

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

物理科

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：誰在馬路上變魔術？

--柏油路面上虛幻的水光

關鍵詞：

編號：080119

---

學校名稱：

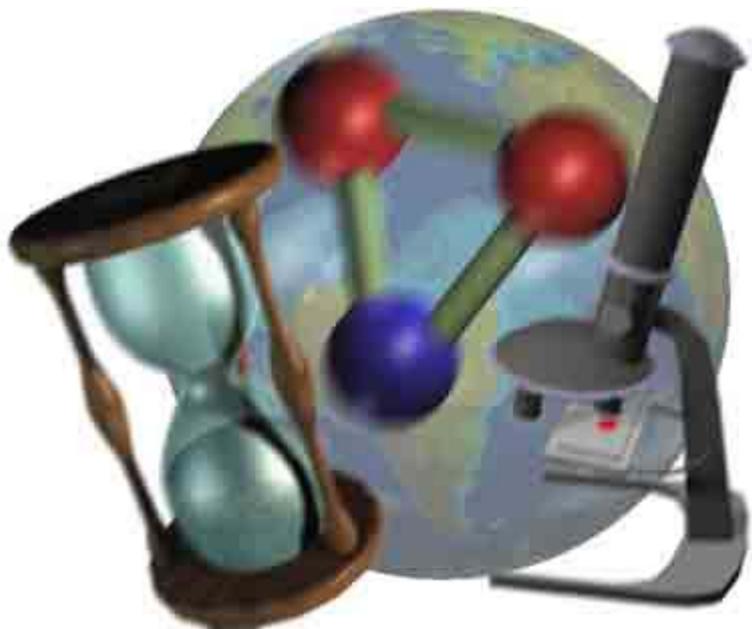
台南縣歸仁鄉文化國民小學

作者姓名：

陳禹翔、黃紫盈、黃昱愷、陳彥呈

指導老師：

許文綺、黃素梅



## 摘要

我們有很多次這種經驗：「前面的馬路上有水」，可是當我們走近那地方，卻發現水不見了！原來看見水的感覺是錯覺，是虛幻的；這到底怎麼一回事？我們想揭開柏油路面上虛幻水光的謎底。

本實驗分四個步驟進行：

步驟一：實地觀察---透過觀察找出形成虛幻水光的可能因素。

步驟二：資料蒐集與分析---分析第一階段實地觀察得來的數據及參考有關文獻，提出假設。

步驟三：實驗驗證---在實驗室中模擬戶外情境驗證假設。

步驟四：再觀測、驗證---「假設」在實驗室中得到證明後，回到馬路現場，再驗證一次。

由本實驗知道柏油路上虛幻水光的形成原因是：

1. 鏡面反射—只要入射角度夠大，在柏油路面也可以看到鏡面反射現象。
2. 溫差—溫差使柏油路面上的空氣密度有了漸層的變化，貼近路面的那一層疏空氣層使射入路面的光產生全反射，也使我們看到亮亮的水光。

## 壹、研究動機

好幾次，跟爸爸上高速公路，遠遠就看到柏油路面上出現一灘水，但是走近它，水光卻消失了，好奇怪喔！不只是在高速公路上，大成路也常有這個現象，於是我們請教老師，開始做些觀察、研究。

## 貳、研究目的

找出路面產生水光的原因。

## 參、研究器材

望遠鏡、溫度計、耳溫槍、精密溫度計、自製觀測器、雷射筆、柏油、數位相機、糖、橄欖油、透明塑膠槽、皮尺、光度計。

## 肆、研究過程與方法

### 步驟一：實地觀察

#### (一) 觀察方法：



圖（一）A：以望遠鏡觀測水光出現位置，由另一組員指揮記錄組組員移動到確定位



圖（一）B：以自製觀測器觀察水光出現位置，並且可以記錄下準確的觀測高度。



圖（一）D：以光度計測量光度



圖（一）E：以耳溫槍測量地溫



圖（二）C：另一組負責移動到水光出現位置，並記錄下距離、光度、地溫等資料。

### （二）觀察結果 A

1. 只有在柏油路面上才觀察到這個現象，如圖（二）在水泥路面、小石子路面、草地.....等，都沒有。
2. 有的柏油路有出現虛幻水光，有的柏油路卻沒有。
3. 蹲得越低，能看到的水光範圍越大！



能像鏡子般反射路旁  
汽車輪子的影像

柏油路面出現  
的虛幻水光

圖（二）柏油路面遠處的水光

## 爲什麼？

我們想可能和溫度、距離、光度、觀察高度有關吧！

◎進一步觀測：

1. 水光出現的最近與最遠距離。
2. 能看到水光的最高的觀測高度。
3. 氣溫、地溫。
4. 光度變化
5. 太陽的高度與偏角。

(三) 觀察結果 B：

11 月 13 日	時間	氣溫	太陽		最高可見水光高度				67cm 最近			67 最遠		
			高度角	偏角	高度	地溫	距離	光度	距離	地溫	光度	距離	地溫	光度
	2:30	32			98	39			71.4			122.4		
	3:00	29			92	39			71.2			121.7		
	3:40	28			104	36			71.5			141.1		

11 月 23 日	時間	氣溫	太陽		最高可見水光高度				67cm 最近			67cm 最遠		
			高度角	偏角	高度	地溫	距離	光度	距離	地溫	光度	距離	地溫	光度
	10:00	27	40			37.7	146.3	4100	67					
	10:30	28	45				115	6680	87.5	40.6	5520	149.3	42.5	5700
	11:00	28.5	48			Hi	90.5	5940	85	37.2	2400	156.5	41.7	6200
	11:30	29	50			Hi	88.5	5300	70.9	42	4820	213.3	41.4	5800
	12:30	29.3	50				87.2	1550	70	Hi	1786	212.9	39.1	1900
	1:30	26	45			41.5	91.2	1960	74	38.4	1950	146	36.8	2020
	2:30	27	38			41.2	89.1	2760	71	40	1408	146.5	42.2	2580
	3:30	28	28			38.9	130	1817	84.8	Lo	1543	150	37	1528
	4:00	25	21			38.2	126	1657	80	Lo	1060	145	38.4	1072
	4:30	24	14			35.3	144	240	79	Lo	281	144	35.3	240

	時間	氣溫	太陽		最高可見水光高度				67cm 最近			67 cm 最遠		
			高度角	偏角	高度	地溫	距離	光度	距離	地溫	光度	距離	地溫	光度
12 月 1 日	8:30	22	29	+55	89	Lo	163.3	1600	89.5	Lo		138	Lo	1610
	9:30	23				Lo (27)	141	507	98.7	Lo	16800	159.3	Lo	934
	10:30	24	34	44	99	Lo (29)	107.5	917	89.5	34.8	2120	156.5	Lo	2060
	11:30	26.5	49	18	120	39	103	2290	86	Lo	3760	155	41.7	12660
	12:30	26	50	8	116	40.7	151.7	8040	84.639		183	35		2800
	1:30	27	45	26		42.6	82.5	3020	87.5	35	4970	148.6	Hi	3010
	2:30	28	37			4.9	100.3	2320	78.5	41.8	3030	131	43	1670
	3:30	26	26	50	120	37	154.95	3150	84.5	Lo	738	143.5	37	1100
	4:30	25			97	Lo	114.5	333	87.8	Lo	214	142	Lo	6417

#### (四) 說明與分析：

1. 當觀測高度在 100cm 以下就可以看到虛擬水光出現。
2. 固定觀測高度在 67cm 時，水光（虛幻水光的簡稱）最近出現在 71 公尺，最遠距離則在 121m~141m 之間。
- 3 光度的影響並不明顯。即使是有點暗暗的，仍然可以看到水光。
- 4 虛幻水光出現時，地面溫度與氣溫至少都相差十度以上。
- 5 溫度差大時，能夠看到虛幻水光的範圍較大，**溫差應是一項重要變因**。
- 6 由遠而近靠近水光，直到水光不見了時，只要再蹲低一點，水光又會出現了；因此**角度應是另一項變因**。

## 步驟二：資料收集與分析

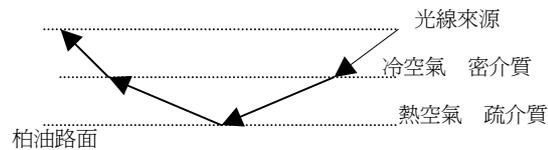
- ◎ 人可以看見東西是因為光線進入眼睛。路面沒有水，我們的眼睛卻看到水的影像。
- ◎ 海市蜃樓也是虛幻的影像。
- ◎ 「海市蜃樓」是空氣的密度差導致的。
- ◎ 柏油路面的「虛幻水光」也是空氣的密度差導致的嗎？
- ◎ 「虛幻水光」有像鏡子般的反射能力。
- ◎ 光滑的平面（如磨石地板桌面），常可見到鏡面反射的亮光。

## 步驟三：實驗驗證

我們首先朝「空氣密度變化」對「光」的影響來研究。

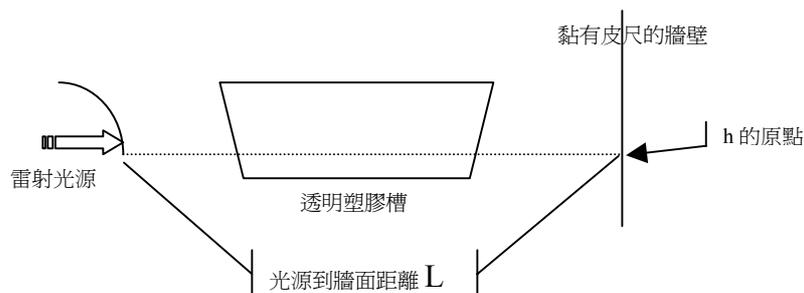
綜合第一、第二步驟的研究，我們認為「虛幻水光」的產生可能是柏油路面的高溫，使地面上的空氣密度有了差異，而改變光原本直進的行進路線。

我們想在實驗室中模擬出戶外的狀況，來研究光線是如何改變行進路線的。

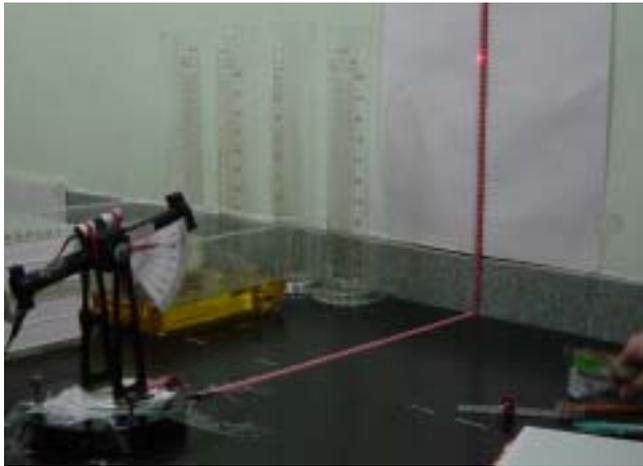


實驗一：介質不同時，光線前進的會有什麼改變？

實驗裝置



(一) 實驗方法



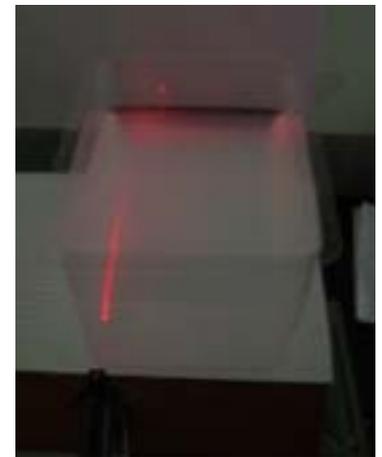
圖（三）A：爲了保持光源的強度，以交流電爲電源的雷射筆作爲光源，雷射光是可以調整角度的。



圖（三）B：空氣的密度不容易控制，以液體代替空氣作爲介質。

對照組：介質是空氣  
 實驗組：介質是水及水面上的空氣。  
 操縱變因：雷射光的角度  
 應變變因：雷射光打到牆面的高度  $h$   
 （對照組： $h_1$ ，實驗組  $h_2$ ）：

（二）實驗結果：



圖（三）C：實驗在暗室中進行。在水中滴入數滴牛奶，方便觀察光線。

液面高 5.4cm

$h$ ：雷射光打到牆面的高度

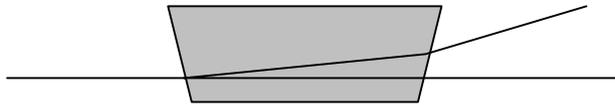
$X$ ：光射入水槽時，由水中進入空氣中全反射的點，距離牆面的距離

表二

雷射光的仰角	0	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
空氣 $h_1$	-0.37	1.73	4.20	5.20	6.17	7.74	8.53	9.57	10.73	11.77	13.1	14.37	15.40	16.63
水 $h_2$	3.2	5.4	7.5		9.5	10.4	1.2	0	-0.7	-1.6	-2.3	無法測量		
$h_2-h_1$	3.57	3.67	3.3		3.33	2.66								
$x$							26.6	30.2	33.9	36.2	38.86			
$L-x$							35.9	32.6						

### (三) 說明與分析：

1. 水槽內裝水後，雷射光點反而是向上偏折（見表二  $h_2-h_1$ ），與預測不同。如果是由密介質到疏介質，應該是會往下偏折才對，分析受發現是因為水槽壁的角度導致。水槽接受雷射光的壁面並不是垂直的，所以會讓所有的角度的光點都向上一點。



2. 加水後，入射角 13 度時無法測量，是因為光線射出水面的點剛好在水面與水槽壁的交會。而入射角 13 度以後，全反射的光線全都打在水槽底部，無法投射到牆壁，故無法記錄！
3. 入射角 8 度~12 度之間， $h_2$  的值不升反降，是因為入射角 8 度時剛好可以產生全反射，計算液面高÷雷射光源到全反射點的水平距離值，反推其  $\tan$  值大約是 8.5 度，也就是在這個角度時，光線由水射入空氣會產生全反射。
4. 從入射角 8 度以後，雷射光從水面產生反射不再折射出液面，就好像碰到「鏡子」一樣。



圖（三）D：將尺裝置在塑膠槽上，並在線上掛重物，將線依著尺移動到光線的轉折處，就可以依靠尺上的刻度，記錄 X 的值。

實驗二、將部分的水以橄欖油取代，希望能了解光線通過不同介質時的狀態。

#### (一) 實驗方法

1. 將水槽放入 2500cc 的水，與 1000cc 的橄欖油，形成下面是水，而上面是一層橄欖油的狀態。
2. 以不同的角度射入雷射光，記錄反射情形。

## (二) 實驗結果



←圖(四)A：  
實驗裝置圖



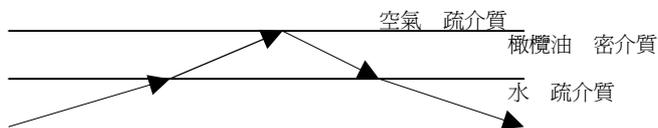
圖(四)B：雷射光線通過水—油介質時的  
折射現象。



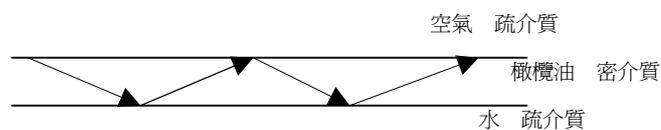
圖(四)C：入射角度加大時，光線變化  
情形。

## (三) 說明與分析：

1. 原本以為橄欖油是疏介質，沒想到光線由水進入油時，反而是向上折射。



2. 和老師一同查閱資料後發現，橄欖油雖然比較輕，但對光而言，它是密介質。
3. 當入射角度逐漸加大時，光線在橄欖油層中連續全反射，就好像是光纖現象一樣，真有趣。



實驗三、同一個介質中，能否因密度變化，導致光線行進方向改變？

由於實驗一、二我們發現，當光線行經不同介質時，**在介質的交界面，都會發生折射與反射現象**，若是由密介質進到疏介質，甚至會產生全反射。

但是路面上的虛幻水光的產生並不是因為光線由某一個介質進入到另一種介質的反光所造成的。否則光線直接打在柏油路面或是其他路面（空氣、與路面兩種介質）都應該產生同樣的現象，而不應該只有柏油路面才有。

因此，希望能營造出同一種介質，卻有密度差異現象，來模擬戶外的狀況。

(一) 實驗方法：

1. 液面高兩組都是 6.6cm。
2. 對照組：純水 4000cc。
3. 實驗組：糖水 4000cc，靜置兩天（白糖 1500g 加水至 4000cc）。
4. 兩組都加幾滴牛奶，以助於觀察。
5. 待糖水逐漸沈澱產生上下的濃度差時，再進行實驗。

(二) 實驗結果：

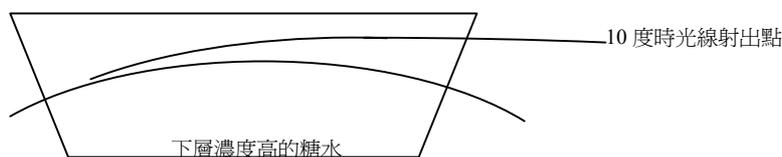
1. X 是光射入水槽時，由水中進入空氣中全反射的點，距離牆面的距離。
2. h 是雷射光打到牆面的高度。h<sub>3</sub>：對照組（水），h<sub>4</sub>：實驗組（糖水）

表三

角度(仰角)	0	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
水	h <sub>3</sub>	2	3.9	5.6	6.4	7.3	8.1	3.8	2.9	2.1	1.3	0.4	-0.4	-1.23
糖水	h <sub>4</sub>	2.73	4.2	3.87	3.5	3.02	2.95	3.6	4.5	7.35	3.1	-0.2	-2.35	-3.95
	x <sub>3</sub>							17.2	21.73	26.1	29.87	35.33	39.17	41.3

(三) 說明與分析：

- 1 比較 h 值，雷射光入射角在 0~3 度之間，h<sub>4</sub> > h<sub>3</sub>，但是 4 度到 8 度之間反而 h<sub>4</sub> < h<sub>3</sub>，觀察雷射光束在糖水中的行進路線，發現**它並不是直線進行的，而是一個彎曲的弧線。**



- 2 全反射點也不是發生在液面與空氣的交界處，也不像在純水中一樣是一個銳利的角度，轉折處是一個很大的 R 角。
  - 3 觀察發現，入射角 10 度時的 h4 的值突然跳升，是因為入射角 10 度時的光束剛好是由糖水液面水平射出，所以高度便升高了。
  - 4 糖水中濃度的變化差異，使得光線行進產生曲折的現象。當介質的變化是由密到疏時，疏介質便能像鏡子一樣的反射光線。
  - 5 因此，由上可知，當介質密度有漸層變化時，光行進的路徑也跟著曲折，會產生折射和全反射。
- 

#### 步驟四：再觀測驗證

##### 觀測一：確定溫差的因素是否成立

1. 有關於溫差的紀錄，地溫以耳溫槍來量，固然很快，但是由於耳溫槍的設計限制，低於 34.8 度及高於 41.8 度就量不出來了。很幸運的，向成大借到精密儀 k-type 溫度計，於決定再做完整的室外觀察
2. 選定 3 月 26 日下午與 4 月 4 日整日做再次觀測。誰知 4 月 4 日竟然是個陰雨天，預估溫差太小，虛幻水光不會出現的，但照做，因為以實驗而言，正好是個很棒的對照。

##### (一) 觀察方法：

1. 利用 k-type 溫度計測量溫度，並且每隔 2cm 測一次溫度，一直測到距離地面 16cm。
2. 從早上 7:00 到下午 5:00，每隔 30 分鐘測量一次，在觀測高度 67cm 時，紀錄虛幻水光出現的最近位置，氣溫、光度。

##### (二) 觀察結果

1. 得實驗數據附表二，附於本報告末。
2. 實驗結果大出意料之外，溫差只有 1 度仍可見到【少量】的虛幻水光。
3. 即使是光線微弱、陰雨天，只要觀測角度夠小，依舊可以觀測到虛幻水光。



圖（五）A：k-type 溫度計



圖（五）B：每隔 2cm 記錄溫度



觀測二：到水泥路面與草地上去測量溫差與觀察水光。



圖（六）A：在草地上測量溫度與觀測水光



圖（六）B：在水泥地上測量溫度變化與水光

(一) 觀察方法：

1. 利用 k-type 溫度計測量溫度，並且每隔 2cm 測一次溫度，一直測到距離地面 16cm。

(二) 觀察結果：

1. 得實驗數據附表三。
2. 水泥路面與草地上溫差比同時間的柏油路面小。
3. 水泥路面與草地上即使在很低的觀察高度，例如 50cm 高，也無法在視力可及的範圍內，觀察到虛幻水光。

觀測三：鏡面反射現象的觀察與探討

(一) 觀察方法：

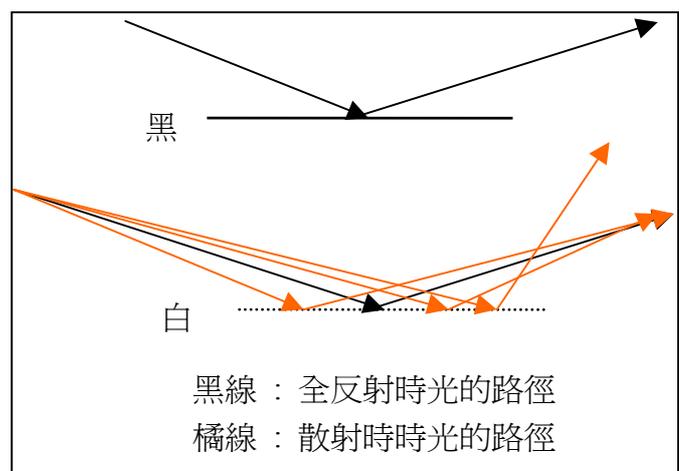
我們找到一間大廳，天花板上有日光燈，地板是光滑的大理石，且大理石黑白相間，有如西洋棋棋盤，觀察者前後移動觀察位置，比較鏡面反射情形。

(二) 觀察結果與分析：

1. 顏色—反射面顏色愈黑愈容易見到鏡面反射的亮光

相同材質、相同光滑程度、同距離的，黑色的反射面可以看到清晰的鏡面反射，而白色就看不到。因為從白色反射面射出的光線除了有”鏡面反射”以外還有一般的散射，干擾了”鏡面反射”觀測，而黑色地磚則無此問題

2. 觀察角度---由實地觀察中得到，觀察角度愈低鏡面反射現象愈明顯



3. 光滑程度—比較不同的平面發現，愈光滑的平面愈容易有鏡面反射現象

## 伍、結論

1. 柏油路面產生虛幻水光其實是鏡面反射現象。而溫差能加強這個現象，使它更容易被觀測得到。
2. 而柏油路面的鏡面反射現象，比其他路面的更容易被觀測的原因是柏油路面有油光易反射光線，加上顏色較深，散射現象較少因此在視力可及的範圍內就可以看到因鏡面反射而產生的虛幻水光。
3. 一般柏油水泥路面雖不平滑，但在距離拉遠之後，路面上的小凹凸就不明顯了，而有相對的平滑。不光滑的水泥、泥土路面，若觀察角度夠小，並且有足夠長的距離，或許也可以見到虛幻水光。常見的光滑面上，如桌子、玻璃，鏡面反射現象則隨處可見。
4. 柏油路面上很容易受到陽光的加熱，而產生了能夠反射光線的稀薄空氣層，讓原本直進的光有了多次折射與一次的全反射，而使得沒有光澤的路面從遠方看來，會像水面一般閃閃發亮。

## 陸、感想

1. 這個研究主題必須在自然環境中進行，而大自然內的變化因素很多，有很多是我們無法掌握的，也因此實驗時，會感覺到很難掌握確定的因素，好像在大海內撈針一樣。
2. 在室內實驗時，要解決很多的問題，例如怎樣才能量到正確的  $h$  高度、控制雷射光源的角度等，這些過程需要花很多心思，但也很有趣。
3. 比對蒐集來的資料與實驗的結果發現，海市蜃樓的現象與柏油路面的虛幻水光並不是完全相同的自然現象。

## 柒、參考文獻

1. 物理世界全集 鍾國華 國家出版社
2. 中國物理學史大系—光學史 戴念祖、張旭敏 湖南教育出版社
3. 隨手可做有趣的科學實驗 瀧川洋二、石崎喜治 世茂出版
4. <http://physinfo.ep.nctu.edu.tw/viewtopic.php?topic=16&forum=1> 交大物理資訊網

## 捌、實驗過程觀察記錄

附表一

	時間	室溫	太陽		最高可見水光高度				67cm 最近			67 最遠		
			高度 角	偏 角	高度	地溫	距離	光度	距離	地溫	光度	距離	地溫	光度
11/13	2:30	32			98	39			71.4			122.4		
	3:00	29			92	39			71.2			121.7		
	3:40	28			104	36			71.5			141.1		

11/23	時間	室溫	太陽		最高可見水光高度				67cm 最近			67 最遠		
			高度 角	偏 角	高度	地溫	距離	光度	距離	地溫	光度	距離	地溫	光度
	10:00	27	40			37.7	146.3	4100	67					
	10:30	28	45				115	6680	87.5	40.6	5520	149.3	42.5	5700
	11:00	28.5	48			Hi	90.5	5940	85	37.2	2400	156.5	41.7	6200
	11:30	29	50			Hi	88.5	5300	70.9	42	4820	213.3	41.4	5800
	12:30	29.3	50				87.2	1550	70	Hi	1786	212.9	39.1	1900
	1:30	26	45			41.5	91.2	1960	74	38.4	1950	146	36.8	2020
	2:30	27	38			41.2	89.1	2760	71	40	1408	146.5	42.2	2580
	3:30	28	28			38.9	130	1817	84.8	Lo	1543	150	37	1528
	4:00	25	21			38.2	126	1657	80	Lo	1060	145	38.4	1072
	4:30	24	14			35.3	144	240	79	Lo	281	144	35.3	240
12/1	8:30	22	29	+55	89	Lo	163.3	1600	89.5	Lo		138	Lo	1610
	9:30	23				Lo (27)	141	507	98.7	Lo	16800	159.3	Lo	934
	10:30	24	34	44	99	Lo (29)	107.5	917	89.5	34.8	2120	156.5	Lo	2060
	11:30	26.5	49	18	120	39	103	2290	86	Lo	3760	155	41.7	12660
	12:30	26	50	8	116	40.7	151.7	8040	84.639.9		183	35		2800

	1:30	27	45	26		42.6	82.5	3020	87.5	35	4970	148.6	Hi	3010
	2:30	28	37			4.9	100.3	2320	78.5	41.8	3030	131	43	1670
	3:30	26	26	50	120	37	154.95	3150	84.5	Lo	738	143.5	37	1100
	4:30	25			97	Lo	114.5	333	87.8	Lo	214	142	Lo	6417

地溫欄內 Lo 和 Hi 表示溫度超出耳溫槍能夠測量的範圍，因此沒有紀錄確定數據。

## 附表二

4月4日

時間	氣溫	觀測高度 67cm 最近可見水光位置											光度	補充說明
		距離 m	地面溫度	距地 2cm	距地 4 cm	距地 6cm	距地 8cm	距地 10cm	距地 12cm	距地 14cm	距地 16cm			
07:00	23.4	看不見	24.8	24.5	24.1	24.2	24	23.9	24	24.4	23.7	5110	陰天，空氣濕度大	
07:30	24.5	看不見	24.9	24.1	24	24.2	24.1	23.9	23.8	24.2	24.4	3300		
08:00	23.6		27	25.1	24.8	25.6	24.4	24.4	24.4	24.1	24.2	11080	很少量，成條狀分佈	
08:30	25	93	26	25.3	25.2	25.6	25	25.1	25.2	25.5	25.6	14640	虛幻水光呈條狀分佈	
09:00	25.3	104	28.2	26.2	26.4	26.7	26.8	26.2	26.4	26.3	25.5	14830	變成一大片	
09:30	25.5	76	28.9	27.2	25.1	25.4	25.5	25.8	25.4	25.5	25.5	14860		
10:00	26.7	87	30.9	28.3	27.9	28.7	28	28.1	28	27.9	27.2	—		
10:30	27.2	82	31.7	28.5	27.8	27.9	27.1	28.1	27.7	28.1	27.9	15510		
11:00	28.6	90	31.3	29.4	29.5	25.2	29.4	28.1	27.9	27.9	27.6	4070		
11:30	29.3	82	34.8	29.8	29.2	29.3	29.8	29.2	30.3	30.4	29			
12:00	26.8	74	32	28.7	28.7	28	27.7	27.4	27.5	27.6	27.4	15210		
12:30	下雨												下雨，無法觀測	
01:00	28.2	83	33.1	28.1	27.9	28.3	28.1	27.9	28.1	28.5	28.8		雨停了，地面潮濕	
01:30	28.9	83	31	29.3	29.2	29.5	30.6	30.1	29.9	28	28.7			
02:00	28.3	88	32.3	30.7	28.2	28.5	28.6	28.2	28.2	28.4	28.5	15930		
02:30	26.9	78	31.6	29.8	28.2	27.8	27.5	26.9	27.5	27.7	27.5	16990	多雲，但仍有一大片水光	

03:00	27.7	82	32.6	29.3	28.9	29	28.8	28.8	28.2	28.2	28.6		
03:30	27	80	33.7	28	27.4	27.6	27.2	27	27.8	27.8	27.4	15420	
04:00	26	72	30	27.8	27.2	27.5	27.4	27.1	27.2	27.3	27.2	5120	
04:30	25.9	91	30	26.2	26	26.2	26.2	25.8	26.1	26.3	26.5	4370	微雨，仍可 見一大片水 光
05:00	24.2	99	26.8	23.8	23.7	23.7	24.1	24	24	23.9	23.8	3160	水光只有一 小片

3月

26日

時間	氣溫	觀測高度 67cm 最近可見水光位置											光度
		距離	地面 溫度	距地 2cm	距地 4 cm	距地 6cm	距地 8cm	距地 10cm	距地 12cm	距地 14cm	距地 16cm		
02:00	24.7	99	35.2	33.2	33.8	29.9	29.7	29.2	29.6	29.3	29.5	17700	
02:30	28.3	96	34.5	30.2	30.8	30.2	29.5	29.2	30.9	30.3	29.9	13360	
03:00	28.3	100	35.6	31.3	30.5	29.9	29.2	29.1	29.1	28.7	28.4	16360	
03:30	29.3	87	33.9	31.1	31.2	29.5	30.3	29.7	29.7	29.7	30.8	17940	
04:00	29.7	94	36.4	31.7	31.4	30.8	30.7	30	29.9	29.8	30	17990	
04:30	28.9	89	33.8	30.4	29.5	28.7	28.5	31.7	29.2	28.6	28.7	7390	
05:00	27.9		31.4	28.2	28.2	28.1	27.8	27.7	28.9	27.7	27.5	8990	

附表三

地點	氣溫												光度
		距離	地面 溫度	距地 2cm	距地 4 cm	距地 6cm	距地 8cm	距地 10cm	距地 12cm	距地 14cm	距地 16cm		
草地	29.3		30.3	30	31.4	30.5	30.6	30.1	29.5	29.5	29.4	—	
水泥 地	28.4		33.2	29.9	29	29.6	30.4	30.5	29.5	29.5	29.6	15560	

## 評語

這個題目是大家都有的經驗，在柏油路上看到虛幻的水光。學生能用科學的方法來解釋這個光學的現象，實驗的方法也很簡單，值得鼓勵。