

# 2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：多變的光

## 壹、摘要

我們切割不同的水管、三通管注入器灌入溶液以及保鮮膜，利用控制水管長度、直徑、溶液種類、使射入雷射筆光源可以做到變焦的效果。藉由探究長變化、直徑變化、溶液種類的改變：沙拉油、紅墨水、硫酸銅、水溶液及溶液溫度的改變，去思考應用的機會。

## 貳、探究題目與動機

因為在國中自然與生活科技中我們上到關於面鏡與透鏡的課程，其中透鏡又可分為凸透鏡及凹透鏡，而我們發現透鏡在不同情況下的投影會改變物體的大小，經過翻閱及詢問師長，得到原來主要的原因是光經過不同物質會有不同的行進速度，因為光的行進速度改變，而導致我們視光在不同介質中會有行進方向改變的現象，在參加假日科學營隊時又看到有種特別的名片，雖然是平的可是卻有放大鏡的效果，我們就想到如果改變鏡子的結構，就可以改變透鏡的焦距，如果手動調整自己想要的凸凹焦距，功能也就可以隨心所欲的改變了，而在我們生活中廚房做菜用保鮮膜蓋住飯菜，當飯菜溫度改變導致保鮮膜有凸有凹，會看到內容物有形變的現象，我們就想到這不就可以當成變焦透鏡的簡易物質嗎？因此我們嘗試用保鮮膜來控制水管表面的凹凸，進而產生焦距的改變，我們就此展開一連串的實驗。

## 參、探究目的與假設

- 一、探討改變水管長度，透鏡的焦距會產生何種變化。
- 二、探討改變水管直徑，透鏡的焦距會產生何種變化。
- 三、探討改變水管內液體種類，透鏡的焦距會產生何種變化。
- 四、探討改變水管內液體的溫度，透鏡的焦距會產生何種變化。

## 肆、探究方法與驗證步驟

探究前置動作：

### 一、儀器器材

水管、三通管、沙拉油、紅墨水、硫酸銅、針筒、紅色雷射筆、黑色紙、PP板、直尺。

### 二、裝置

(一) 製作「可變焦水管透鏡」：

1. 將不同大小直徑水管鋸成不同的長度。(圖 1)
2. 在水管上方鑽洞，插入三通管。
3. 在水管兩端鋪上拉平的保鮮膜並用快乾密封水管，液體便無法流出。
4. 利用注射針筒從三通管上方灌入液體至水管內，將空氣抽出，並利用灌入、抽出流體使它能任意改變凹凸、凹凸弧度及焦距。

5.利用注射針筒將液體從三通管注入，並將其中空氣抽出，使其變成可任意改變焦距的透鏡。(圖 2)

(二) 將設備固定至裝置上

先用 PP 板做底座，再用蝴蝶夾固定住雷射筆與紙屏於 PP 板上，並把水管用魔鬼氈固定在 PP 板上(圖 3)



圖 1-可變焦透鏡



圖 2-用注射針筒調整透鏡凹凸

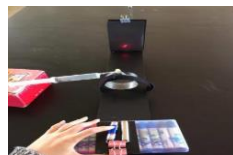


圖 3-裝置圖



圖 4-利用直尺紀錄兩個光點距離

驗證步驟如下：

一、確定雷射筆光線為平行光

(一) 將兩枝雷射筆以蝴蝶夾、PP 板緊靠相連。

(二) 在未放置自製透鏡前，固定雷射筆位置，開始調整紙屏位置，使由雷射筆射出來的兩個光點距離，不會因紙屏離光源的遠近，兩個光點距離均保持相同，便可確定雷射筆所發出的光束互相平行，量取兩個光點間距離做紀錄。

二、觀察光通過以水為介質，在相同直徑 5.70cm 的不同長度自製透鏡下，由雷射光筆形成的兩點光斑距離的變化

(一) 將雷射筆的光源固定位置及距離，在尚未放置自製透鏡前，量取兩點光斑距離。(為確保無偏差)

(二) 後將長：3.9cm、直徑：7.1cm 的自製透鏡放在置 PP 板上，並將水注入其中使雷射光經自製透鏡後所射出來的兩點光斑距離與步驟(一)相同。

(三) 將步驟(二)的自製透鏡，每次抽出 1mL 的水(使他變凹)，並把雷射光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離大小利用直尺測量紀錄 (共抽出 1~5mL 的水)。

(四) 將抽出的水注回，使雷射光源經自製透鏡後所射出來的兩個光點距離與步驟(一)相同。

(五) 將步驟(四)的自製透鏡，每次加注 1mL 的水(使他變凸)，並把雷射光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離大小利用直尺紀錄 (共注入 1~5mL 的水)。

(六) 重複上述步驟(一)~(六)，共三次，再以求平均值。

(七) 計算變化率。(變化率% = 【某次所抽的水量兩光斑 (距離) 平均值 - 未抽的水量兩光斑 (距離) 平均值】 / 未抽的水量兩光斑 (距離) 平均值 × 100%)

(八) 將直徑：7.1、長：3.9 的自製透鏡重複上述步驟(一)~(七)，求平均值。

三、觀察光通過以水為介質，在相同長度 3.9cm 的不同直徑自製透鏡下，由雷射光筆形成的兩點

## 光斑距離的變化

(一) 將雷射筆光源固定位置及距離，在尚未放置自製透鏡前，量取兩個光點距離。(為確保無偏差)

(二) 將直徑：7.1cm、長：3.9cm 的自製透鏡放在置鏡架上，並將水注入其中使光源經自製透鏡後所射出來的兩光斑距離與步驟(一)相同。

(三) 將步驟(二)的自製透鏡，每次抽出 1mL 的水，並把光經自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離大小利用游標尺測量紀錄 (共抽出 1~5mL 的水)。

(四) 將抽出的水注回，使光源經自製透鏡後所射出來的兩個光點距離大小與步驟(一) 兩個光點距離相同。

(五) 將步驟(四)的自製透鏡，每次加注 1mL 的水，並把光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離大小利用直尺紀錄 (共注入 1~5mL 的水或已會聚在焦點)。

(六) 重複上述步驟(一)~(六)，共三次，再以求平均值。

(七) 計算變化率。(變化率% = 【某次所抽的水量兩光斑 (距離) 平均值 - 未抽的水量兩光斑 (距離) 平均值】 / 未抽的水量兩光斑 (距離) 平均值 × 100%)

(八) 將內圈直徑 4.5cm、長 3.9cm 的透鏡，重複上述步驟(一)~(七)，求平均值。

四、觀察光通過以硫酸銅溶液、紅墨水、沙拉油為介質，在直徑：7.1cm、長度：3.9cm 的自製透鏡下，由雷射光筆形成的兩個光點距離的變化(控制水管大小、改變液體)

(一) 將雷射筆光點固定位置及距離，在尚未放置自製透鏡前，量取兩點光斑距離。

(二) 後將直徑：7.1cm、長：3.9cm 的自製透鏡放在置鏡架上，並將硫酸銅溶液注入其中使光源經自製透鏡後所射出來的兩點光斑距離與步驟(一)相同。

(三) 將步驟(二)的自製透鏡，每次抽出 1mL 的硫酸銅溶液，並把光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離利用直尺紀錄 (共抽出 1~5mL)。

(四) 將抽出的硫酸銅溶液注回，使光源經自製透鏡後所射出來的兩個光點距離與步驟(一) 相同。

(五) 將步驟(四)的自製透鏡，每次加注 1mL 的硫酸銅溶液，並把光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離利用直尺紀錄。(共注入 1~5mL 或已會聚在焦點)。

(六) 重複上述步驟(一)~(六)，共三次，再以求平均值。

(七) 計算變化率。(變化率% = 【某次所抽的水量兩光斑 (距離) 平均值 - 未抽的水量兩光斑 (距離) 平均值】 / 未抽的水量兩光斑 (距離) 平均值 × 100%)

(八) 將注入液體改為紅墨水、沙拉油，重複上述步驟(一)~(七)，求平均值。

五、探討改變水管內液體的溫度，透鏡的焦距會產生何種變化

(一) 將雷射筆光點固定位置及距離，在尚未放置自製透鏡前，量取兩點光斑距離。

(二) 後將直徑：7.1cm、長：3.9cm 的自製透鏡放在置鏡架上，並將硫酸銅溶液 (室溫為 25°C) 注入其中使光源經自製透鏡後所射出來的兩點光斑距離與步驟(一)相同。

(三) 將步驟(二)的自製透鏡，每次抽出 1mL 的硫酸銅溶液，並把光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離利用直尺紀錄 (共抽出 1~5mL)。

- (四) 將抽出的硫酸銅溶液注回，使光源經自製透鏡後所射出來的兩個光點距離與步驟(一)相同。
- (五) 將步驟(四)的自製透鏡，每次加注 1mL 的硫酸銅溶液，並把光從自製透鏡前所折射出來後的兩個光點距離利用直尺紀錄。(共注入 1~5mL 或已會聚在焦點)。(六) 重複上述步驟(一)~(六)，共三次，再以求平均值。
- (七) 計算變化率。(變化率% = 【某次所抽的水量兩光斑(距離)平均值 - 未抽的水量兩光斑(距離)平均值】/未抽的水量兩光斑(距離)平均值 × 100%)
- (八) 將注入液體溫度改為 35°C、45°C，重複上述步驟(一)~(七)，求平均值。

實驗結果如下：

- 一、確定雷射筆光點為平行光兩點光斑距離=1.61cm。
- 二、觀察光通過以水為介質，在直徑 7.1cm 的不同長度自製透鏡下，由雷射光筆形成的兩點光斑距離的變化。(圖表 1)
- 三、觀察光通過以水為介質，在長度 3.9cm 的不同大小直徑自製透鏡下，由雷射光筆形成的兩點光斑距離的變化。(圖表 2)
- 四、觀察光通過以硫酸銅溶液、沙拉油、紅墨水為介質，在直徑 5.70cm、長度 3cm 的厚度自製透鏡下，由雷射光筆形成的兩點光斑距離的變化。(圖表 4)
- 五、探討改變水管內液體的溫度，透鏡的焦距會產生何種變化。(圖表 5)

長 3cm 兩點光斑距離的變化			長 3.9cm 兩點光斑距離的變化			直徑 7.1cm、長 3cm 兩點光斑距離的變化			直徑 7.1cm、長 3.9cm 兩點光斑距離的變化			25°C		35°C		45°C				
所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%
0	1.61	---	0	1.61	---	0	1.61	---	0	1.61	---	-1	1.89	17.393	-1	1.91	17.579	-1	1.95	17.764
-1	2.04	26.708	-1	1.92	19.25466	-1	2.19	36.02484	-1	2	24.2236	-2	2.28	41.6149	-2	2.31	42.1625	-2	2.35	42.8775
-2	2.25	39.75135	-2	2.27	40.99379	-2	2.54	57.76398	-2	2.27	40.99379	-3	2.62	61.7329	-3	2.68	64.1996	-3	2.71	64.8879
-3	2.41	50.31056	-3	2.43	50.93168	-3	2.87	78.26087	-3	2.48	54.03727	-4	2.91	80.743	-4	2.96	83.1107	-4	3.01	83.579
-4	2.7	67.70186	-4	2.47	53.41615	-4	3.21	99.37888	-4	2.9	80.12422	-5	3.3	104.969	-5	3.42	108.798	-5	3.51	111.649
-5	2.92	81.36646	-5	2.76	71.42837	-5	3.47	115.524	-5	3.14	95.03106	1	0.98	-39.130	1	1.02	-40.779	1	1.04	-41.576
1	1.31	-18.6335	1	1.52	-5.90006	1	1.36	-15.528	1	1.36	-16.1491	2	0.52	-67.702	2	0.55	-71.608	2	0.57	-74.212
2	0.91	-43.4783	2	0.985	-38.8199	2	0.5	-68.941	2	0.95	-40.9938	3	0.25	-84.472	3	0.26	-87.851	3	0.27	-91.283
3	0.42	-73.913	3	0.72	-55.2795	3	0	-100	3	0.5	-68.941	4	-0.77	-147.83	4	-0.8	-153.59	4	-0.83	-159.35
4	-0.42	-126.087	4	0.5	-68.9441															

直徑 4.5cm 兩點光斑距離			直徑 7.1cm 兩點光斑距離			硫酸銅溶液			沙拉油			紅墨水		
所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%	所抽/注的水量	兩光斑距離平均值 (cm)	變化率%
0	1.61	---	0	1.61	---	-1	1.89	17.393	-1	1.93	19.7931	-1	1.96	21.7391
-1	2.38	47.82609	-1	1.92	19.25466	-2	2.28	41.6149	-2	2.57	59.6273	-2	2.3	43.871
-2	2.83	75.7664	-2	2.27	40.99379	-3	2.62	61.7329	-3	3.23	100.611	-3	2.4	49.9693
-3	3.57	109.3188	-3	2.43	50.93168	-4	2.91	80.743	-4	3.75	132.919	-4	2.92	81.3665
-4	3.94	144.7205	-4	2.47	53.41615	-5	3.3	104.969	-5	4.04	150.982	-5	3.28	103.727
-5	4.99	203.2367	-5	2.76	71.42837	1	0.98	-39.130	-6	4.5	179.383	1	1.3	-19.235
1	1.22	-24.2236	1	1.52	-5.90006	2	0.52	-67.702	1	0.99	-38.399	2	0	-100
2	0.6	-61.7329	2	0.985	-38.8199	3	0.25	-84.472	2	0	-100	3	---	---
3	-1.71	-206.211	3	0.72	-55.2795	4	-0.77	-147.83	3	---	---	4	---	---
4	---	---	4	0.5	-68.9441									
5	---	---	5	0	-100									

探究過程中的討論：

- 一、我們原本想用一支雷射筆當光源，但發現形成的光點太小，不易觀察。於是用兩隻雷射光筆以蝴蝶夾相鄰緊靠後，按下開關，形成兩個光點，兩個光點的距離將隨焦距的變化而有所改變，變化較大，較易觀察。
- 二、在製造雷射筆光源時，發現雷射光的光源照出去的方向有些偏斜，任意緊靠的結果，將導致兩支雷射光點不平行，須將兩支雷射光筆互相旋轉調整至適當角度，才能產生平行光。

三、在以紙屏觀察兩個光點的距離時，發現光線照在淺色系的紙屏，不易觀察；因此我們選擇較深色的黑色當紙屏。

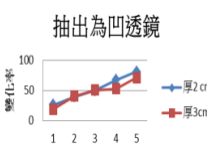
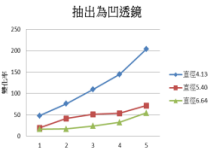
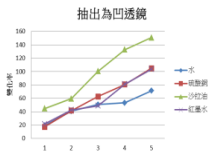
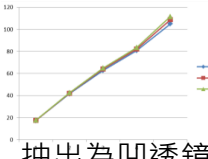
四、自製透鏡可任意改變成凸透鏡或凹透鏡，如：抽水減少液體量則形成凹透鏡，兩個光點距離放大；加水增加水量則形成凸透鏡，兩個光點距離縮小。並且若透鏡內液體量變發生變化及種類發生變化，透鏡的焦距也會跟著改變。

五、自製透鏡變成凸透鏡時，兩個光點的距離愈小，則變化率愈大，代表此凸透鏡的焦距愈短，不論何種材質、大小及厚薄隨著注入液體增加，焦距都愈來愈小；自製透鏡變成凹透鏡時，兩光斑的距離愈大，則變化率愈大，代表此凹透鏡的焦距也是愈小，不論何種材質、大小及厚薄，隨著抽出液體的減少，焦距都愈來愈小。上述的現象，應是和透鏡表面的曲度有關，不論注入或抽出較多的液體，都導致曲度變大，曲率半徑變小，焦距愈短。我們亦可從造鏡者公式中推論出焦距和球面曲率半徑為正相關，故曲率半徑變小，焦距愈小，與實驗結果相符。(造鏡者公式如下： $1/f=(n-1)(1/r_1+1/r_2)$ 其中  $f$ ：焦距  $n$ ：透鏡折射率  $r_1$ ：透鏡第一球面曲率半徑  $r_2$ ：透鏡第二球面曲率半徑)(折線圖 1、2)

六、實驗二中，觀察直徑大小相同時，不同長度的自製透鏡中，我們從下列折線圖(抽出/注入量為橫坐標，變化率為縱座標)中觀察到較薄(2cm)的透鏡變化率較大(為凹透鏡時上方線條變化率較大；為凸透鏡時，下方線條變化率較大)，也就是說在抽出或注入相同的液體之後，薄(2cm)的透鏡焦距都變的較短。討論其原因，應是較薄(2cm)的透鏡在相同液體的改變量下，在容積較小的緣故下，導致曲度變大，曲率半徑變小，焦距變小。在後面不同的介質，亦有相同的結果。(折線圖 3、4)

七、實驗三中，在厚度大小相同時，不同大小的自製透鏡中，我們在下面折線圖中觀察到較小的透鏡變化率較大，在抽出或注入相同的液體，變凹透鏡或凸透鏡，其焦距均變得較短，其原因應是和討論六相同。(折線圖 5、6)

八、實驗五中，不論用硫酸銅溶液、沙拉油或是紅墨水取代水為中間的介質時，其變化率和水有明顯不同，大致上都比水為大，其中沙拉油變化最大。而且從造鏡者公式我們推論本實驗時所用的硫酸銅溶液、沙拉油或是紅墨水的折射率應較水為高。(折線圖 7、8)

			
折線圖 1	折線圖 3	折線圖 5	折線圖 7

折線圖 2	折線圖 4	折線圖 6	折線圖 8

### 伍、結論與生活應用

- 一、實驗一中探討，利用兩支雷射光筆組成雷射光筆組，雷射光筆組所發出的光束互相平行，兩個光點距離，不會因紙屏離光源的遠近，兩點光斑距離均會保持相同。
- 二、製作裝置的時候，使用設置的三通管抽出和注入液體使自製液體透鏡可任意成功改變透鏡的折射情況，形成凹透鏡或凸透鏡，也可以任意改變注入的物質。
- 三、從討論六當中可以發現到較薄及較小的液體透鏡在相同的液體改變量下，變化率大，焦距易變小；較厚及較大的液體透鏡在相同的液體改變量下，變化率小焦距較不易變小。
- 四、可以從圖表四中得出材質不同，折射率也不同，在用硫酸銅溶液、沙拉油或是紅墨水取代水為中間的介質時，其變化率和水有所不同。
- 五、從圖表五中得出溫度不同，折射率也不同，溫度越高折射率越高。

### 參考資料

- 一、國立台灣科學教育館
- 二、<https://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405102810360>
- 三、自然與生活科技二上課本(康軒版)