

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030312

魚兒魚兒迷宮游

學校名稱：雲林縣私立維多利亞實驗高級中學(附設
國中)

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 作者： 國二 林子閔 國二 簡幼君 國二 潘奕廷 | 指導老師： 鄭永森 李秉軒 |
|-----------------------------------|---------------------|

關鍵詞：記憶力、趨光習性、迷宮

摘要

本研究以選擇適當的魚種，來探討氣味、光色、群體行動、水溫、不同溶液和音頻對魚行動力的影響。我們發現，讓魚持續走在一個同樣的路線，會成為他們短暫的記憶；和大肚魚相比，螢光魚及金魚靈敏許多；飼料比保麗龍味道重，魚的反應也較顯著；在光色測試中，魚在藍色光遊得較快；魚活動雖然以群體為優先，且螢光魚的隊形都維持在一直線上，一起到終點，但是單獨一隻魚行動所費時間最少；雖然水溫度在 20°C~35°C 所花時間平均最短，但是 15°C~20°C 所費時間卻是逐次縮短；酒精對於魚活動力大幅提升。而食鹽則無太大的影響；聲波能使魚的速度大幅提升；魚的記性並不短，只要走過，也會有印象且游得越來越快。

壹、前言（含研究動機、目的、文獻回顧）

一、研究動機

偶然在網路上看見一篇笑話，小魚問大魚為什麼魚的記憶力只有 7 秒。大魚因為聽不清楚而拜託他再說一遍。小魚卻馬上忘記自己問了什麼。我想到常常在社交軟體上看「金魚腦」這種詞彙，用來形容頭腦簡單或是常常忘東忘西的人，因此我們就懷疑魚的記憶力是否真的只有 7 秒，決定設計一個迷宮，透過魚走迷宮的快慢來了解魚的記憶力。

二、研究目的

- （一）探討常見魚種以利進行實驗。
- （二）探討氣味對魚行動力的影響。
- （三）探討光色對魚行動力的影響。
- （四）探討群體數對魚行動力的影響。
- （五）探討水溫對魚行動力的影響。
- （六）探討不同溶液對魚行動力的影響。
- （七）探討音頻對魚行動力的影響。

三、文獻回顧

(一) 趨光習性：

魚類對光敏感，光可以直接影響魚類的生活方式和習性，同種的魚類在不同的環境下，對光的反應也會有差別。用光誘法捕魚時，例如槍烏賊對紫色的光線反應比其他顏色光線強烈很多，用強功率穿透性強的橙色、黃色照射水域誘集針魚，效果明顯，很快就聚集（釣友之聲，2021）。

(二) 螢光魚：

螢光魚又被稱為「基因改造寵物魚」（GM pet fish）。是利用顯微注射法，把一段構築好的外來 DNA 片段注入熱帶觀賞魚的受精卵內，再經過培育、外表篩選、DNA 檢驗、繼代培養所得到的一種特殊品系（蔡懷楨，2015）。

(三) 大肚魚：

卵胎生動物，也就是讓受精卵留在雌魚的肚子裡發育，孵化後再從雌魚的生殖孔生出來。原產於美國中部，喜歡群居於較溫暖的水域，偏肉食性，主要以水棲昆蟲為食。對環境污染耐受力強。

(四) 記憶力：

記憶可視為將外部資訊經處理後儲存於大腦內的認知過程，其透過登錄、儲存、提取等階段順序，將接受的刺激訊息轉化成固體記憶，並在需要使用時透過新舊記憶的整合而快速提取（郭子萱，2019）。

(五) 魚的聽覺：

魚除了能接收到聲音，也具備感受聲壓、粒子振動、辨別頻率和辨別方向的能力（邢彬彬，2018）。

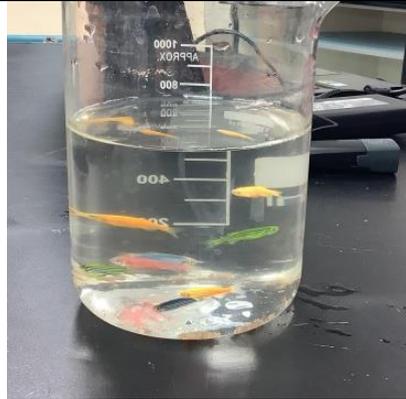
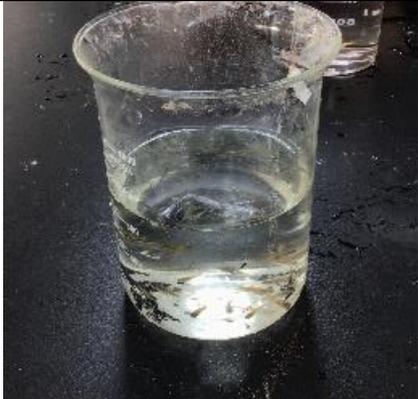
(六) 魚的感官：

斑馬魚對 4 種單色光的瞬間適應力由強到弱依次為綠光、紅光、藍光、黃光。不喜歡黃光，且對紅光、綠光表現強烈趨向性，而對藍光的喜好適中（鄧青燕等，2020）。

貳、研究設備及器材

一、實驗魚種：

各取螢光魚與大肚魚 20 隻以上。

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 螢光魚 | 大肚魚 | 金魚 |

二、材料：

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 保麗龍球 | 魚飼料 | 瓦楞板 |
|  |  |  |
| 塑膠盆 (30cm*40cm*10.5cm) | 玻璃紙(紅、綠、藍、黃) | 飲用水 (5500mL) |

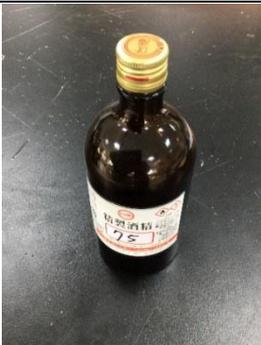
三、實驗器材：

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 溫度計 | 手錶 (計時) | 量筒 | 燒杯 |
|  |  |  |  |
| 三腳架 | 熱熔槍 | 檯燈 | 照度計 |



手機下載 (頻率發生器) APP

四、實驗藥品：

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 氯化鈉 | 乙醇 |

參、研究過程或方法

一、製作迷宮

先在草稿上設計迷宮的路線圖，並按照設計好的大小來切割瓦楞板，最後再將瓦楞板用熱熔膠黏至盆子上即可。

(一) 製作玻璃紙支架

首先，將一片瓦楞板挖空成大約 25 公分*35 公分的空洞，以支架支撐在迷宮上，使色光能順利照射在迷宮上，然後把各種顏色的玻璃紙黏貼在鏤空的瓦楞板上，最後再將檯燈固定在迷宮上即可。

(二) 製作飼料板（舊版）

將一塊瓦楞板剪成 4.5 公分*4.5 公分，並將飼料用熱熔槍黏在上面。

(三) 製作飼料袋(改良版)

將一塊約 5 公分*5 公分的紗布，包裹住飼料，並用橡皮筋綁起來。

二、選擇適當魚種進行實驗

在大約 20°C 的飲用水中，分別以訓練過的 1 隻大肚魚、螢光魚和金魚進行實驗。首先，將魚用障礙物困在起點，然後把飼料放置於終點。接下來測量從起點到終點所花費的時間，各計時三次。實驗用魚都禁食一天整。

三、探討氣味對魚行動力的影響

在大約 20°C 的飲用水中，分別以保麗龍球及飼料放在終點作為誘因，進行 2 隻螢光魚和 2 隻金魚的實驗。首先，將魚用障礙物困在起點，然後把保麗龍或者飼料放置於終點。接下來測量從起點到終點所花費的時間，各計時三次。實驗用魚都禁食一天整，且經過訓練。

四、探討光色對魚行動力的影響

在大約 20°C 的飲用水中，分別以紅、黃、綠、藍色的玻璃紙進行實驗。依序將各種顏色的玻璃紙黏貼玻璃紙支架，創造各種光色。接著，依序把訓練過的螢光魚 1、螢光魚 2 和金魚 1、金魚 2 困在起點，把飼料放置於終點。測量從起點到終點所花費的時間，各計時三次。實驗用魚都禁食一天整。

五、探討群體對魚行動力的影響

在大約 20°C 的飲用水中，分別以經訓練過的 1、2、3、4 隻螢光魚和金魚進行實驗。依序將各種數量的魚用障礙物困在起點，然後把飼料放置於終點。接下來測量從起點到終點所花費的時間，用手錶各計時三次。每次計時，皆以所有魚抵達終點所花費的時間做為標準。實驗用魚都禁食一天整。

六、探討水溫對魚行動力的影響

用 2 隻經過訓練的螢光魚和金魚，分別以 15°C~20°C、20°C~25°C、30°C~35°C 的飲用水進行實驗，首先將魚用障礙物困在起點，然後把飼料放置於終點。接下來測量從起點到終點所花費的時間，各計時三次。15°C~20°C 的冷水是利用冰塊去調整溫度，而 30°C~35°C 的熱水則是以煮沸的飲用水去調整。實驗用魚都禁食一天整。

七、探討不同溶液對魚行動力的影響

在大約 20°C 的飲用水，以食鹽水和酒精，進行 2 隻訓練過的螢光魚及金魚的實驗。在酒精實驗中，將 75% 的 10 克酒精到入 5500 克飲用水的迷宮裡攪拌均勻，再將魚用障礙物困在起點，測量從起點到終點所花費的時間，用手錶計時三次。而在添加食鹽的實驗中，則以 100 克的飲用水溶解 10 克的食鹽製成食鹽水，倒入 5400 克飲用水的迷宮裡攪拌均勻，再將魚用障礙物困在起點，測量從起點到終點所花費的時間三次。實驗用魚都禁食一天整。

八、探討音頻對魚行動力的影響

在大約 20°C 的飲用水中，首先在終點處放入手機，由低頻至高頻，分別發出 25、100、200、300、400、500、1000 Hz 的頻率作為誘因，而不放置飼料。接著，依序將訓練過後的螢光魚 1、螢光魚 2 和金魚 1、金魚 2 用障礙物困在起點，測量從起點到終點所花費的時間三次。實驗用魚都禁食一天整。

肆、研究結果

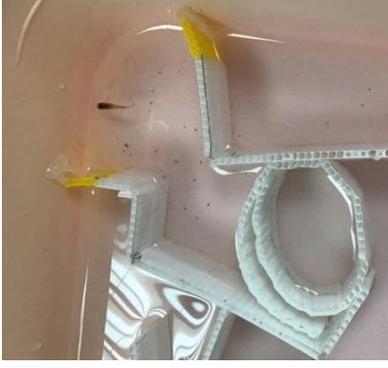


迷宮示意圖

一、選擇適當魚種進行實驗

本研究選擇的大肚魚、螢光魚和金魚的長度皆約 2~3 公分。將他們從入口放入之後，開始測試他們到達出口的時間，分別實驗三次。從迷宮起點到迷宮終點最近的距離是 83 公分。

(一) 大肚魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 時間：5 分 17 秒 | 時間：5 分 10 秒 | 時間：5 分 01 秒 |

(二) 螢光魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 時間：2 分 04 秒 | 時間：1 分 22 秒 | 時間：1 分 05 秒 |

(三) 金魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| 時間：1 分 48 秒 | 時間：1 分 30 秒 | 時間：1 分 40 秒 |

大肚魚在實驗中，三次的平均大約是 5 分 9 秒，而螢光魚則是花費約 1 分 30 秒。金魚三次平均大約是 1 分 39 秒。大肚魚在過程中頻繁地停下來，而螢光魚和金魚則較為順利，因此，我們決定選用較有效率的螢光魚和金魚，進行接下來的所有實驗。其中，這兩種魚在三次走迷宮的實驗中，皆有時間漸減的趨勢，證明了魚記憶力並不是我們想像中那麼短。

二、選用各種帶有不同氣味的物質做為研究依據

(一) 檢測魚對保麗龍球的敏感度。

將一隻螢光魚和金魚放入 20°C 的飲用水中，並將保麗龍球放在終點處計時。

1. 螢光魚

| 保麗龍球 | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | |
| 螢光魚 1 | 螢光魚 2 |
| 第一次實驗時間：5 分 21 秒 | 第二次實驗時間：2 分 13 秒 |
| 第一次實驗時間：5 分 35 秒 | 第二次實驗時間：2 分 18 秒 |
| 第一次實驗時間：5 分 47 秒 | 第二次實驗時間：2 分 10 秒 |

2. 金魚

| 保麗龍球 | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | |
| 金魚 1 | 金魚 2 |
| 第一次實驗時間：2 分 49 秒 | 第二次實驗時間：2 分 03 秒 |
| 第一次實驗時間：2 分 42 秒 | 第二次實驗時間：1 分 58 秒 |
| 第一次實驗時間：2 分 49 秒 | 第二次實驗時間：1 分 49 秒 |

(二) 檢測魚對飼料的敏感度。

將一隻螢光魚和金魚放入 20°C 的飲用水中，並將飼料板放在終點處計時。

1. 螢光魚

| 魚飼料 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | |
| 螢光魚 1 | 螢光魚 2 |
| 第一次實驗時間：2 分 04 秒 | 第二次實驗時間：1 分 25 秒 |
| 第一次實驗時間：1 分 22 秒 | 第二次實驗時間：1 分 22 秒 |
| 第一次實驗時間：1 分 05 秒 | 第二次實驗時間：1 分 20 秒 |

2. 金魚

| 魚飼料 | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | |
| 金魚 1 | 金魚 2 |
| 第一次實驗時間：1 分 48 秒 | 第二次實驗時間：1 分 49 秒 |
| 第一次實驗時間：1 分 30 秒 | 第二次實驗時間：1 分 02 秒 |
| 第一次實驗時間：1 分 40 秒 | 第二次實驗時間：0 分 55 秒 |

根據魚飼料和保麗龍球的實驗，螢光魚和金魚對保麗龍所花費時間明顯比魚飼料的實驗所花的時間長。得知魚在終點放置保麗龍球氣味的不明顯，導致效果不佳。因此，接下下來的實驗，都以魚飼料作為誘因，我們將魚放在沒放任何誘餌的容器裡，發現魚停留在原地或漫無目的的游，因此此實驗需要誘餌，才能夠引導魚往目標的地方游去。

三、選用不同玻璃紙探討光色對魚的影響

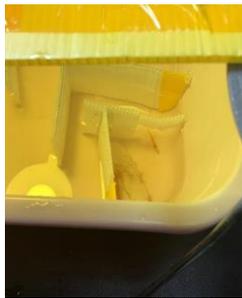
本研究採用色光三原色紅、綠、藍，並加入黃光，來探討光色對於魚的影響。我們使用了紅、黃、綠、藍四種玻璃紙分別來進行實驗。將螢光魚和金魚放置於入口處後，計時到達終點所花費的時間。分別用照度計測量各種光色下的照度：白光 1600Lux、紅光 126 Lux、黃光 795 Lux、綠光 112 Lux、藍光 478 Lux

(一) 螢光魚

1. 紅色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：3 分 11 秒 | 時間：0 分 43 秒 | 時間：1 分 47 秒 | 1 分 54 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：2 分 11 秒 | 時間：2 分 05 秒 | 時間：2 分 09 秒 | 2 分 08 秒 |

2. 黃色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：0 分 58 秒 | 時間：3 分 44 秒 | 時間：2 分 11 秒 | 2 分 18 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：2 分 23 秒 | 時間：2 分 23 秒 | 時間：2 分 19 秒 | 2 分 22 秒 |

3. 綠色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：1 分 56 秒 | 時間：1 分 53 秒 | 時間：0 分 55 秒 | 1 分 35 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：2 分 15 秒 | 時間：2 分 10 秒 | 時間：2 分 19 秒 | 2 分 15 秒 |

4. 藍色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：0 分 44 秒 | 時間：1 分 04 秒 | 時間：1 分 30 秒 | 1 分 06 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：1 分 35 秒 | 時間：1 分 36 秒 | 時間：1 分 40 秒 | 1 分 37 秒 |

(二) 金魚

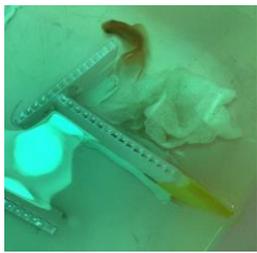
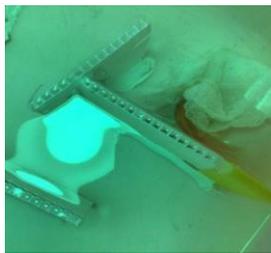
1. 紅色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：2 分 36 秒 | 時間：2 分 30 秒 | 時間：2 分 22 秒 | 2 分 29 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 48 秒 | 時間：1 分 36 秒 | 時間：1 分 34 秒 | 1 分 39 秒 |

2. 黃色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 30 秒 | 時間：1 分 22 秒 | 時間：1 分 15 秒 | 1 分 22 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 27 秒 | 時間：1 分 25 秒 | 時間：1 分 16 秒 | 1 分 23 秒 |

3. 綠色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 18 秒 | 時間：1 分 27 秒 | 時間：1 分 16 秒 | 1 分 20 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 16 秒 | 時間：1 分 18 秒 | 時間：1 分 19 秒 | 1 分 18 秒 |

4. 藍色光對魚的影響

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 32 秒 | 時間：1 分 16 秒 | 時間：1 分 16 秒 | 1 分 21 秒 |
| 金魚 2 | 時間：0 分 55 秒 | 時間：1 分 23 秒 | 時間：1 分 21 秒 | 1 分 13 秒 |

螢光魚 1：在光照下的速度，藍色光 > 綠色光 > 紅色光 > 黃色光。

螢光魚 2：在光照下的速度，藍色光 > 紅色光 > 綠色光 > 黃色光。

金魚 1：在光照下的速度，藍色光近似於綠色光 > 紅色光近似於黃色光。

金魚 2：在光照下的速度，藍色光 > 綠色光 > 紅色光近似於黃色光。

推測由於魚不喜歡黃光，且對紅光、綠光表現強烈趨向性，對藍光的喜好適中，因此反應在魚的游速上。在紅色光和藍色光照射下兩種魚速度差不多；在黃色光照射下金魚比螢光魚快；在綠色光照射下金魚比螢光魚快。

在每個實驗中，螢光魚和金魚在不同顏色的光照下所花的時間皆不同。所以這個實驗證明光線會對不同魚種的行動力造成影響，螢光魚和金魚在藍色光照下游得比較快。

四、以不同數量的魚進行迷宮實驗

(一) 螢光魚

1. 1 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  |  |  | |
| 時間：1 分 22 秒 | 時間：1 分 05 秒 | 時間：1 分 18 秒 | 1 分 15 秒 |

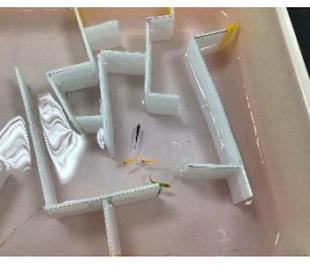
2. 2 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  |  |  | |
| 時間：2 分 21 秒 | 時間：1 分 58 秒 | 時間：2 分 20 秒 | 2 分 13 秒 |

3. 3 隻魚

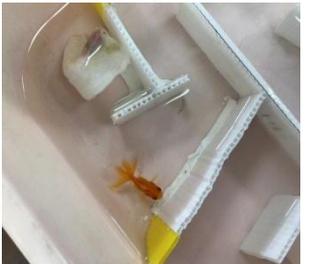
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  |  |  | |
| 時間：2 分 46 秒 | 時間：2 分 45 秒 | 時間：2 分 36 秒 | 2 分 42 秒 |

4.4 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  |  |  | 平均 |
| 時間：2分35秒 | 時間：1分44秒 | 時間：2分00秒 | 2分06秒 |

(二) 金魚

1. 1 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  |  |  | 平均 |
| 時間：1分48秒 | 時間：1分30秒 | 時間：1分40秒 | 1分39秒 |

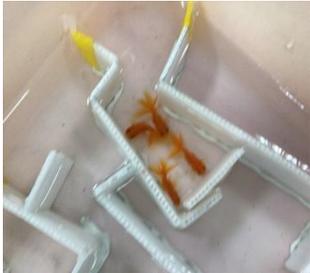
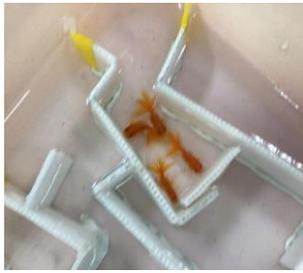
2. 2 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  |  |  | 平均 |
| 時間：2分40秒 | 時間：2分32秒 | 時間：2分36秒 | 2分36秒 |

3.3 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  |  |  | |
| 時間：1 分 46 秒 | 時間：1 分 57 秒 | 時間：1 分 17 秒 | 1 分 40 秒 |

4.4 隻魚

| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  |  |  | |
| 時間：1 分 33 秒 | 時間：1 分 39 秒 | 時間：2 分 27 秒 | 1 分 53 秒 |

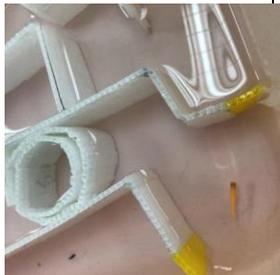
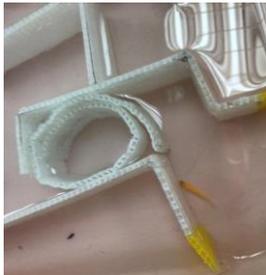
我們發現無論是單獨一隻螢光魚或是單獨一隻金魚游的速度都比群體行動還快。我們在做實驗時會把上一次實驗的魚用到下一個實驗中，我們發現第一次實驗的那隻魚總是會先游到終點，我們推測魚的記憶力是可以訓練的。

五、調整水溫並觀察其影響

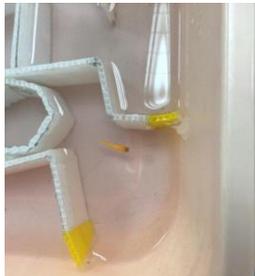
本研究採用台灣春、夏、秋等季節的平均溫度，來對螢光魚和金魚製作迷宮試驗。將魚從入口處放下後，計時到達終點的時間。

(一) 螢光魚

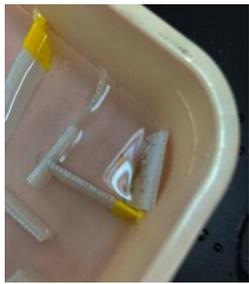
1. 15°C~20°C

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：2 分 26 秒 | 時間：1 分 14 秒 | 時間：1 分 00 秒 | 1 分 33 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：2 分 08 秒 | 時間：2 分 16 秒 | 時間：2 分 10 秒 | 2 分 11 秒 |

2. 20°C~25°C

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：0 分 53 秒 | 時間：1 分 27 秒 | 時間：2 分 23 秒 | 1 分 34 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：1 分 25 秒 | 時間：1 分 22 秒 | 時間：1 分 20 秒 | 1 分 22 秒 |

3. 30°C~35°C

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：0 分 43 秒 | 時間：1 分 06 秒 | 時間：1 分 50 秒 | 1 分 13 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：1 分 16 秒 | 時間：1 分 36 秒 | 時間：1 分 22 秒 | 1 分 25 秒 |

(二) 金魚

1. 15°C~20°C

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 50 秒 | 時間：1 分 45 秒 | 時間：1 分 43 秒 | 1 分 46 秒 |
| 金魚 2 | 時間：2 分 06 秒 | 時間：2 分 04 秒 | 時間：1 分 32 秒 | 1 分 54 秒 |

2. 20°C~25°C

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 48 秒 | 時間：1 分 30 秒 | 時間：1 分 40 秒 | 1 分 39 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 49 秒 | 時間：1 分 02 秒 | 時間：0 分 55 秒 | 1 分 15 秒 |

3. 30°C~35°C

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 14 秒 | 時間：1 分 15 秒 | 時間：1 分 27 秒 | 1 分 19 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 31 秒 | 時間：2 分 04 秒 | 時間：1 分 56 秒 | 1 分 50 秒 |

螢光魚 1 在 30°C~35°C 水溫下游的最快，在其他兩個水溫下所花的時間則差不多；螢光魚 2 則是在 20°C~25°C 下游的最快，與 30°C~35°C 所花的時間相差不多。金魚 1 在 30°C~35°C 水溫下游的最快，在 15°C~20°C 水溫下游的最慢；金魚 2 在 20°C~25°C 水溫下游的最快，另外兩個水溫下所花的時間差不多。

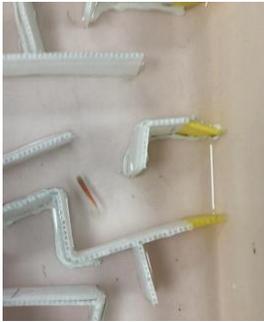
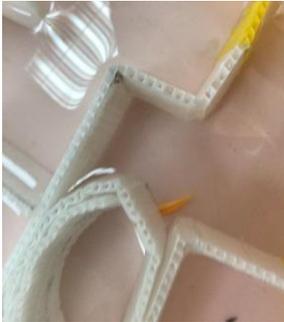
在每個實驗中，螢光魚和金魚在不同溫度下所花的時間皆不同。所以這個實驗證明溫度會對不同魚種的行動力造成影響。

六、添加不同溶液對魚行動力的影響

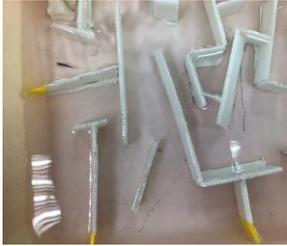
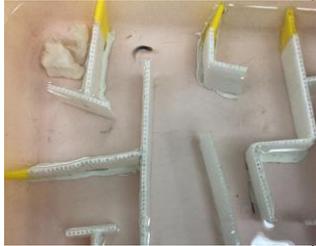
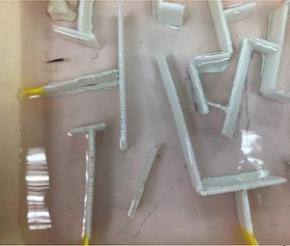
本研究皆採用中性溶液來測試。分別是市售濃度 75% 的酒精和食鹽，兩者與水的比例皆為 10 克溶質：5500 克溶劑。將魚從入口放下後，開始計時到達出口的時間。

(一) 螢光魚

1. 添加酒精：以下皆為魚到達出口的照片。

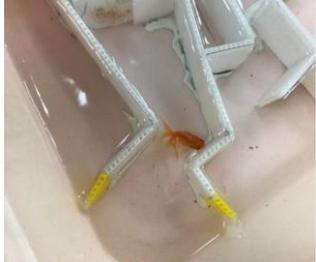
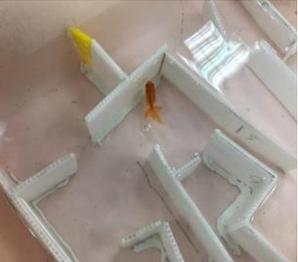
| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：0 分 35 秒 | 時間：0 分 43 秒 | 時間：0 分 29 秒 | 0 分 36 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：1 分 18 秒 | 時間：1 分 21 秒 | 時間：1 分 19 秒 | 1 分 19 秒 |

2. 添加食鹽：以下皆為魚到達出口的照片。

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 螢光魚 1 | 時間：2 分 14 秒 | 時間：2 分 05 秒 | 時間：1 分 10 秒 | 1 分 50 秒 |
| 螢光魚 2 | 時間：1 分 21 秒 | 時間：1 分 22 秒 | 時間：1 分 26 秒 | 1 分 23 秒 |

(二) 金魚

1. 添加酒精：以下皆為魚到達出口的照片。

| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 18 秒 | 時間：1 分 14 秒 | 時間：1 分 10 秒 | 1 分 14 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 14 秒 | 時間：1 分 17 秒 | 時間：1 分 31 秒 | 1 分 21 秒 |

2. 添加食鹽：以下皆為魚到達出口的照片。

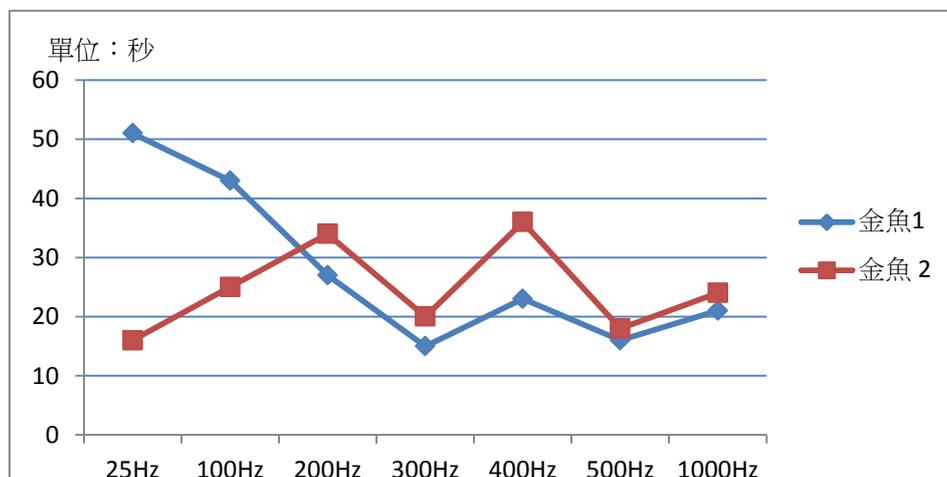
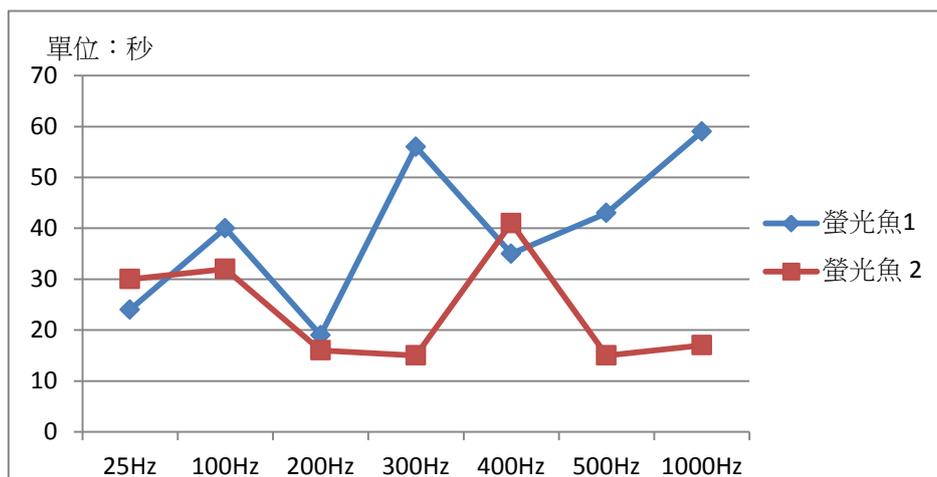
| | 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| |  |  |  | |
| 金魚 1 | 時間：1 分 23 秒 | 時間：1 分 30 秒 | 時間：1 分 28 秒 | 1 分 27 秒 |
| 金魚 2 | 時間：1 分 34 秒 | 時間：1 分 34 秒 | 時間：1 分 32 秒 | 1 分 33 秒 |

螢光魚和金魚在添加酒精的迷宮裡游得較快，螢光魚 1 和螢光魚 2 在酒精的實驗中所花的時間比金魚 1 和金魚 2 短。透過此實驗，我們得知螢光魚和金魚在添加酒精的迷宮裡皆游得比較快，證明酒精對魚的刺激比食鹽大。

在每個實驗中，螢光魚和金魚在不同溶液下所花的時間皆不同。所以這個實驗證明溶液會對不同魚種的行動力造成影響。

七、探討音頻對魚行動力的影響

本實驗利用手機下載頻率發生器應用軟體，分別發出各頻率的聲波，做為引導魚抵達終點的誘因，再分別測量所花時間。每個頻率皆進行過四次實驗，經過平均後，整理數據做成以下之折線圖。



螢光魚 1 在放出 200Hz 的情況下游得較快；螢光魚 2 則是在放出 300Hz 跟 500Hz 的情況下游得較快。金魚 1 在放出 300Hz 的情況下游得較快；金魚 2 則是在放出 25Hz 的情況下游得較快。各頻率之間的規律並不明顯，但如果與不發出聲波的實驗相比，時間卻大幅縮短。皆在 1 分鐘內完成實驗。

在音頻的實驗中，雖然在少部分的時候他們會亂跑。我們發現螢光魚和金魚在游過幾次後，會一直沿著同一路線到達終點，因此我們認為魚兒可能因為游過多次而產生記憶。金魚大部分由低頻到高頻呈現時間差距越來越小的趨勢。

伍、討論

經過這次的實驗，魚其實就像人類，同樣也會被各種因素影響。而且，魚的記憶也沒有像網路上所說，只有 7 秒，如果讓魚持續走在一樣的路線，這就會成為他們短暫的記憶。以下是我們在此次實驗中所遇到的困難與應對方式。

- 一、尚未完成所有實驗的魚曾經因為死掉，而引發實驗結果不準確的可能性，因此我們便選擇將實驗從頭到尾重新做一遍，確保數據的精確性。在我們做實驗的過程中，就大約有十幾隻魚死去。
- 二、魚在走迷宮的過程中偶爾會站在原地不動，而延誤時間（大約 10 秒鐘），我們便使用竹筷驅趕來解決。
- 三、天然因素造成每次實驗皆有誤差，例如水溫不同、魚的體力狀況也不一……等。為了盡可能減少不必要的偏差，我們會不時檢查水溫是否符合實驗要求，並確認魚走迷宮的狀況。
- 四、每次實驗測量的時間也會因為人為因素導致誤差的出現。因此，每項實驗我們都會相隔大約一分鐘的準備時間，再接續計時。
- 五、在魚群數較多的實驗中，因為迷宮路寬的影響，魚群沒辦法在同一時間點出發。這時候，我們便使用瓦楞板將起點處的空間壓縮，強迫魚群維持在一直線上，不過，這也同時造成魚群在起點處因為恐懼，而游得更加快速。

- 六、起初，我們是使用瓦楞板來裝載飼料，並用熱熔膠固定在瓦楞板上，放置終點，導致氣味不夠明顯，使實驗無法順利進行。所以之後，就改以紗布來包住魚飼料，實驗也確實變得更順利。
- 七、由於發出聲波的儀器是使用手機來代替，因此數據會有些許誤差。
- 八、由於實驗要花費很多課餘時間，能夠使用的時間也有所限制，因此實驗的魚種與實驗次數較少，導致數據有不準確的可能性存在。未來，或許能夠更加廣泛的去做延伸。
- 九、無法得知魚能夠抵達終點，到底是因為真的被吸引至終點，產生了記憶，或者只是湊巧抵達。不過在實驗中，確實也有記憶力的存在，每當魚抵達終點，便會自動返回至起點處。
- 十、實驗中只探討酒精與食鹽對魚行動力的影響，並未比較其濃度大小對其行動力的影響，或許到某一個濃度的酒精會激發魚的游速，未來，或許能夠更加廣泛的去做延伸。

陸、結論

- 一、和大肚魚相比，螢光魚和金魚靈敏許多，無論在走迷宮的行動力，或者對氣味的反應都比較顯著，較適合做為本實驗的對象。
- 二、氣味對魚的影響力非常大，即使在迷宮裡，隔了好幾道牆，也能夠察覺到位置。因此，在引誘魚的情況下，使用味道較重的，通常效果也會更好。
- 三、不同光色對魚也會造成影響，根據實驗數據顯示，魚在藍色光的實驗中所花時間較短。
- 四、即使在陌生的環境中，魚依舊會以群體為優先。在實驗的大部分時間，螢光魚的隊形都維持在一直線上，只要首隻魚到達終點處，就會回頭和其他魚會合，帶領大家依序走到終點；但是還是以單獨一隻魚所花的時間最短。
- 五、根據實驗，溫度在 20°C~35°C 的環境中，螢光魚和金魚所花的平均時間較少，是比較適合魚游泳的溫度範圍。
- 六、螢光魚和金魚皆在添加酒精的水溶液中游得較快。因為接觸到含有酒精的水以後，活動性將因而大幅提升。食鹽則較為緩和，並無太大的影響。
- 七、魚的記性並不短，只要走過，也會有印象，因而游得越來越快。

八、整體而言，各頻率之間的規律並不明顯，但如果與不發出聲波的實驗相比，時間卻大幅縮短，且皆在 1 分鐘內完成實驗。

柒、參考文獻資料

一、魚和環境的關係，光對魚的影響,趨光習性，2021-01-10，釣友之聲，人人焦點網站
<https://ppfocus.com/0/faae9b7f1.html>

二、蔡懷楨，2015-07-07。基因改造科技：基因轉殖螢光魚—魚躍龍門。科技大觀園：
<https://reurl.cc/n148Nn>

三、生態小百科動物篇—大肚魚，1984-03-01。小牛頓第 1 期。

四、郭子萱，2019-06-08。急性有氧運動介入對 ADHD 兒童抑制控制能力與記憶力之影響。
臺北市立大學學術論文。

五、邢彬彬，2018。魚類聽覺能力研究（博士論文，上海海洋大學）。

六、鄧青燕，盧克祥，錢衛國，王偉傑，戴明雲，2020。單色光對斑馬魚趨光行為的影響。
Journal of Guangdong Ocean University。

捌、後續展望

經過這次的實驗，我們發現，魚通常會跟著群體一起行動，除了有些時候魚會待在原地，而影響實驗數據，或是因為我們做的迷宮規格較小，造成魚群沒辦法在同一時間點出發，希望日後可以採用不同規格的魚缸來分析，或製作不同的迷宮來比較，研究對象可選擇海水魚或其他身型較大的淡水魚來研究。在溶液部分，可以再增加酸性水溶液的測試，只是要考慮到魚是否可以適應。魚其實就像人類一樣，也會因為各種因素，而遭受影響，所以我們應該更深入的去理解他們，才不會造成莫大的誤會，希望未來還能延續這個實驗。

【評語】 030312

本研究探討主題有趣，以大肚魚、螢光魚和金魚為材料，探討氣味、光色、群體行動、水溫、不同溶液和音頻對魚行動力的影響，發現讓魚持續走在一個同樣的路線，會成為他們短暫的記憶。即便如此，本研究架構仍有數點可以進行改善，相信會讓研究成果更為完整。建議如下所述：

1. “選用各種帶有不同氣味的物質做為研究依據”的表格數據標示應該有錯誤，舉例而言，在保麗龍球的敏感度測試中，使用螢光魚1，其下方數據應該是第一次、第二次、第三次實驗，而非現在所標記的全都是第一次實驗時間。因為在這章節的標示都有誤，所以也顯示出研究者應要仔細且正確紀錄之實。
2. 實驗動物隻數過少，缺乏代表性。
3. 整體的實驗設計原意非常具有創意，但在實驗細部規劃卻不清楚，對於動物批次與使用次數等等也都會影響到觀測結果。
4. 各種操縱變因，例如水溫、鹽分、酒精等等，的實驗目的為何？應要有合理且清楚的陳述。
5. 未來對於單獨個體與群體行動的差異性，可以多深入探討。

作品簡報

中華民國第62屆中小學科學展覽會

魚兒魚兒迷宮游

組別：國中組

科別：生物科

研究背景及目的

- 「金魚腦」這詞彙，常用來形容頭腦簡單或是常常忘東忘西的人。
- 我們懷疑魚的記憶力是否真的只有7秒？
- 決定設計一個迷宮，透過魚走迷宮的快慢來了解魚的記憶力。

魚是否也具有
記憶力？

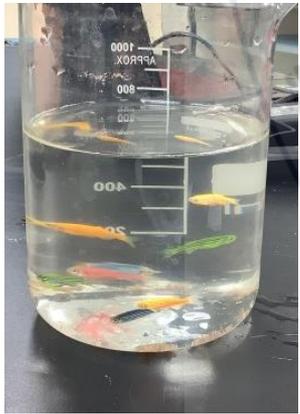


圖1:螢光魚



圖2:金魚



圖3:大肚魚

魚種

螢光魚

金魚

大肚魚

氣味

光色

群體數

溫度

溶液

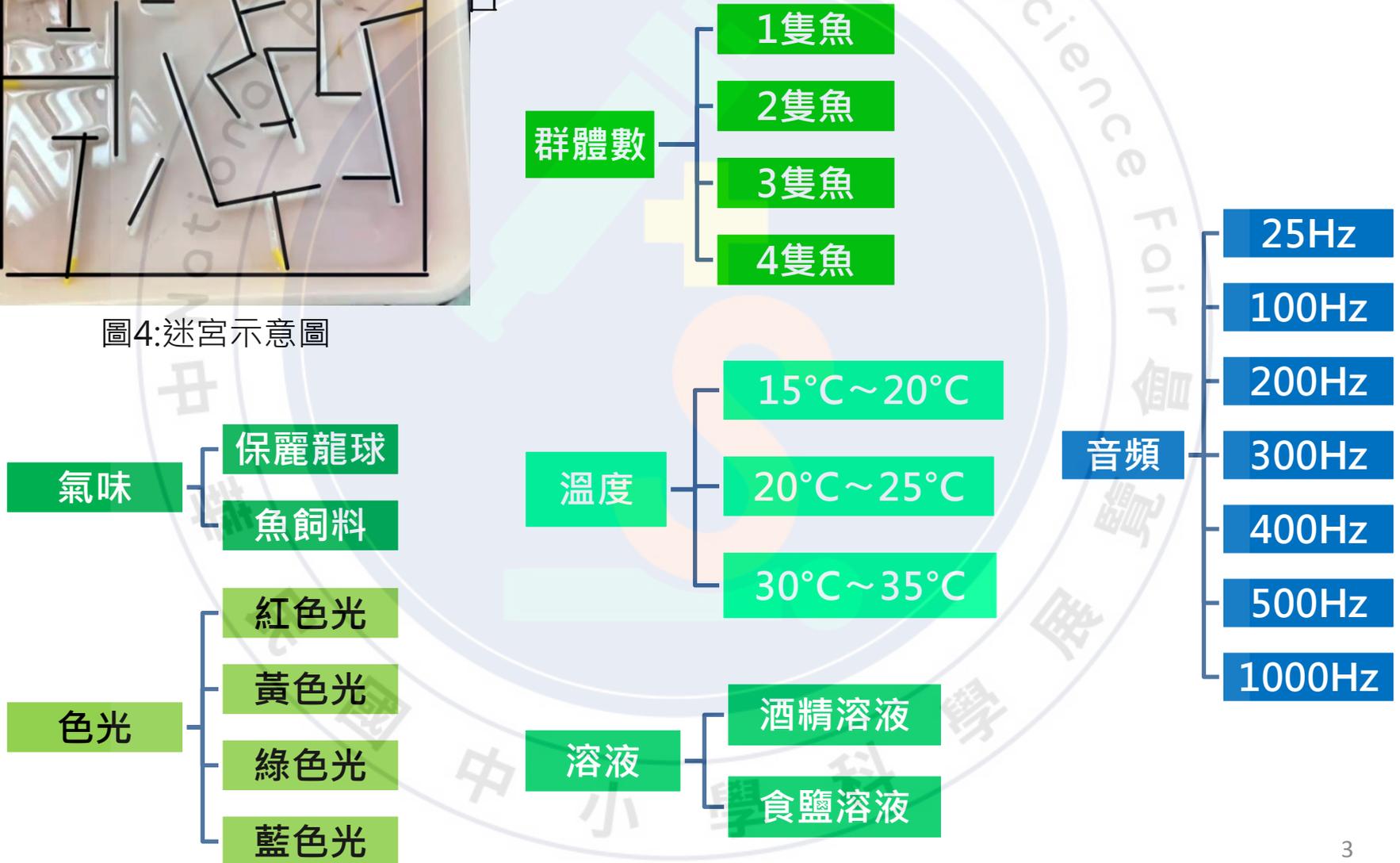
音頻

變因

研究問題與方法



圖4:迷宮示意圖



選擇適當魚種進行實驗

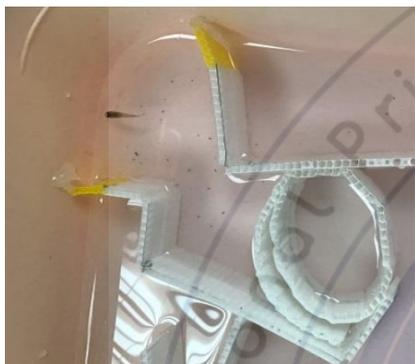


圖5:大肚魚

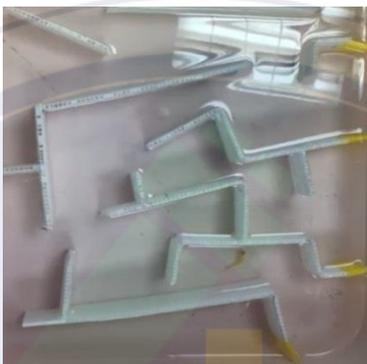


圖6:螢光魚



圖7:金魚

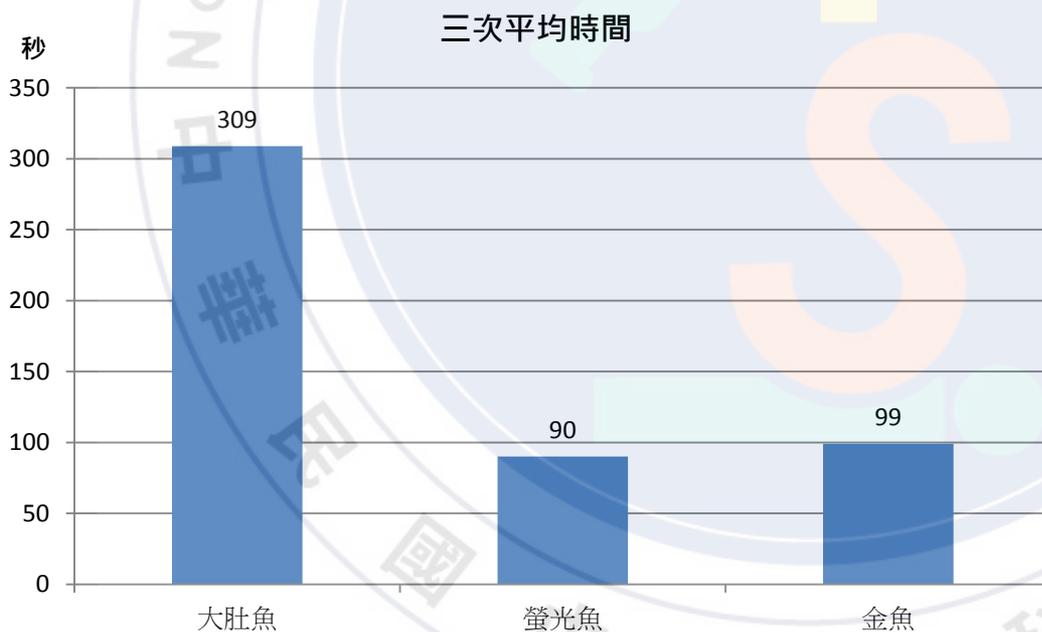


圖8:三種魚所花費時間

- 三種魚所花時間，以螢光魚最少，金魚次之，大肚魚最多。
- 我們決定選用較有效率的螢光魚和金魚，進行接下來的所有實驗。

選用不同氣味的物質做研究

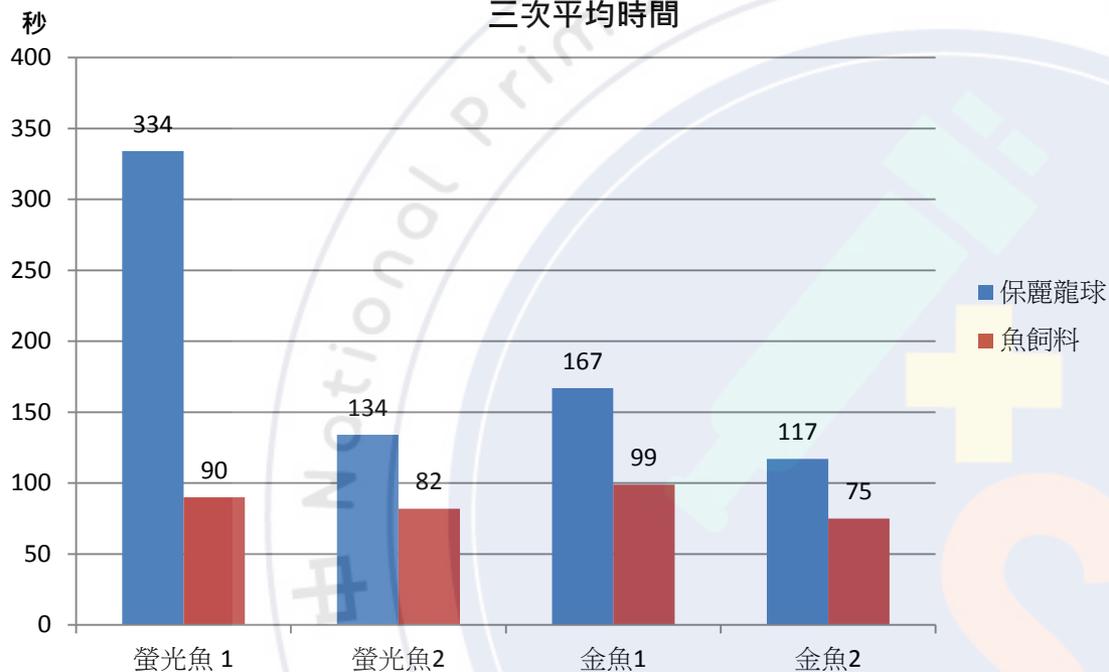


圖9:螢光魚與金魚對不同氣味所花費時間

- 螢光魚和金魚對保麗龍所花費的時間明顯比魚飼料所花費的時間長。
- 接下來的實驗，都以魚飼料作為誘因。
- 我們將魚放在沒放任何誘餌的容器裡，發現魚停留在原地或漫無目的游。
- 因此實驗需要誘餌，才能引導魚往目標地方游去。

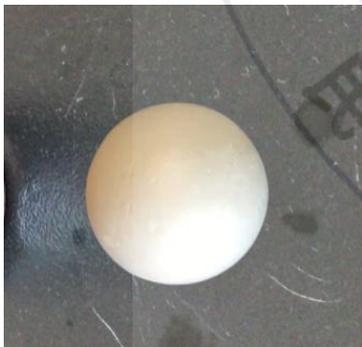


圖10:保麗龍球



圖11:魚飼料

選用不同玻璃紙探討光色對魚的影響

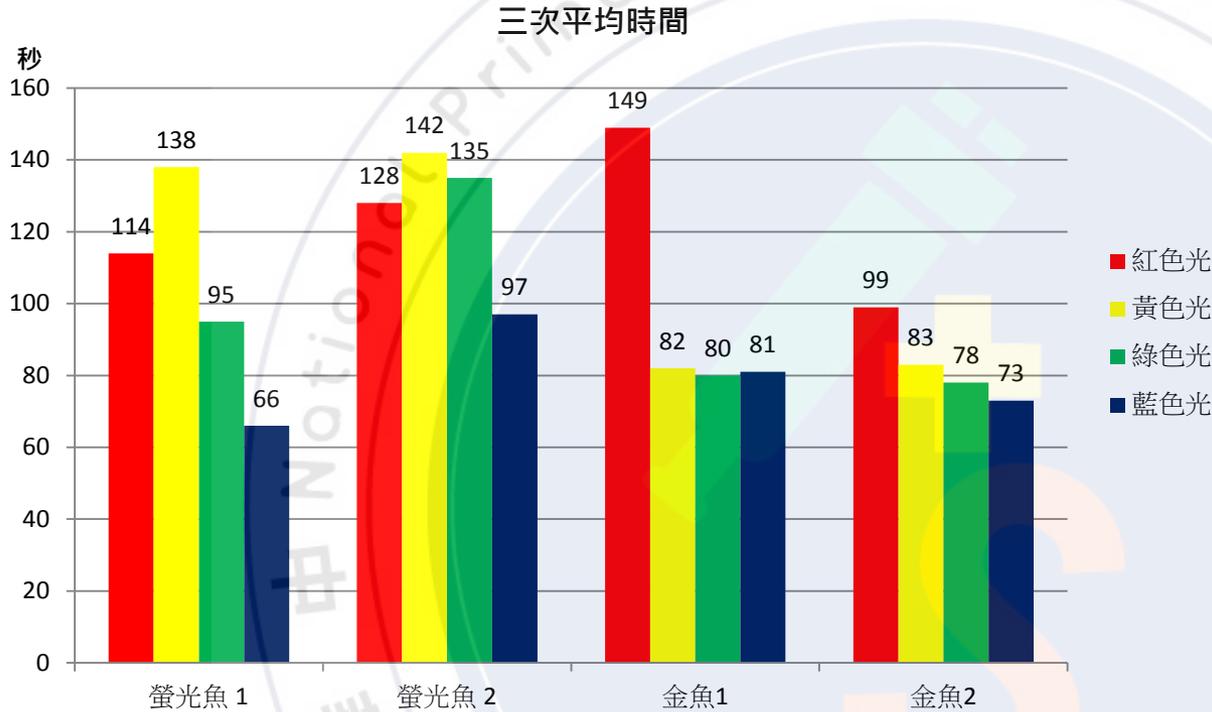


圖12:螢光魚與金魚對不同光色所花費時間

螢光魚1：
在光照下的速度，藍色光 > 綠色光 > 紅色光 > 黃色光。

螢光魚2：
在光照下的速度，藍色光 > 紅色光 > 綠色光 > 黃色光。

金魚1：
在光照下的速度，藍色光近似於綠色光 > 黃色光 > 紅色光。

金魚2：
在光照下的速度，藍色光 > 綠色光 > 黃色光 > 紅色光。



圖13:創造紅色光



圖14:創造黃色光



圖15:創造綠色光



圖16:創造藍色光

不同數量的魚進行迷宮實驗

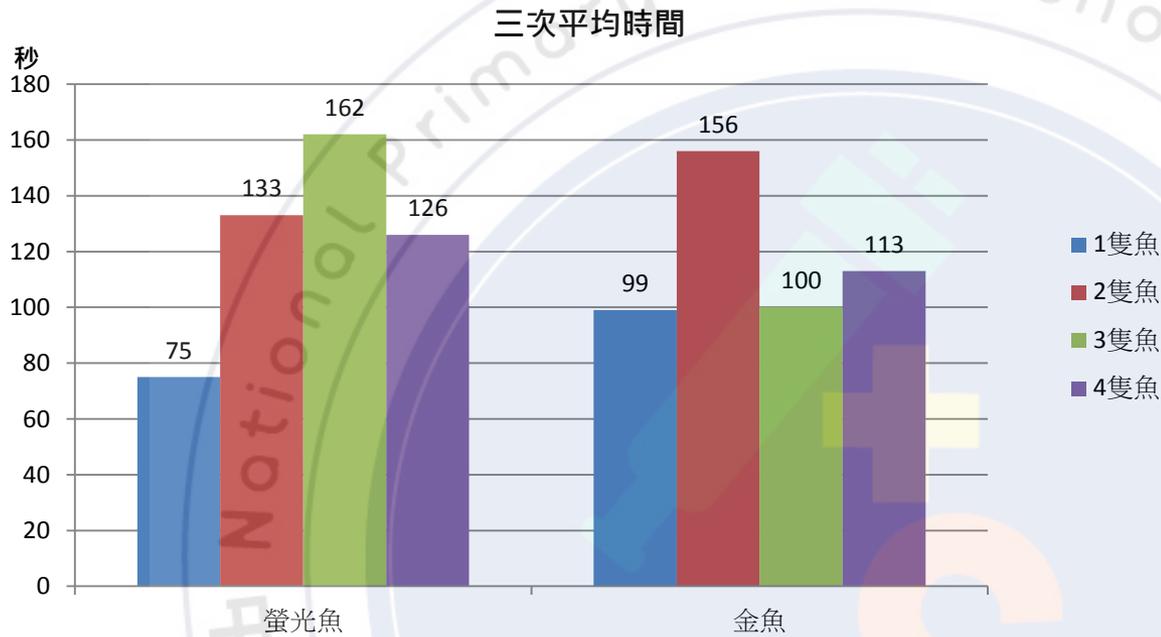


圖17:不同數量的螢光魚與金魚所花費時間

- 無論是單獨一隻螢光魚或是單獨一隻金魚游的速度都比群體行動還快。
- 我們會把上一次實驗的魚用到下一個實驗中，發現第一次實驗的那隻魚總是會先游到終點。
- 我們推測魚的記憶力是可以訓練的。



圖18:一隻魚



圖19:兩隻魚



圖20:三隻魚



圖21:四隻魚

調整水溫並觀察其影響

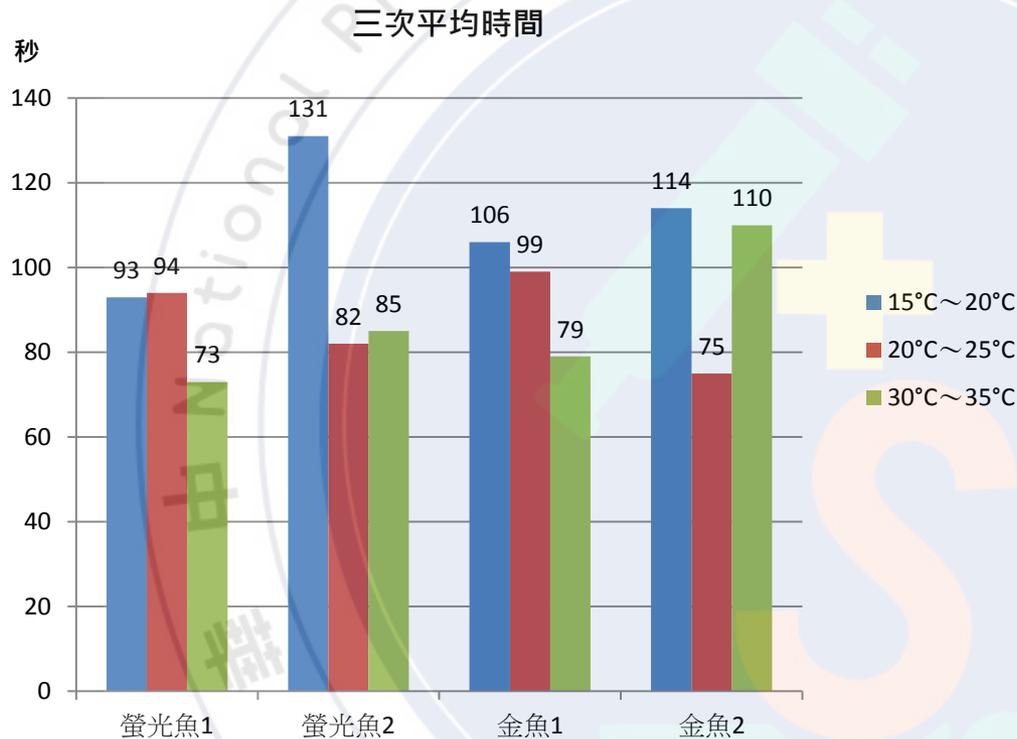


圖22:螢光魚與金魚對不同水溫所花費時間

螢光魚1：

在30°C~35°C水溫下游得最快，在其他兩個水溫下所花的時間則差不多。

螢光魚2：

則是在20°C~25°C下游得最快，與30°C~35°C所花的時間相差不多。

金魚1：

在30°C~35°C水溫下游得最快，在15°C~20°C水溫下游得最慢。

金魚2：

在20°C~25°C水溫下游得最快，另外兩個水溫下所花的時間差不多。

添加不同溶液對魚行動力的影響

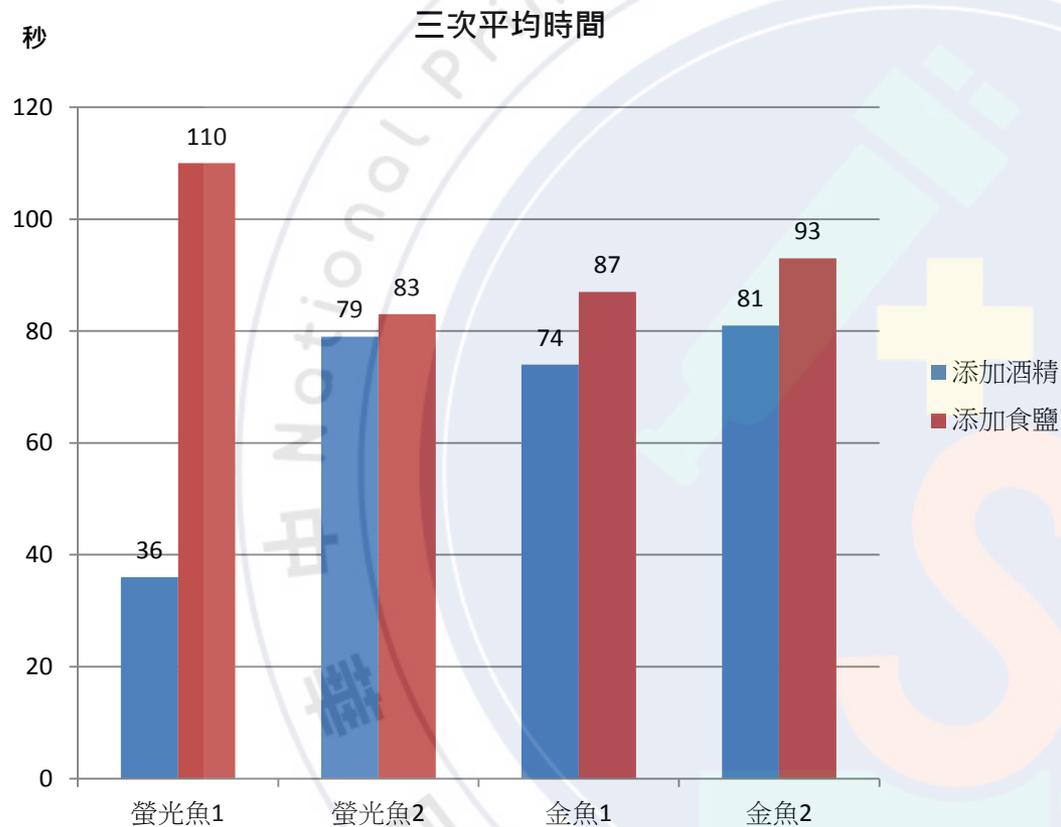


圖23:螢光魚與金魚對不同溶液所花費時間



圖24:添加酒精

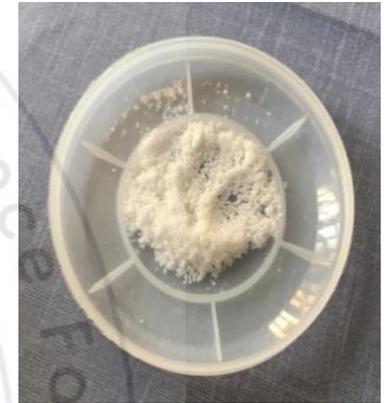


圖25:添加食鹽

- 我們得知螢光魚和金魚在添加酒精的迷宮裡皆游得比較快。
- 證明酒精對魚的刺激比食鹽大。

探討音頻對魚行動力的影響

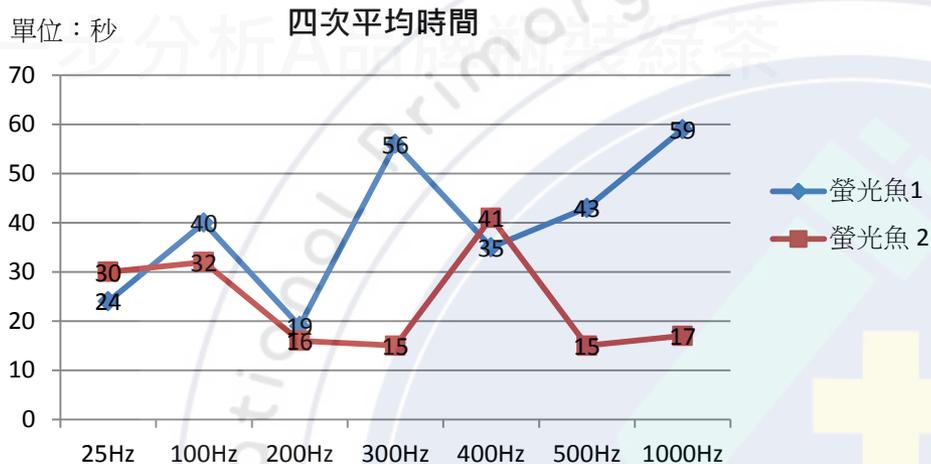


圖26:螢光魚在不同音頻所花費時間

螢光魚1：
在放出200Hz的情況下游得較快。

螢光魚2：
在放出300Hz跟500Hz的情況下游得較快。

金魚1：
在放出300Hz的情況下游得較快。

金魚2：
在放出25Hz的情況下游得較快。

➤ 各頻率之間的規律並不明顯。

➤ 如果與不發出聲波的實驗相比，時間大幅縮短，且皆在1分鐘內完成實驗。



圖27:金魚在不同音頻所花費時間

討論

魚死掉

重做

瓦楞板包飼料

紗布包飼料

魚不動

竹筴驅趕

記憶力

自動返回起點

誤差

檢查

探討

濃度大小

結論與後續展望

結論

螢光魚和金魚較靈敏

藍色光實驗所花時間較短

依舊以群體為優先

單獨一隻魚所花的時間最短

20°C~35°C的環境所花時間較少

添加酒精的水溶液游得較快

只要走過，時間越來越短

發出聲波的實驗皆在1分鐘內完成

後續展望

採用不同規格魚缸

製作不同迷宮

選擇海水魚

選擇體型較大淡水魚

再增加其他水溶液測試