

Seeing is Believing

小朋友們：

經過了炎炎的暑假，不知道在這段假期當中，你有沒有接近美麗的大自然，看看山、聽聽海呢？

高愛迪斯在暑假中尋幽訪勝，有一天，來到了風光明媚的東臺灣，望著清澈的秀姑巒溪，看到水中悠游的小魚、小蝦，決定試試自己身手，看看是否寶刀未老，沒想到一踩進看似淺淺的小溪中，就踩了個空，差點兒滑倒，魚兒、蝦兒沒碰著也罷了，連褲子都浸水濕透了，於是高愛迪斯決定記取教訓，提醒小朋友們玩水務必謀定而後動，先暖暖身、試試水溫、探探水深、注意環境安全，此外，更重要的是：高愛迪斯有了個靈感——清澈的水可以見底，可是它實際有多深呢？跟我們眼睛所見的到底一不一樣？現在，請你準備好一個十元硬幣跟一個大碗，讓我們來看看我們的眼睛見到些什麼？

1. 把十元硬幣放在碗底。
2. 移動大碗，使你的眼睛剛好看不見硬幣。
3. 保持眼睛和大碗的相對位置，距離仍然不變。
4. 請你倒些東西進碗裡，讓你慢慢能看見硬幣（眼睛和大碗的相對位置、距離仍然不變。）
5. 請說明你的嘗試過程及方法。說說你的方法是運用了什麼原理？

※ 網路查詢資料，請務必註明資料來源 ※

截止日期：100年12月13日(星期二) 下午4:00



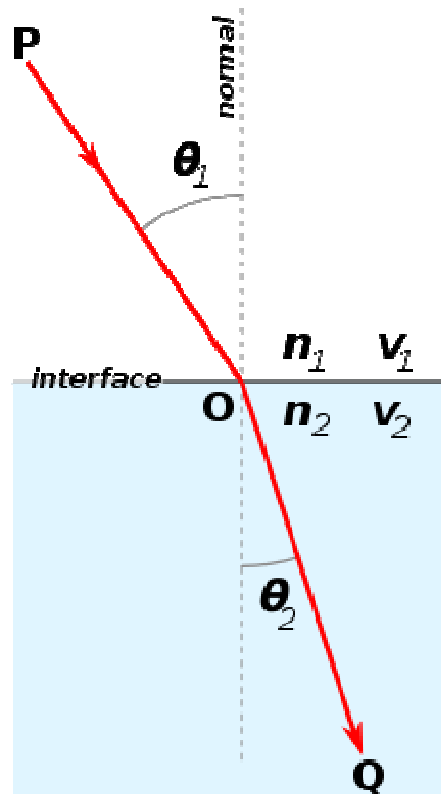
前言：

高愛迪斯所看到溪裏的魚，它的位置以及大小跟實際的是不一樣的，是因為光的折射關係，這就是著名的司乃耳定律。

司乃耳定律 (Snell's Law) 因荷蘭物理學家威理博·司乃耳而命名，是一條描述光的折射規律的定律，即：光入射到不同介質的界面上會發生反射和折射。其中入射光和折射光位於同一個平面上，並且與界面法線的夾角滿足如下關係：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (\text{司乃耳公式})$$

其中， n_1 和 n_2 分別是兩個介質的折射率， θ_1 和 θ_2 分別是入射光及折射光與界面法線的夾角，叫做入射角和折射角。

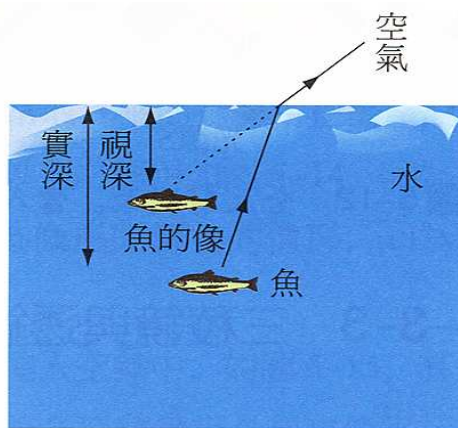
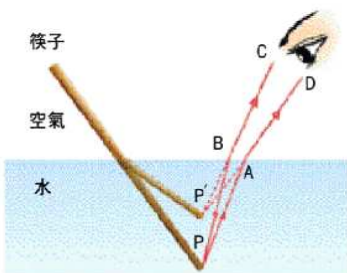
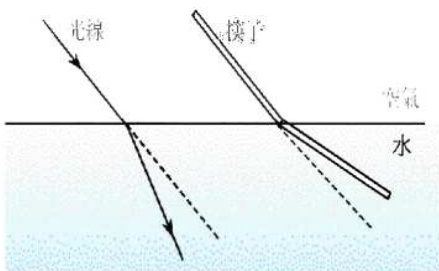


資料來源：維基百科

高愛迪斯看到的小魚、小蝦以及水底的深度，因為光在水中與空氣二種不同介質，行進速度不一樣，所以產生折射現象。眼睛對任何物體的遠近，是根據射入眼中光線的方向

反溯回去判斷的。當光線從水中射向空氣，產生折射，折射後的光線再進入眼中。如果不是垂直水面觀察水中的魚時，由於魚各處所發射進入空氣的各個光線入射角並不相同。不僅看起來魚的位置與實際的位置不同，連形狀大小也會有所變化。

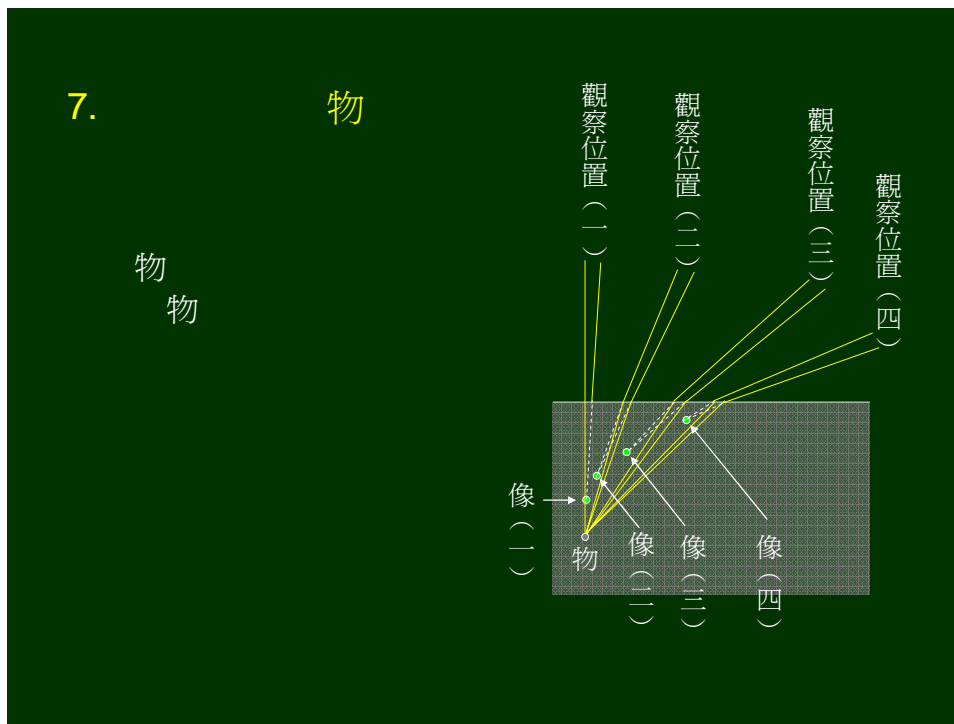
所以高愛迪斯從清澈的水池中，看起來總是覺得比實際深度淺，而且小魚、小蝦實際的位置也比較淺。如下圖所示：



視深與實深的不同。
實線為實際光線的路徑，
虛線為眼睛入射光的延長線。

(資料來源：師範大學物理系 <http://home.phy.ntnu.edu.tw/~eureka/contents/elementary/chap%205/5-4-1.htm>)

其實在不同的觀察位置，所看到的物體位置也會有不同，如下圖所示：



(資料來源：建中網站 <http://www.ck.tp.edu.tw/~pxhuang/lecture/Geo-light-refraction.ppt>)

因為題目已限制了，眼睛和大碗的相對位置、距離不變，所以只要觀察不同介質對折射率的影響就可以了。

這個「水入錢出」的實驗，與高愛迪斯看溪裡的小魚原理相同，都是光的折射現象。希臘天文學家托勒密是第一個用實驗方法研究光的折射現象，被稱為"古代最卓越的實驗研究"。他把一枚銅錢放在一隻稱為"洗禮盆"的容器底部，假定眼睛所看到的剛好通過盆邊達到比銅錢略高的地方。然後向盆裏慢慢注水，這時人的眼睛看到銅錢了，即看起來物體比實際位置升高了。

(資料來源：北市復興高中 http://w3.fhsh.tp.edu.tw/sub/subject04/chen/light/light_07.htm)

本實驗加入不同的溶液，就是要看看各種介質對光的折射率會有什麼差異。

現在就開始進行實驗：

一. 準備工作：

1. 用品：大碗、10 元硬幣、30cc 藥杯、160cc 量米杯、室溫水、糖、鹽、醋、芥花油、洗碗精、英國花茶、蘋果西打、高粱酒、漂白水、冰水(內含冰塊)、滾燙的開水和雞蛋。



2. 協助人員：媽媽幫忙準備材料和加入的容量，弟弟則站在固定位置看硬幣的變化，我負責記錄、攪拌糖、鹽水及拍照。

二. 實驗過程：

1. 將硬幣放入碗中間位置，放在桌上。弟弟站在固定位置，我移動碗到弟弟剛好看不見硬幣的位置，用二把尺固定碗的位置(用膠帶貼好)。實驗也不知要做多久，怕弟弟站太久，所以拿出藤條，與地磚的線形成交叉點，並用膠帶固定藤條。這樣就萬事俱備了, Let's go!



2. 室溫水: 因為不知道需要加多少, 先用 30cc 藥杯, 結果加了 285cc 的水, 硬幣才全部浮現。高愛迪斯沒說是只要看到硬幣邊緣, 還是看到全部硬幣就記錄。只要看到硬幣邊緣, 弟弟很難掌握每次的大小, 所以決定以看到**整個硬幣**才記錄。以室溫水為例, 之後加入液體的量, 就先有個底了。

GIDS: 也可以用看見**硬幣的幾分之幾**來探討!



3. 燒開的熱水: 這就是為什麼需要媽媽加溶液的原因了, 我和弟弟是不敢拿的! 沒想到要比室溫水還多吔!



4. 蘋果西打: 家裏是沒有這類飲料的, 為了實驗, 媽媽特地買的, 還可以犒賞弟弟幫忙的辛勞。所以第三項就量蘋果西打。照片還看得到氣泡呢!



5. 38 度高粱酒：好嗆鼻的酒味，這是爸爸貢獻的！38 度是指酒精濃度 38% 的酒，不知道其他酒精濃度的酒，測量的結果會不會有差異，可惜家裏沒別的酒了。



6 蛋白：這是早上幫媽媽打蛋煎蛋餅時想到的！媽媽打了 6 顆蛋，約 200cc 的蛋白。在碗裏的蛋黃，就像一朵花一樣，我和弟弟都覺得有趣極了！媽媽說這些蛋白，就算是拿來讓全家人敷臉，也要用好幾次吧！還好蛋黃就做肉絲蛋炒飯。到目前為止，是加入最少量，就可以讓硬幣完全現形的材料。



7. 糖水：剛剛做酒的實驗時，希望有不同濃度的酒可以做比較。現在機會來了，我可以加入不同量的糖，做成不同濃度的糖水來試試。第一次是用 320cc 室溫水加 1 杯藥杯的糖，第二次是加入 2 杯藥杯的糖。剛好最近自然課上到溶解這一課，所以我知道要攪拌到

看不到任何糖，才是完全溶解。（哈！像高愛迪斯這麼聰明的人，就會猜到我是最後期限到了，才做這項實驗的。）我是先調糖水，接著是鹽水，結果媽媽看不出那一瓶是糖水，於是用手沾一下，嚐嚐看。



上圖可以清楚看到筷子在水中的折射現象

8. 鹽水：也跟糖水一樣，做成二種濃度來比較。在攪拌這二種溶液時，我發現糖比鹽快溶解。奇怪，鹽的顆粒較細，怎麼會比較難溶解？是因為同樣的容器，裝的糖比較少，所以較快溶解嗎？

GIDS：每次加入的份量的確會影響溶解速度。



9. 英國花茶：這是阿姨到英國玩帶回來的花茶泡的。



10. 現在要做油的實驗了，油不溶於水，也想看看油浮在水上的折射情形。所以做了

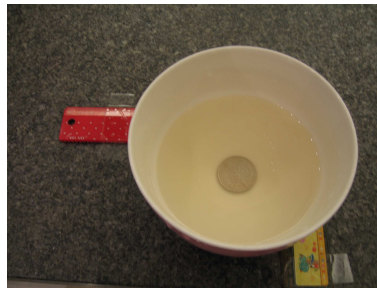
油浮在水上以及只有油二種實驗。油浮在水上做法：弟弟以及碗仍然在固定位置，加入50cc的水入空碗，此時弟弟看不見硬幣。再慢慢加入油直到弟弟完全看見硬幣。



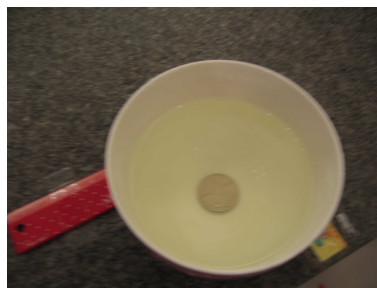
油浮在水上

只有油

11. 醋：好酸的味道！



12. 漂白水：漂白水摸起來滑滑的！



13. 洗碗精：這放在最後做，可以順便清洗這些容器。



洗碗精很黏稠，不好倒。倒了 125cc 之後呢，過了一會兒，發現還留有約 10cc 的洗碗精在量米杯以及藥杯上，所以要扣除 10cc，變成 115cc。

14. 泡泡水：把洗碗精回收後，量米杯上還有洗碗精，乾脆再加水變成泡泡水，也來測量一下。

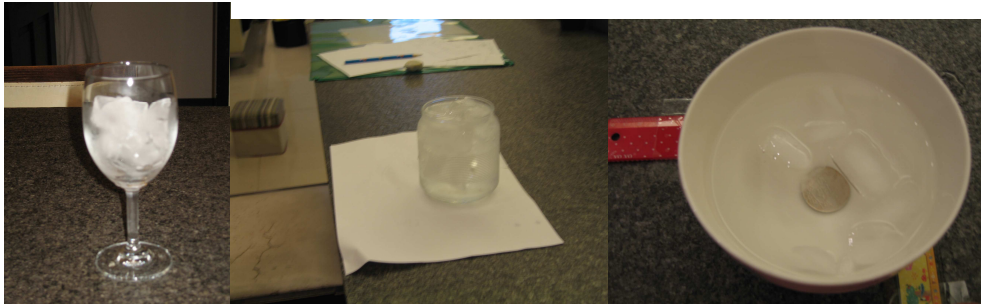


泡沫常會擋住弟弟的視線，媽媽不時要把泡沫撥開！弟弟還說待會兒可以吹泡泡呢！

15. 冰水：弟弟一看到冰塊，就興奮的把玩，還說一點都不冰！我和媽媽都覺得很冰，我和弟弟拌起嘴來。媽媽說弟弟有可能是故意這樣說，因為覺得好玩，但每個人的感覺不一樣，也不能說他錯！我向他道歉後，他才願意繼續做實驗。

冰塊會擋住弟弟的視線，我幫他把冰塊撥開！所以是不可能做冰浮在水面的實驗，不然就可以看到液體+固體+氣體的折射現象了！也有想到用玻璃放在硬幣上，但家裏沒有小塊玻璃或壓克力板。

如果用玻璃杯，在杯內加水，這樣就有液體+固體+液體+氣體的折射現象可以觀察。不過媽媽說，只是肉眼看是看不出變化的，下次可以試試用光來觀察。



二. 實驗結果:

材料	加入的溶液量 (單位: cc)
室溫水	285
燒開的熱水	300
蘋果西打	265
38 度高粱酒	296
蛋白	135
1 杯藥杯的糖+320cc 室溫水	246
2 杯藥杯的糖+320cc 室溫水	270
1 杯藥杯的鹽+320cc 室溫水	176
1 杯藥杯的鹽+320cc 室溫水	218
英國花茶(室溫)	265
室溫水加芥花油	室溫水: 50 芥花油: 55
芥花油	120

醋	130
漂白水	240
洗碗精	115
泡泡水	250
冰水	220

GIDS：若加以排序，做出結論，結果會更清楚。

熱水>高粱酒>室溫水>濃糖水>蘋果西打=花茶>泡泡水>淡糖水>漂白水>冰水>濃鹽水>淡鹽水>蛋白>醋>芥花油>洗碗精

四. 結果分析:

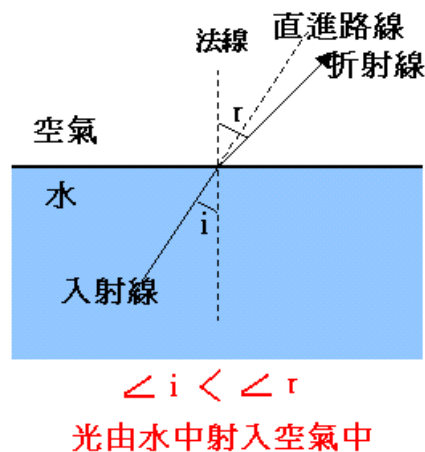
1.由結果可以看出，不同的溶液(介質)，需要加入的量不同，即折射率不同。以下是一些介質對光的折射率:

物態	介質	折射率
固體	瑪瑙	1.55
	鑽石	2.42
	玻璃	1.50
	塑膠	1.3~1.4
	冰	1.30
液體	苯	1.50
	四氯化碳	1.46
	乙醇(酒精)	1.36
	甲醇(木精)	1.33
	水(20°)	1.33
氣體	空氣(0°C)	1.00029

(資料來源: 建中網站 <http://www.ck.tp.edu.tw/~pxhuang/lecture/Geo-light-refraction.ppt>)

2. 愈黏稠的液體，如洗碗精、蛋白和芥花油，所需加入的量較少。由此可知，光在黏稠的液體中行進速度較慢，折射角較大，所以不需要加入太多的量，即可看到硬幣全部。

光從速率慢的水進入速率快的空氣中後，光的行進方向會偏離法線，折射角(r)大於入射角(i)，如下圖



(資料來源: 教育部的學習加油站 http://content.edu.tw/junior/phy_chem/pd_kc/fl/chap4/chap4-3.htm)

3. 醋也是只要加入少量就可以的介質，但它並不是黏稠的液體。在網路上沒有查到醋的折射率，但由實驗結果可得，它的折射率也是比較大的。

4. 室溫水，冰水，熱水：由結果可以看出溫度是會影響折射率的。水的溫度越高，折射率會變小，溫度越低，折射率會變大。

5. 糖水與鹽水：分別加一杯以及二杯糖及鹽，因濃度不同，結果也不同。但很奇怪的是濃度較小的，折射率較高。查了網路的資料，濃度較高，折射率較高，那應該加入的量較少才對。這個部分很奇怪，我是做完加一杯糖的實驗後，倒掉，再重調加 2 杯糖的，不知道

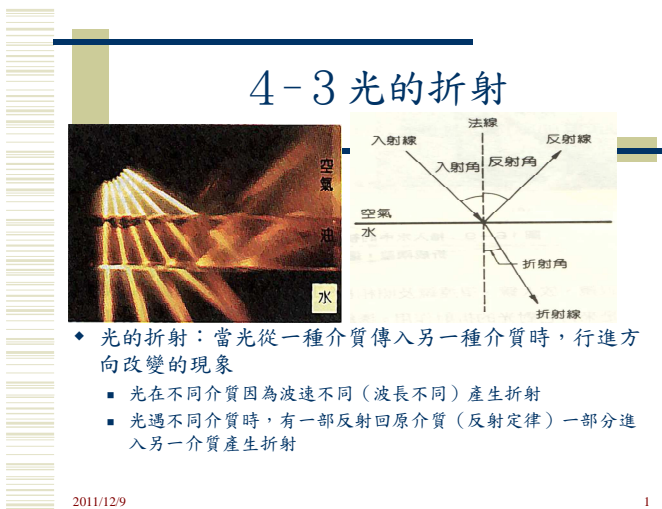
什麼原因也! (參考資料: 新竹女中 <http://project.hgsh.hc.edu.tw/DataBase/37.pdf>)

GIDS: 此研究中濃度為 5%, 50%, 差異較大較易顯現不同折射率。

不同濃度糖水折射率可能須考慮到攪拌時, 糖、鹽完全溶解, 但靜置時使得溶液溫度降低, 糖、鹽固體顆粒被釋出, 可能影響折射率。若能再試著實驗第三種濃度, 或許可以更清楚說明結果。

高愛迪斯很佩服你的推理邏輯能力!

6. 不溶於水的芥花油: 油是不溶於水的, 浮在水面上, 形成二層不同的介質, 所以會產生二次的折射。但實驗結果不能與其他的比較, 在網路上剛好找到這種情況的圖示:



- 光的折射: 當光從一種介質傳入另一種介質時, 行進方向改變的現象
 - 光在不同介質因為波速不同 (波長不同) 產生折射
 - 光遇不同介質時, 有一部反射回原介質 (反射定律) 一部分進入另一介質產生折射

(資料來源: 彼得潘理化歷險記 <http://peterpan.loxa.edu.tw/ch4light/4-3.ppt#256,1,4-3> 光的折射)

五. 結論:

我們所見各種物體, 現象等, 因為光的反射, 折射..等等, 將影像傳送到我們的眼睛。由本實驗可得知, 經由光的折射, 我們看到的物體位置以及大小會因不同介質而有所改變, 所以「眼見不一定為憑」。在實驗中我們只做了液體跟空氣不同介質所產生的折射現象, 但氣體以及固體也會因密度的不同而產生折射現象。

下列是日常生活中常見的其他折射現象:

- 1 星星閃爍不定 (是因為光線在不穩定氣流中的折射)
- 2 沙漠幻象, 海市蜃樓
- 3 夏天高速公路柏油路面上, 遠處看似有積水
- 4 由於大氣層的存在, 傍晚所看到的太陽, 是折射後太陽的像, 其位置比實際位置高; 所以夕陽無限好, 其實夕陽早已西落, 看到只是夕陽的像。

任何影響光折射的因素, 都會影我們所看到的影像。雖然我做的實驗不是很精密, 藉由網路上查到其他人的實驗結果, 也可以印證自己的實驗結果, 對光的折射有更進一步了解。