

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳創意獎

081509

爲什麼買不到活的白帶魚～浮沉水精靈告訴您！

學校名稱：新竹縣新豐鄉埔和國民小學

<p>作者：</p> <p>小五 許靖萱</p> <p>小五 陳星汀</p> <p>小五 許維新</p> <p>小五 裘雯仔</p>	<p>指導老師：</p> <p>林怡彤</p>
--	-------------------------

關鍵詞： 空氣體積、壓力、浮沈子(潛水鐘)

作品名稱 爲什麼買不到活的白帶魚？~沉浮水精靈告訴您！

壹、摘要

此實驗主要是觀察壓力與空氣體積變化的關係，進而解釋爲什麼白帶魚從深海被撈起後，魚鰾會爆裂而亡。在實驗中，我們利用浮沉子來代表白帶魚，魚鰾就是浮沉子內的空氣柱；而隨著海水不同深度的壓力變化，在實驗中改以手壓密閉寶特瓶來形成。

我們嘗試設計出簡易、方便的浮沉子製作方法，並在空氣柱上面標記刻度，量測壓力所造成的變化。實驗結果顯示當按壓寶特瓶，使瓶內壓力變大時，會造成空氣柱體積變小，使浮沉子下沉；當施力解除，壓力由大變小，空氣柱體積由小變大，浮沉子就浮起。另外，由數據分析比較浮沉子下沉前和下沉瞬間水面下的空氣柱，可以發現兩者排開水的體積相近；因此能推論出從浮沉子下沉前水面下的空氣柱，預測浮沉子下沉的空氣柱高度。

貳、研究動機

台灣是海島國家，蘊藏豐富而多元的海洋資源，而我們的家鄉又非常靠近海邊，各式各樣活跳跳的海鮮更是隨處可見。「白帶魚」長長的身體、大大的嘴巴、鱗片很細，體型實非特殊，在市場裡很常見，卻不曾見過活體在販售。老師說：「市場上買不到活的白帶魚，大部分是因爲不能承受巨大的壓力變化。」

到底白帶魚受到什麼「壓力」？而「壓力變化」又如何讓深海魚死亡？種種的疑惑，使我們決定進一步研究！記得在四年級的自然課，曾經學過的「浮力」單元，做過油土船的實驗，知道浮力的產生和排開水的體積有關，我們稱之爲「阿基米得的浮力原理」；後來，老師又介紹「浮沉子」(潛水鐘)的勞作，可以讓浮沉子聽口令似的在水中浮與沉，這有趣的玩具令我們印象深刻。這和魚兒在水中浮沉的現象相似，也是許就是解開我們疑惑的鑰匙！

參、研究目的

- 一、瞭解白帶魚(深海魚)的生存環境
- 二、使用浮沉子觀察壓力與空氣柱變化的關係
- 三、推論並證明深海魚到水平面上後死亡的可能原因

肆、研究設備及器材

吸管、膠帶、雙面膠、小型燕尾夾、小鋼珠、寶特瓶、剪刀、尺……等



伍、研究過程或方法

首先，在網路上查詢相關資料，增加相關背景知識的了解；第二，製作適合觀察空氣體積變化的浮沉子，來模擬魚身體內魚鰾隨壓力變化產生的關係；第三，進行實驗，觀察並紀錄。

一、收集資料

我們們想知道白帶魚的習性、撈上岸後死亡的可能因素，並了解海裡「壓力」的來源，以及魚兒如何水中游泳。

(一)什麼是白帶魚：

屬於帶魚科的魚類，帶魚是大家最熟悉的海產食用魚類，它不但刺少味美，而且產量豐可說是物美價廉經濟性高的魚種。在台灣全省各地沿海均有分布，……白帶魚這種體型非常特殊的魚類，游起來像體延長的鰻魚一樣，蛇行前進，但是它卻有一種有趣的行爲，那就是休息時，常頭上尾下直挺挺地懸在水層中。有關白帶魚的許多生活習性、生活史等都仍缺乏研究，目前還都是個謎。

資料來源：

社團法人台灣環境資訊協會

<http://e-info.org.tw/topic/fish/Trichiurus-lepturus/Trichiurus-lepturus.htm>

(二)為什麼市場買不到活的白帶魚？

帶魚是深水魚，……帶魚是生活在**深海裡的魚**，**水越深壓強越大所以帶魚體內的壓強和深海中的壓強相當**。當帶魚被我們捕撈上來，由於外界空氣的壓強要比帶魚體內小得多，捕網離水面時，由於空氣中的**壓力太小**，它一下子承受不了這種**壓力而使魚體內部造成致命的傷害**，如鰾的突然膨脹以致破裂而迅速死亡。

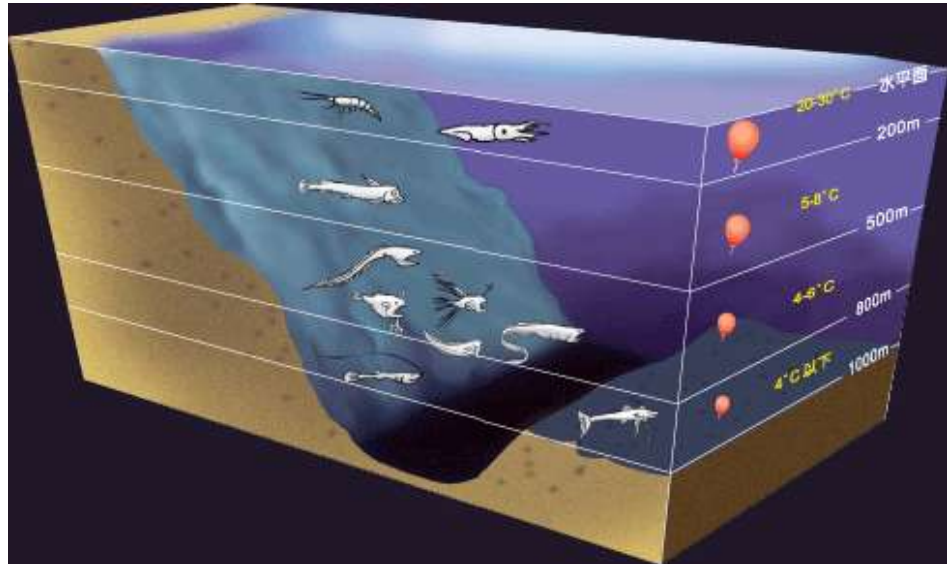
資料來源：

http://translate.google.com/translate?hl=zh-TW&sl=zh-CN&u=http://zhidao.baidu.com/question/14243340.html%3Ffr%3Dqrl&sa=X&oi=translate&resnum=4&ct=result&prev=/search%3Fq%3D%25E7%2582%25BA%25E4%25BB%2580%25E9%25BA%25BC%25E6%25B2%2592%25E6%259C%2589%25E6%25B4%25BB%25E7%259A%2584%25E7%2599%25BD%25E5%25B8%25B6%25E9%25AD%259A%26hl%3Dzh-TW%26rlz%3D1T4SUNA_zh-TW__TW264

(三)深海是個什麼樣的地方？

- 1.黑暗：太陽的光線僅能照射到海平面水深 200 公尺以內區域，200 公尺以下的光線已經非常微弱，再下降到 800 公尺可以說是一片漆黑、伸手不見五指了。
- 2.低溫：海水表面溫度隨地區與季節變化很大。深海地區由於照射不到太陽，不僅陰暗而且冰冷。台灣東北部的海平面 500 公尺以下的溫度為攝氏 6 度至 4 度，幾乎沒有季節性的變化。

- 3.壓力大：海平面的大氣壓力為 1 大氣壓 (atm)，水深每增加 10 公尺，約增加 1 大氣壓。
- 4.食物稀少：深海的食物非常稀少，食物出現的時間及地點不易預測
- 5.底質軟：大部分的深海底是軟軟的泥，很難附著。
- 6.蘊藏無數未知祕密：廣闊的深海中，蘊藏著許多人類依然陌生的生物與非生物資源，解開這些祕密對人類瞭解海洋的過去、現在與未來有相當大的幫助。



此圖在說明大洋中不同深度的水溫、壓力變化（氣球越小壓力越大）及可能出現的各種特殊生物形態。資料來源：國立海洋科技博物館
http://www.nmst.gov.tw/nmst/index_ocean/ocean_1.htm

(四) 魚兒如何在水中游泳？

魚兒魚兒水中游，游來游去真自由！小魚能在水裡上上下下的漂浮，或是一動也不動的停在水中間，牠是怎麼辦到的呢？魚能生活在比空氣中壓力還大的水裡，並且自由浮沉，是因為在牠身體的背部，緊貼在脊柱下方，有一個充滿氣體的白色長囊，那就是所謂的「鰾」。魚鰾能幫助魚在不同深度的水裡，透過它放出或吸進的氣體，來調節魚身體的比重，使牠適應周圍的水壓，就能保持靜止不動了。另外，魚會微微晃動牠身體背部的背鰭，以及臀鰭的肌肉，來防止牠東倒西搖，所以牠更能安穩地在水中優游了。魚能靜止在水中，還要靠鰓後面的胸鰭幫忙。因為鰓在呼吸時，從鰓蓋噴出的水，會產生一股將魚往前推動的反作用力，因此，牠就必須搖晃胸鰭，來抵銷這股力量，這樣牠就能停在水中不動了。資料來源：
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1205072610999>

二、研究工具「浮沉子」的製作

從所蒐集的資料發現，是「壓力」使魚體內部造成致命的傷害，如鰾的突然膨脹以致破裂而迅速死亡。實驗勞作中，「浮沉子」隨著壓力變化而浮沉，魚兒利用「魚鰾」調適周圍的水壓，兩者原理相似；我們可以以浮沉子來模擬魚身體內魚鰾。

(一) 浮沉子的觀察－發現空氣柱的變化

一開始，我們利用細吸管製作浮沉子，以燕尾夾來增加重量，在密閉的寶特瓶中，加壓使浮沉子下沉，多次反覆做的過程中，我們發現吸管内水位有變化。我們繼續嘗試使粗吸管製作浮沉子，發現此現象更為明顯；寶特瓶加壓後，浮沉子內空氣柱明顯變小。



(二)「浮沉子」實驗原型的製作步驟：

根據上面的嘗試後，我們最後以粗吸管的浮沉子來進行實驗研究，以下是製作方法：

- 1.將吸管末端壓扁並在內面黏雙面膠，把雙面膠膜撕掉，把吸管折四次後，外側再用膠帶密封。
2. 用剪刀再另一個末端剪出一個長方形缺口，並在吸管内放進一顆小鋼珠，最後用燕尾夾夾住下緣，浮沉子就完成了。
3. 將透明寶特瓶裝水，浮沉子密封的一端朝上，放進寶特後，利用手指擠壓吸管的空氣，使空氣從下方缺口跑出，可以調節浮沉子浮在水面上的高度。
4. 將瓶蓋轉緊後，用手擠壓瓶身，可以使浮沉子下沉。



(三)浮沉子製作注意事項：

1. 吸管上緣須確實密封好，否則則浮沉子下沉後因壓力變大，會使空氣從頂端跑掉；裡面的空氣變少，浮沉子就浮不起來了
2. 因為吸管材質輕，使用燕尾夾及小鋼珠等重物調節浮沉子重量，使之入水後能保持直立平衡；此步驟可以先丟入裝水的桶子裡測試，同時適當的修剪吸管的長度。
3. 吸管下緣注意不可以封死，要讓水位能夠自由上升或下降。
4. 浮沉子在水面上的空氣柱高度越多，使其下沉所需擠壓瓶身的力量就越大，引此才需要利用手指擠壓吸管內的空氣，使空氣從下方缺口跑出，來調節浮沉子浮在水面上的高度。
5. 瓶子內水裝越滿，施壓讓浮沉子沉下的力量可以越小，但不可以讓浮沉子上緣碰到瓶頂。
6. 過程中需小心不要讓瓶子橫放或倒置，否則吸管内空氣跑出去，浮沉子就浮不起來了
7. 若無施壓狀態，浮沉子已經沉入水中，則需將瓶子的水倒出，取出浮沉子，檢視原因後，重新進行放入瓶中的步驟。

(四)浮沉子內空氣柱量化方式及代號說明

1. 度量用尺：

用紙張做出刻度尺，以公分為單位，並用膠帶作防水處裡後，刻度零對齊浮沉子封口處上緣。

2. 起始條件：

浮沉子放入寶特瓶密封後，吸管上緣超出水面的刻度，在同一個實驗未施予壓力時裡應保持不變。可以當作檢驗是否有漏氣的參考。

以下列的代號表示：

a：密封後，吸管浮在水平面上的高度

a'：未施力時，吸管浮在水平面上的高度

3. 空氣體積：

浮沉子內空氣處於隔離狀態，所以，與水的交界面刻度變化可以代表裡面空氣柱體積的變化。以下列的代號表示：

b：未施力時，吸管内空氣柱高度

b'：施加壓力使浮沉子下沉至瓶底，吸管内空氣柱高度

b''：施加壓力使浮沉子不浮也不沉，吸管内空氣柱高度

4.排開水的體積：

浮沉子的浮力來自於排開水的體積，因此實驗紀錄表格中也把在水面下空氣柱的體積一同作紀錄。以下列的代號表示：

c ($=ba'$) : 未施力時，瓶中水面下吸管内空氣柱高度

c' ($=b'$) : 施加壓力使浮沉子下沉後，瓶中水面下吸管内空氣柱高度

三、實驗及觀察紀錄

從「浮沉子」實驗原型開始，在吸管旁黏貼量度尺，按照我們設定代代號作紀錄，並觀察浮沉子內空氣體積的變化。然後針對實驗後的發現進行討論，作為下一次的實驗的方向。

(一)實驗一：

1.實驗說明：

- (1)「浮沉子」：按照步驟做出「浮沉子」實驗原型。
- (2) 下沉深度：手施壓於密閉的寶特瓶，使浮沉子沉入瓶底。

2.觀察紀錄：(單位：公分)

紀錄 1-1

a=l	a'	b	b'	備註
第一次	1	7	6.4	
第二次	x			實驗無法繼續，因為浮沉子沉下去就沒浮不起來了

3.觀察發現：

- (1) $b < b'$ 。
- (2)第二次操作時 a' 無法恢復。
- (3)問題分析：仔細查看後， a' 無法恢復是因為吸管内的水的重量壓住鋼珠，使空氣柱體積無法復原。

(二)實驗二：

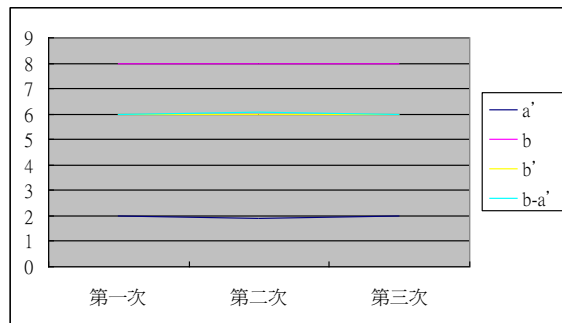
1.實驗說明：

- (1)「浮沉子」：將浮沉子實驗原型作以下修正將吸管下緣製作，剪出寬約 0.3 公分、高約 1 公分的長方形缺口，以解決實驗一的問題。
- (2) 下沉深度：手施壓於密閉的寶特瓶，使浮沉子沉入瓶底。

2.觀察紀錄：(單位：公分)

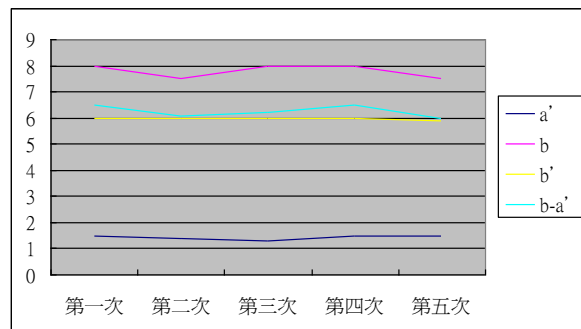
(1) 紀錄 2-1：a=2，下沉深度至瓶底

a=2	a'	b	b-a' =c	b' =c'
第一次	2	8	6	6
第二次	1.9	8	6.1	6
第三次	2	8	6	6



(2) 紀錄 2-2：a=1.5，下沉深度至瓶底

a=1.5	a'	b	b-a' =c	b' =c'
第一次	1.5	8	6.5	6
第二次	1.4	7.5	6.1	6
第三次	1.3	8	6.2	6
第四次	1.5	8	6.5	6
第五次	1.5	7.5	6	5.9



3.觀察發現：

(1) $b < b''$ 。

(2) a' 在每次施壓解除後已經可以恢復。

(3)過程中我們發現，浮沉子下沉至水底後，若繼續施予更大壓力則空氣柱會繼續變小，如此一來所記錄的 b' 的時機標準可能不一致。

(三)實驗三

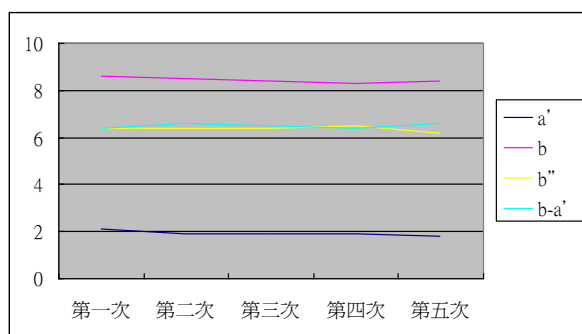
1.實驗說明：

- (1)「浮沉子」：與實驗二所使用浮沉子相同。
- (2) 下沉深度：經過操作，紀錄浮沉子在瓶子中間的時候，手所施以的壓力大小較近似，因此實驗三將紀錄下沉後空氣柱的時機，改到浮沉子不浮也不沉的時候，空氣柱的代號為 b'' 。

2.觀察紀錄：(單位：公分)

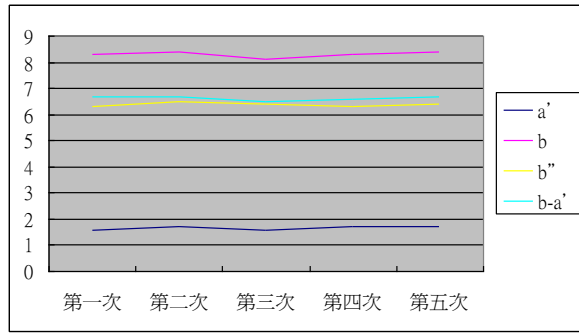
- (1) 紀錄 3-1： $a=2.1$ ，下沉深度至瓶子中間

$a=2.1$	a'	b	$b-a' = c$	$b'' = c'$
第一次	2.1	8.6	6.4	6.4
第二次	1.9	8.5	6.6	6.4
第三次	1.9	8.4	6.5	6.4
第四次	1.9	8.3	6.4	6.5
第五次	1.8	8.4	6.6	6.2



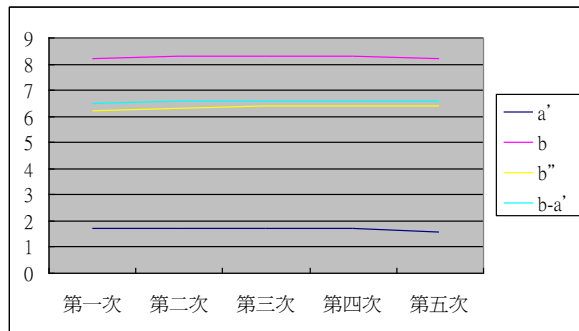
- (2) 紀錄 3-2： $a=1.6$ ，下沉深度至瓶子中間

$a=1.6$	a'	b	$b-a' = c$	$b'' = c'$
第一次	1.6	8.3	6.7	6.3
第二次	1.7	8.4	6.7	6.5
第三次	1.6	8.1	6.5	6.4
第四次	1.7	8.3	6.6	6.3
第五次	1.7	8.4	6.7	6.4



(3) 紀錄 3-3 : $a=1.7$, 下沉深度至瓶子中間

$a=1.7$	a'	b	$b-a' = c$	$b'' = c'$
第一次	1.7	8.2	6.5	6.2
第二次	1.7	8.3	6.6	6.3
第三次	1.7	8.3	6.6	6.4
第四次	1.7	8.3	6.6	6.4
第五次	1.6	8.2	6.6	6.4



3.觀察發現：

- (1) $b < b''$ 。
- (2) 各項數值量測結果越來越穩定，利於分析。
- (3) c' 略小於 c ，數值很相近。
- (4) 施力使浮沉子控制在瓶子中央，等觀察的同學紀錄刻度，十分費時費力，可以緩慢的加大施壓，最後以浮沉子開始下沉的空氣柱來取代 b'' 。

陸、研究結果

彙整以上浮沉子的實驗觀察發現，我們發現了其中空氣柱體積、壓力、浮力的關係，說明於下：

一、空氣體積與壓力的關係成「負相關」：

- (一) 浮沉子下沉時，其內空氣被水與外界隔絕，裡面的空氣沒有跑出，也沒有空氣跑進去。

- (二) 每次實驗結果都獲得 $b < b'$ 或 $b < b''$ 結果，表示隨著壓力從小變大，我們可以發現空氣柱的體積由大變小了，而當手放開，壓力從大變小，空氣柱的體積由小變大。
- (三) 綜何以上分析，空氣體積與壓力是「負相關」。

二、排開水的體積與浮力關係是「正相關」：

- (一) 從四年級學的「浮力」概念，我們知道物體浮起來時，與不浮也不沉時，浮力都是等於重量；當浮力小於重量，浮力不足以支撐重量，物體則沉到水底。
- (二) 在密閉的瓶子裡浮沉子元件的重量不會改變，所以，下沉前與浮在瓶子中間(不沉與不浮)時，兩者的浮力應該要一樣；當浮沉子已經沉到水底後，表示浮沉子所受的浮力變小。
- (三) 實驗三中，下沉前與浮在瓶子中間(不沉與不浮)時，發現 c' 與 c 數值相近，表示吸管内排開水的空氣柱體積近似；在實驗二裡，我們觀察有發現當浮沉子已經沉到水底後，繼續施予更大壓力，則空氣柱會繼續減小。
- (四) 綜何以上分析，可以發現排開水的體積與浮力關係是「正相關」。

三、運用以上兩點推論，可以利用浮沉子下沉前空氣柱排開水的體積，來預測浮沉子下沉時吸管内空氣柱的刻度。

柒、討論

一、誤差討論

(一) 浮沉子上緣結構

1. 我們曾經使用膠帶、保鮮膜，將浮沉子上緣製作平面；然而實驗的過程中發現，以此一結構在浮沉子下沉與浮起時，容易形變，因此決定用壓折方式將吸管封口。
2. 浮沉子上緣不是平面，會產生量化紀錄時，其刻度無法代表體積。
3. 實驗結果是分析體積變大或變小，所以此項誤差不影響分析結論。

(二) 鋼珠、吸管、燕尾夾的體積：

1. 根據「阿基米得原理」，浮力來自排開水的體積；因此，浮沉子除了水面下的空氣柱以外，鋼珠、吸管、燕尾夾所排開的水量也是浮力的來源。
2. 和空氣柱不同的是，鋼珠、吸管、燕尾夾的體積不會因為壓力的變化而有所改變，因此在浮力與排開水體積分析時暫時忽略不予討論。

（三）目測刻度的誤差：

1. 刻度尺在水中會比較不清楚也會影響觀察，加上浮沉子在水中會旋轉，造成目測的誤差。
2. 隨著實驗的進展，我們發展以下策略，來減少因目測產生的誤差：
 - a. 刻度尺是直接用長尺印製，增加精確性。
 - b. 利用色筆，每間隔一公分塗上不同顏色，以利觀察時區別。
 - c. 使用雙面製作，無論浮沉子轉到哪一個方向，都可以觀察。
 - d. 等待到在浮沉子靜止狀態，才作觀察與紀錄。
 - e. 觀察者的視線要與所觀察的水平面，保持同樣高度。

（四）水深壓力會增加：

1. 大海深度會造成水壓的增加，浮沉子下沉後也會受到水壓的影響。
2. 實驗中我們以手壓寶特瓶來產生壓力，即使浮沉子下沉後又增加水的壓力，也不影響實驗的結果。

二、未來可研究方向：

此次實驗研究，只能說明空氣體積與壓力的相關性，若是能將壓力在實驗中也加以量化，則兩者的關係能更加清楚。往後的實驗可以繼續朝此方向進行。

以下是將**壓力量化**的構想：

- （一）方法一：兩塊互相平行的木板夾壓寶特瓶，測量期間的距離可以當作壓力大小的指標。
- （二）方法二：把寶特瓶蓋換成軟木塞，連結針筒狀的水管，針筒推移的距離可以當作壓力大小的指標。
- （三）方法三：使用壓力測量機，連結寶特瓶，仍用按壓方式增加壓力，測試大小。

捌、結論

我們常聽大人有心理上的「壓力太大」而睡不著覺的煩惱，沒想到白帶魚會因為身體所承受的「壓力變小」而死亡！利用浮沉子的實驗我們解開了「為什麼買不到活的白帶魚？」疑惑。深海魚從深海環境被撈至到水平面上無法存活，是因為從深海的環境被捉到水平面，壓力的變化非常的巨大，使身體內空氣囊(魚鰾)的體積

也急速膨脹，使臟器破掉造成魚的死亡。

在老師的指導下，組員互相分工合作討論，經過這次的實驗研究，我們不止更了解實驗的步驟與原則，更啟發了對科學領域的嚮往，這是參加科展的最大收穫。

【評語】 081509

- (1) 作品簡單明瞭地指出水深與壓力的關係。
- (2) 可增加現場示範品，做較多種的情況的陳述。
- (3) 實務操作，順暢活潑，值得嘉許。