

折射現象的進一步探討

國中組物理科第三名

台中縣立大雅國民中學

作者：吳淑祿·吳偉雄

張一仰·陳民杰

指導教師：詹錫欽

一、研究動機

- (一)在畢業旅行途中，大夥正觀賞將西下的夕陽，發現竟成橢圓形，這與筷子在水中看起來折斷，錢幣在水中浮升是否有關呢？
- (二)有位同學常去游泳，他說在水中不易看清楚，另一患近視之同學卻說他在水中反而看得清楚，這到底是怎麼一回事？

二、研究目的

- (一)設計實驗求水之浮升率。
- (二)設計實驗求液體之折射率。
- (三)透鏡焦距與液體折射率之關係探討。
- (四)設計實驗探討太陽為什麼會變橢圓。

三、實驗設備

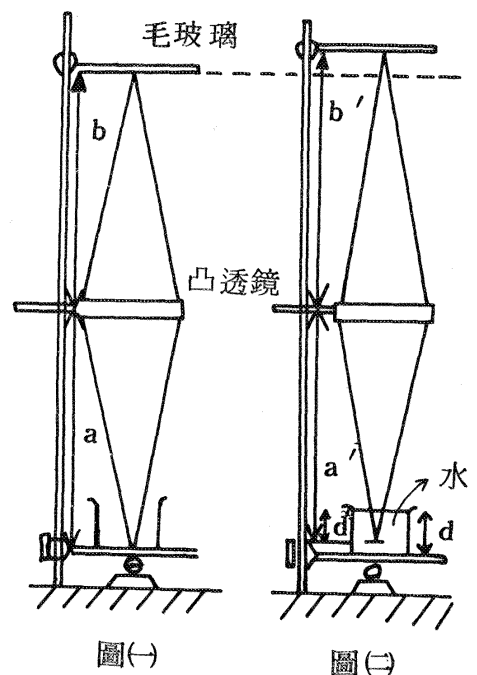
- (一)燒杯(二)鏡子(三)錶玻璃(四)毛玻璃(五)凸玻璃(六)壓克力板(七)尺(八)燈泡(九)膠布(十)鐵架

四、研究過程

- (一)設計實驗求水之浮升率：

1. 透鏡法

- (1)裝置如圖(一)，在燒杯底貼一不透明膠布，鏤出E字，使光線



通過投影於毛玻璃上使影像為最清晰。

- (2) 裝水後 E 字浮升，故應在調整毛玻璃使影像清晰，測出 b' 利用公式 $1/a' + 1/b' = 1/f$ 求出 a' ，代入 $d' = d' - (a - a')$ 即可求出浮升率 d'/d 之值。

(3) 結果：

f	21	21	18.5	18.5
a'	40.6	40	35.4	35
b'	43.5	44.2	38.7	39.2
d'	4.6	6	4.4	6
d	6	8	6	8
d'/d	0.77	0.75	0.73	0.75

水浮升率之測量

(4) 討論：

圖(一)中沒裝水將像距調好後，裝入水發現毛玻璃上影像變模糊了，由此可知水會影響物距，求出裝水後的像距，應用 $1/a' + 1/b' = 1/f$ 求出 a' ，即可求出浮升率（視深 / 真深， d'/d ）。

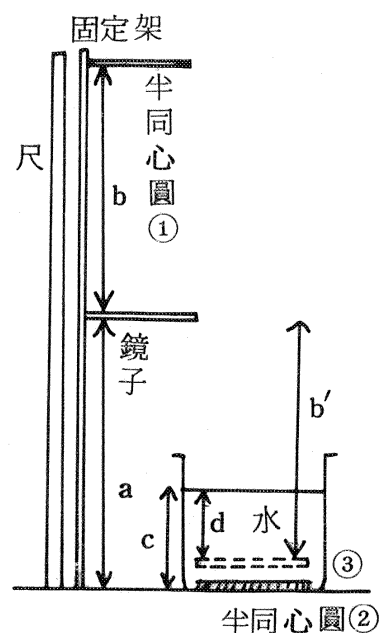
2. 平面鏡法

(1) 原理：

由裝置上方往下看，物體距鏡愈近則成像愈大，沒裝水時 $a = b$ ，裝水後②浮升，故應調①向下，使 $b = b'$ 而合成一圓，再求出 a 、 b 、 c 、 d ($d = c + b - a$)

(2) 步驟：

- ① 將二半同心圓貼於玻璃上如圖
- (二) 裝好。
- ② 裝水後移動①，使①在鏡內和②浮升的③合成一圓測得 b 重



覆數次求平均值。

③改變水深重覆實驗，利用 $d = c + b - a$ 求出 d 並求出浮升率 d/c 之值。

(3)結果：

	一	二	三	平均	一	二	三	平均	一	二	三	平均
a	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20
b	13.4	13.6	13.5	13.5	12.9	13.1	12.9	12.97	17.4	17.6	17.5	17.5
c	6	6	6	6	8	8	8	8	10	10	10	10
d	4.4	4.6	4.5	4.5	5.9	6.1	5.9	5.97	7.4	7.6	7.5	7.5
d/c	0.74	0.76	0.75	0.75	0.74	0.76	0.74	0.7497	0.74	0.76	0.75	0.75

水浮升率測量之結果

(二)設計實驗求水之折射率：

經上兩實驗後，我們懷疑浮升率和折射率是否有關？於是便進行求折射率的實驗。

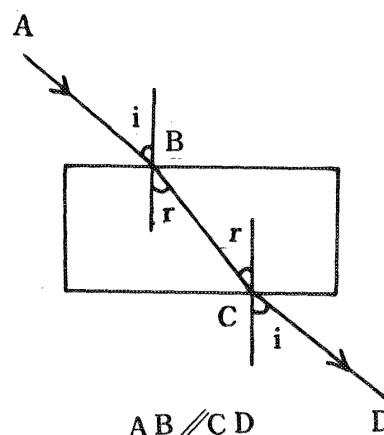
1. 利用傳統方法（用角度來求）

(1)步驟：

- ①將光線射入有紙屏擋住之水槽。
- ②改變入射角 i ，使折射角 r 分別為 10° ， 20° ， 30° ， 40° 求出此時的入射角。（圖四）
- ③改變水槽內的液體重覆實驗

(2)結果： 水

入射角 i	13°	27°	42°	59°
折射角 r	10°	20°	30°	40°
$\sin i / \sin r$	1.2960	1.3275	1.3382	1.3335



圖四

鹽水(%)

入射角 i	13.5°	27.5°	42°	59.5°
折射角 γ	10°	20°	30°	40°
$\sin i / \sin \gamma$	1.3444	1.3500	1.3382	1.3404

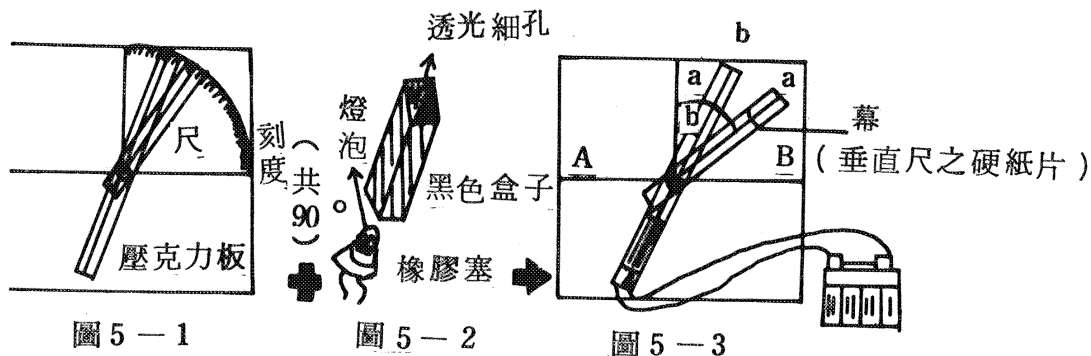
糖水(%)

入射角 i	14°	28°	43°	62°
折射角 γ	10°	20°	30°	40°
$\sin i / \sin \gamma$	1.3934	1.3725	1.3638	1.3737

2. 雙尺測定法：

(1) 步驟：

- ① 將儀器如圖(五)裝置，測量時使 A B 對齊液面。
- ② 使 b 尺中心線對準刻度作為入射角，再調整 a 尺使光點正好位於幕之中心，此時 a 尺所對刻度即為折射角。
- ③ 折射率即為 $\sin a / \sin b$ 。



圖(五)

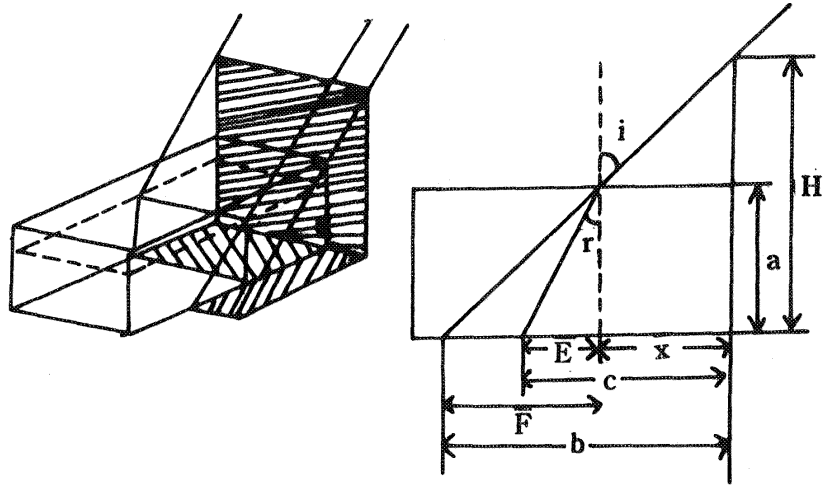
(2) 結果：

入射角 b	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
折射角 a	6.8°	13.2°	20°	26.8°	33.7°	42.5°	50.8°	57.6°	68.7°	77.2°
a / b	1.36	1.32	1.33	1.34	1.35	1.42	1.45	1.44	1.53	1.54
$\sin a / \sin b$	1.36	1.32	1.32	1.32	1.31	1.35	1.35	1.31	1.32	1.27

3. 陰影法

(1) 步驟：

① 將盒子裝入液體，放於日光下，即會產生如圖(六)之現象。



圖(六)

② 用尺量出 H 、 a 、 c 、 b 求出 F ， E ($F = b - x$ ， $E = c - x$ ， $x = b \times (H - a) / H$)。

③ 然後即可求出折射率 $\sin i / \sin r = (F / \sqrt{F^2 + a^2}) \div (E / \sqrt{E^2 + a^2})$ 。

(2) 結果：

水

H	a	b	c	x	F	E	折射率
8.75	3	7.6	6.9	5	3.75	1.9	1.338
8.75	4	9.95	8.8	5.4	4.55	3.4	1.337

鹽水 20%

H	a	b	c	x	F	E	折射率
8.75	3	7.6	6.9	5	2.6	1.9	1.37
8.75	4	9.6	8.3	5.2	4.4	3.1	1.37

糖水 10%

H	a	b	c	x	F	E	折射率
8.75	3	7.6	6.9	5	2.6	1.9	1.37
8.75	4	9.2	8.1	5	4.2	3.1	1.36

酒精

H	a	b	c	x	F	E	折射率
8.75	3	7.9	7.2	5.2	2.9	2.2	1.36
8.75	4	9.6	8.4	5.2	4.4	3.2	1.36

4. 討論：

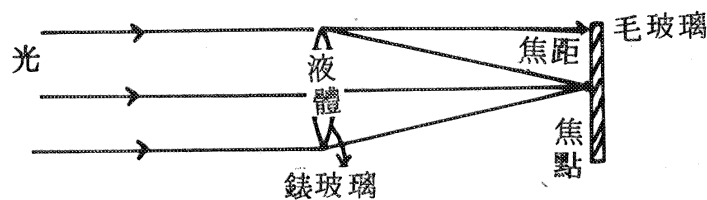
由實驗結果可知浮升率和折射率成倒數關係。

(三) 透鏡焦距與液體折射率之關係探討：

1. 液體透鏡焦距之測量

(1) 步驟：

① 將二片錶玻璃內分次裝入六種液體。拿至太陽下與光進行方向垂直測其焦距。(圖七)



圖(七)

(2) 結果：

液體	水	鹽水 10%	糖水 10%	酒精	糖水 20%	鹽水 20%
焦距	19.3	18.9	18.4	17.7	17.6	17.2
折射率	1.334	1.338	1.34	1.36	1.36	1.37

(3) 討論：

由上結果可知折射率愈大則其焦距愈短。

2. 透鏡在不同折射率之液體中的焦距測量

(1) 原理：

光線透過透鏡照在幕上而成一比透鏡小之光圓（如圖八）。

$AC = AF / 2$, $DE = DG / 2 = BC$, $AB = AC - BC = AC - DE$, $AB = AC = BD$: 焦距, 焦距 = $AC \times BD / AB$ 。

(2) 步驟：

① 將儀器裝置如圖八，拿至太陽

下使透鏡與光之進行方向垂直，裝入液體求出 DG , AF , AC , BD , AB 之值。

② 以原理之公式求出焦距，改變液體重覆實驗。

(3) 結果：

液體	無	水	酒精	糖水20%	糖水10%	鹽水20%	鹽水10%
DG (cm)	2.45	3.3	3.4	3.4	3.35	3.43	3.37
DE (cm)	1.225	1.6	1.7	1.7	1.675	1.715	1.685
AB (cm)	0.6	0.175	0.125	0.125	0.15	0.11	0.14
焦距 (cm)	14.14	48.49	67.89	67.89	56.58	77.15	60.63
折射率	1	1.333	1.36	1.36	1.34	1.37	1.34

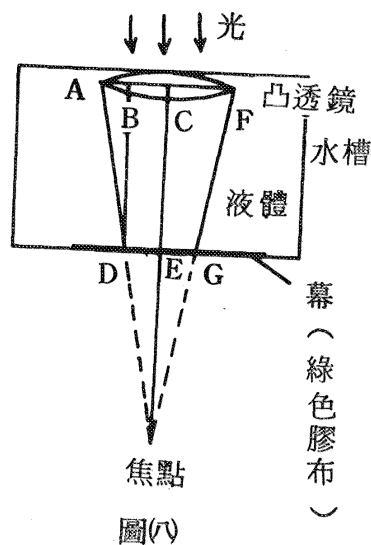
(4) 討論：

由結果得知，當透鏡周圍液體折射率愈大時，透鏡焦距也愈長，這與前部份的結果正好相互印證。

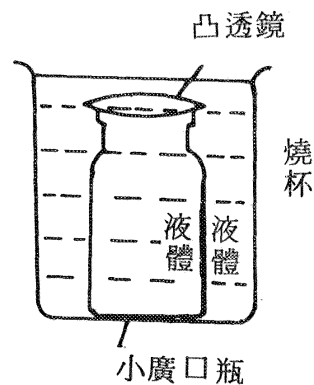
3. 透鏡在不同折射率液體中的放大率探討
爲了探討透鏡焦距變長後對放大效果的影響，我們便裝置一簡單的儀器（如圖九）來觀察。

(1) 步驟：

① 裝入液體覆滿透鏡，觀察其大小，和無液體時的大小比較。



圖八



圖九

②觀察後，再將透鏡改以鈹玻璃做成的中空透鏡代替重覆①

(2)結果： 凸透鏡觀察結果

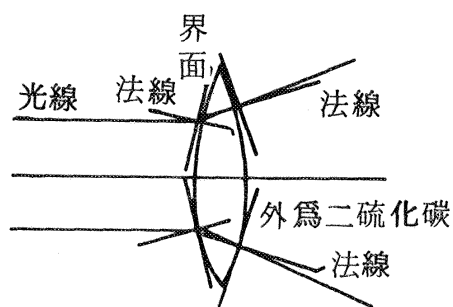
液體	無液體時	水	糖水10%	酒精	二硫化碳
液體折射率	1	1.33	1.34	1.36	1.6
結果	放大	比無液體時小 比原字大	比無液體時小 比原字大	比無液體時小 比原字大	比原字大

空氣透鏡觀察結果

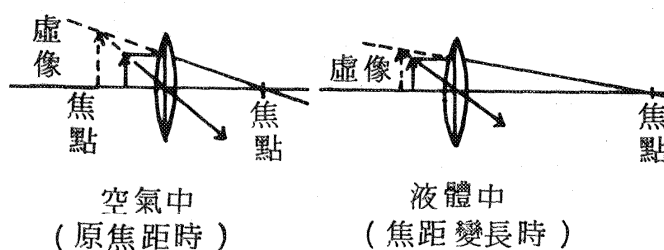
液體	無液體時	水	糖水10%	酒精	二硫化碳
液體折射率	1	1.33	1.34	1.36	1.6
結果	無放大	比原字小	比原字小	比原字小	比原字小

(3)討論：

觀察後，發現液體折射率愈大，即透鏡焦距愈長時，字體比沒裝液體時所見要小得多。裝入二硫化碳（折射率1.6）時，字體反而比本來的印刷體字小。這時因為二硫化碳的折射率比透鏡本身大，透鏡無法聚光反而散光所致（如圖(+)）。放大效果會不好，乃是因透鏡焦距變長所致（如圖(±)）。



圖(4)

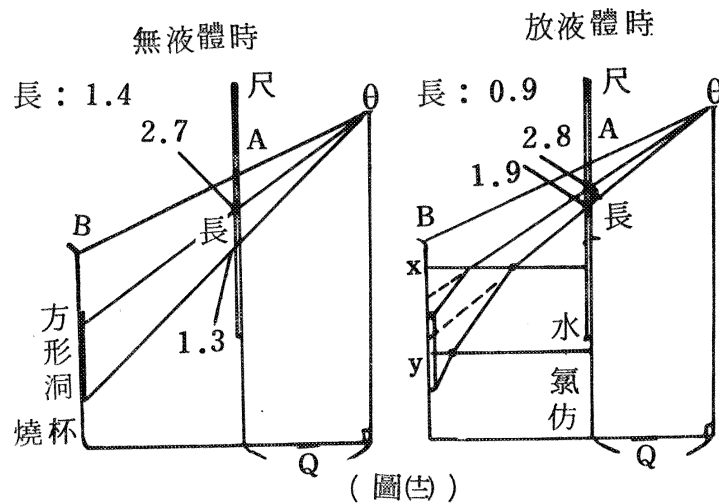


(圖5)

(四)設計實驗探討太陽為何會變橢圓

1.步驟：

- (1)將兩種不相溶的液體裝至圖(±) x 及 y 的高度。
- (2)實驗時使眼至儀器之距離一定 (Q)，將眼對準 A，B 兩點，然後觀察方形洞之最高及最低點所對尺上的刻度各為多少，求出長度並測量寬度。



(3) 改變液體重覆實驗。

2. 結果：

介質	空氣	水	上層	空氣	空氣	空氣	水	氯仿
			下層	水	氯仿	碘化鉀	氯仿	碘化鉀
最高	2.7	2.8		2.7	2.7	2.7	2.8	2.8
最低	1.3	1.8		1.4	1.5	1.4	1.9	1.8
長	1.4	1.0		1.3	1.2	1.3	0.9	1
寬	1.8	1.8		1.8	1.8	1.8	1.8	1.8

3. 討論：

本實驗所用之原理，乃是因底層液體折射率大，浮升較多而頂層液體折射率小故浮升也少，因浮升高度之差，便產生形變。

五、討論及結論

(一)過程(一)中我們想出利用平面鏡來求浮升率。因物體至平面鏡的距離等於平面鏡至像的距離。當水底浮升的半圓和鏡內半圓合成一圓時，上方的半圓至鏡的距離即為浮升之圓至鏡的距離，用此方法可以較準確的求出浮升率。

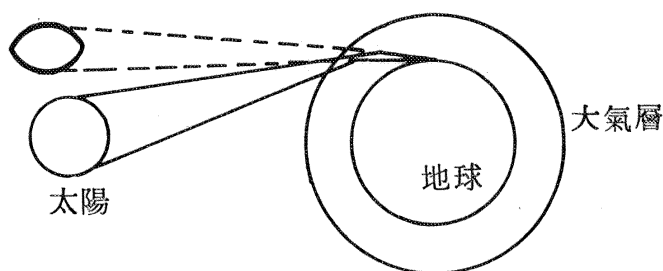
(二)過程(二)中的第三個實驗僅用陰影的長度來求折射率，誤差較小，且所需液體很少，較節省，是很好的方法。

(三)過程(三)中在錶玻璃內放入不同折射率之液體測其焦距，液體折射

率大，焦距短；而凸透鏡放入不同折射率之液體中，液體折射率大，焦距長，但如外圍液體的折射率大於玻璃折射率，凸透鏡就不會聚光了。

(四)近視眼在水中比正常眼看得清楚乃是因在空氣中時近視眼水晶體焦距太短，進入水中時，因水晶體焦距變長，焦點較接近視網膜因此看得較清楚。

(五)早晨或傍晚的太陽會變成橢圓形是因為此二時的陽光斜射入大氣層。而大氣底層介質比頂層多，故光線產生折射，且愈接近地球表面折射的現象愈明顯。太陽頂端的光線在大氣層所走的距離較底端所走的距離短，故頂端光線折射的現象比底端光線折射的現象不明顯。於是頂端浮升的高度比底端浮升的高度小，因此太陽便形成橢圓形。(圖解如下)



六、參考資料

- (一)國立編譯館主編，國民中學物理第四冊第十九章，P.65 ~ P.99
- (二)方聲恒、劉燕溪、張鏡清、李舉賢等譯，一九七〇年八月七日，物理實驗大全(中)，P.5-18 至 P.5-33。
- (三)戚啓勳，多彩多姿的大氣光象，一九八二年十月，科學月刊第十三卷第十期，P.36 ~ P.41。
- (四)沈志剛編，天文常識，百成書店出版，P.50 ~ P.53。
- (五)鄭瑞春，折射率測定裝置的製作及應用，中華民國科學展覽專輯第十四屆。

評 語

利用折射現象，測折射率，所設計的方法頗有創意，但學生對相關基本原理仍有待加強。