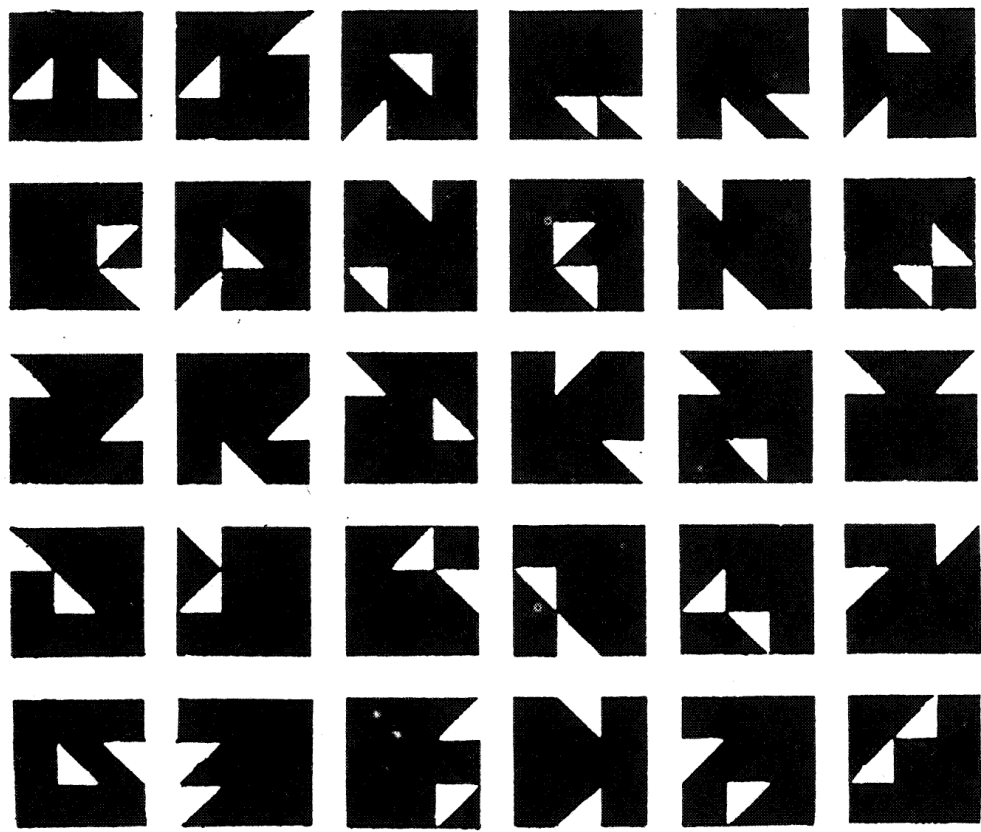
圖二十二

那一條線最長？

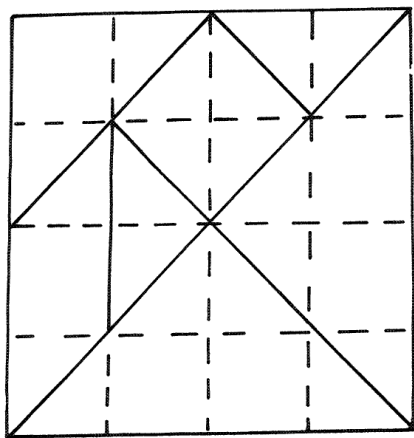
③ 圓形和正方形 看起來有什麼變化 圖二十三



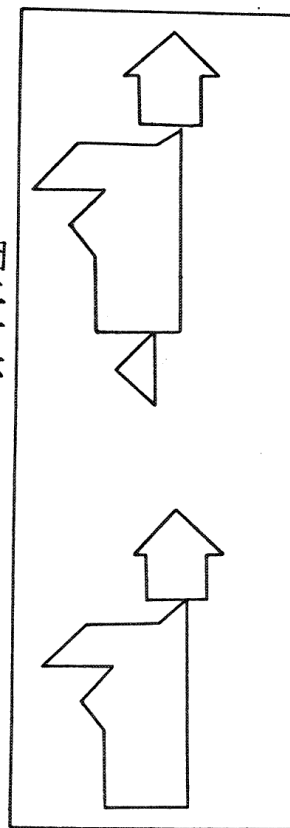
圖二十四



圖二十五



圖二十六



七巧板的遊戲

我們用七張小片，拼成二個人像，其中一個有腳，另一個沒腳，除了腳以外，其它部份看起來都一樣，但有矛盾的地方在那兒？（如圖二十五、二十六）

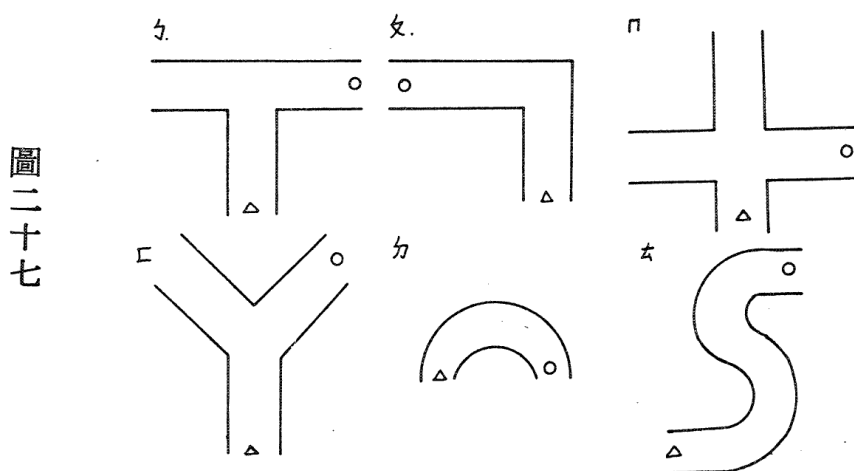
黑盒子秘密的發現，使我們雀躍不已，有趣的錯視圖形，使我們更有興趣的繼續探討，我們從角度，反射和對稱的實驗，製作了一些更好玩的作品，突破黑盒子的秘密。

(一)從角度：

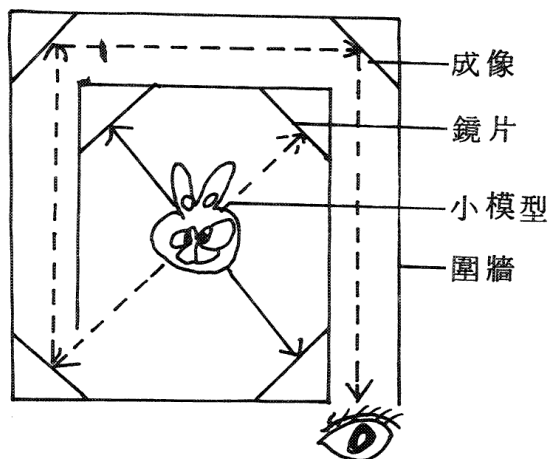
- 1.用二面鏡子一面玻璃做成不同角度的三角柱，很容易看模型利用公式計算出成像的個數。
- 2.用一片玻璃和二、三、四、五片鏡片組成三角柱，四角柱，五角柱，六角柱，觀察不同柱體所成的像。
- 3.用鏡片組成三、四、五、六角柱，不同角度畫面更美麗有趣。

(二)從反射：

- 1.我們用硬紙板做成像道路模型，在打○處放一輛小汽車，在△的地方觀察鏡片放在什麼位置能夠因為反射而清楚的看到小車子



圖二十七



圖二十八

2.用六片鏡子放在模型的每個直角的位置，中間放一個小模型，經過多次的反射如何能夠在入口處清楚的看到中間的物體。

(三)從對稱：

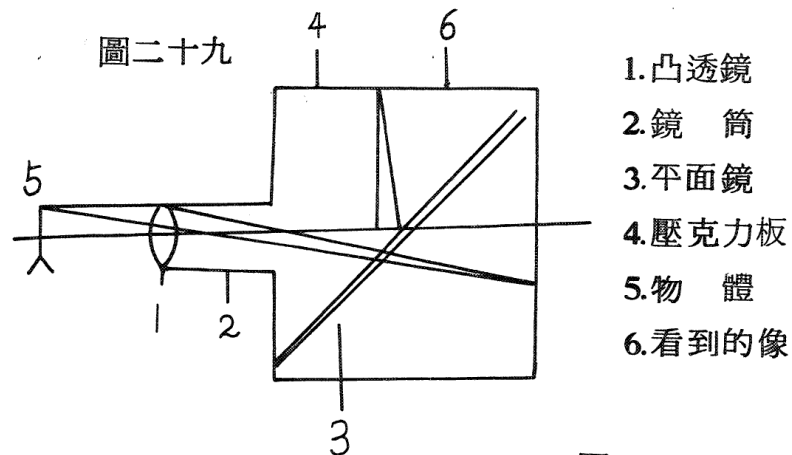
- 1.用平面圖案分別放在三角錐，四角錐，正方體模型內。
- 2.用黏土和牙籤做成立體模型，放在三角錐，四角錐，正方體模型內。
- 3.吊一個物體在三角錐，四角錐，正方體模型內。

觀察三組不同形狀，不同方式的對稱有那些有趣的突破。

(四)從角度和反射：

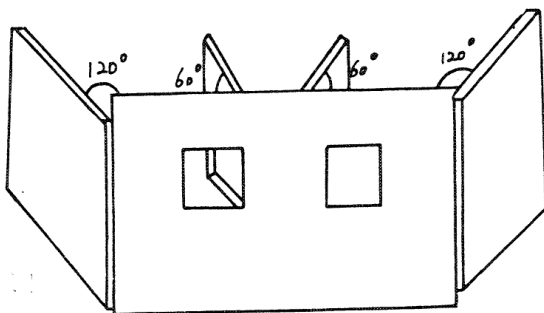
- 1.鄭家維和陳元炳從潛望鏡的試驗做了一個簡易照相機。

從壓克力板位置往下看，盒內有一個很深很長的鏡頭，鏡頭內有反射的像，調整伸縮鏡頭可清楚的看到景物。

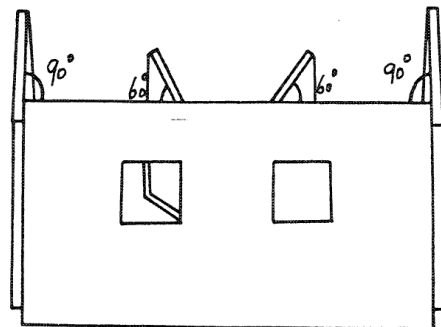


2.幻想鏡：

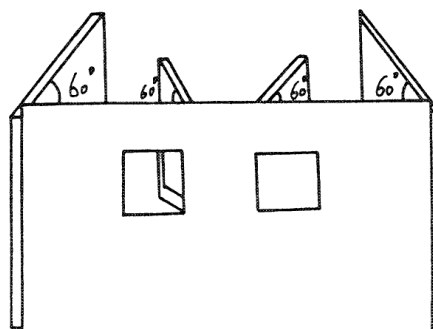
圖三十



圖三十一



圖三十二



- ①用瓦楞紙做眼鏡，中間二片小鏡片，左右二塊大鏡片。
- ②不同角度的鏡片可以把左右眼的視野空間擴大。
- ③幻想鏡看東西，物品間隔，高低的差距特別被強調。
- ④眼前的空間和東西給人倒轉的感覺。

五、討論和結論

1. 黑盒子的秘密：

- ①黑盒子中央物體貼在鏡片上，看起來像懸浮在空中。
 - ②懸空的物體是半個，由鏡片反射出對稱的另一半。
 - ③頂面正方形是反射正面玻璃，盒內有一面 45° 角的鏡子。
 - ④圖案是由對稱關係而反射出來的。
2. 在日常生活中有許多東西利用反射，角度對稱原理，值得注意。
3. 這次的探討，使我們知道任何小東西都有它的大道理。

六、參考資料

1. 自然課本（四下，五上）
2. 益智發明精選（故鄉出版社）
3. 中國物理史話（明文書局）
4. 聲和光（別小看我科學叢書）

評語

本作品對光的反射，成虛像的現象，作完整而有系統的探討。設計許多模型，具有創意使上述的物理現象變成易懂而有趣的實驗，頗為新穎生動。本作品對教學亦有助益。