

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：晦跡韜「光」

一、摘要：

這次我們選擇的主題是生物發光，因為這便是台灣獨特的風景，媽祖的藍眼淚是風靡全球的景點之一，對我們來說為何海中生物會發光一事感到非常好奇，所以我們決定借這個機會探究一番，在這次研究中我們探討了四個大問題，分別含括了發光原因、環境、和發光顏色。現在發光生物也是許多科學家用來追蹤病毒等物品最好的工具，可以說他們在科學界扮演非常重要的角色，所以我們決定稱這個機會去深入了解牠們。

二、探究題目與動機

在網路上時常聽到媽祖的藍眼淚時覺得非常稀奇，當看到照片時更是驚豔，那一大片海域被點綴得像星河一樣，我們就非常好奇是什麼造成藍眼淚那麼漂亮的風景？世界上有那些跟他們一樣？後來也聽到在開普頓(Cape Town)有一樣的奇景，便更加好奇。後來經過查詢才得知這是因為這些是隸屬於生物發光(bioluminescence)下的植物，每種會發光的生物在發光的原理上都有一些的不同，由於有些度假勝地便是利用發光生物來吸引觀光客，我們便更加想知道他們背後的科學和它們與海洋的連結。我們希望藉由簡單的實驗來探討發光的原理，更清楚瞭解為許多度假勝地帶來觀光客的功臣，和海洋美麗的一面。

三、探究目的與假設

期望能夠驗證生命體發光的原因：

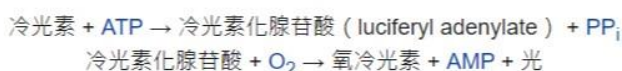
- (1) 生命體內含有螢光素，藉由特定條件所引發
- (2) 經由能量的轉換，產生發光現象的出現
- (3) 為了要與光進行作用，聚集在陽光、氧氣較充足的淺海地區
- (4) 某種環境下，波長受到影響，導致出現不同顏色的光

四、探究方法與驗證步驟

一、生命體內含有螢光素，藉由特定條件所引發

二、經由能量的轉換，產生發光現象的出現

(1) 冷光素酶是自然界中能產生生物發光的酶的統稱。在沒有此酶之下，與氧氣的反應速率極為緩慢，而鎂、錳離子的存在也可以加速反應。當然，此酶在不同溫度、pH 值下會有不同的活性，經過研究，此酶在攝氏 20 到 25 度之間、pH 值在 7.75 時有最佳活性；且該酶的穩定性較差，對鹽度和光罩較敏感，長時間下來，能夠使酶失活。在生物體內的冷光生成反應如下：



此反應能以光的形式釋放大多數的能量，非常節省能量。冷光又名生物光，因為它發光卻不產熱，因此有了這個稱號。

(2) 生物螢光是生物體吸收低波長光並發出高波長光的現象，相反的，生物發光是在生物體內化學反應將化學能轉換為光能的現象。所有細胞從無線電磁波形式來說都會發光，只不過大多數都是肉眼不可見、無法察覺的光。而生物發光只有發出某些特定長度、頻率、亮度的光。生物體內的 ATP 與冷光素酶產生複雜氧化還原反應產生螢光，螢光素經螢光素酶和鎂、錳離子的催化下，消耗 ATP，並與氧氣發生反應，產生激發態的氧化螢光素；而當激發態氧化螢光素回到基態時，會釋放光子，根據 pH 值的不同發出不同顏色的螢光。(pH 值大於等於 7 時會發出黃綠色的光，但在酸性 pH 值下、較高溫度下或是存在重金屬情況下，發出顏色為紅色)。

三、為了要與光進行作用，聚集在陽光、氧氣較充足的淺海地區

(1) 由於探討發光生物所需要進行的化學反應牽扯到大學以上的化學與生物知識，在這裡我們只討論發光生物與太陽光是否真的有關係，並且是否與牠們聚集的地方有所影響。

(2) 由於我們假設與陽光大小有關，我們在不同天氣下分別前往了台南安平港，進行觀察。

(3) 我們發現在晴天時，藻類的確較亮，在雨天後觀察到較黯淡。

(4) 由此我們得知，發光藻類(Dinoflagellates)在不同天氣下(陽光多寡為變數時)，是有影響的。

(5) 對於牠們所生長的地方，在長榮海事博物館訪問後，我們得知，發光生體遍布各地，受到太陽和氧氣的影響不大，比方說燈籠魚等，許多深海魚皆為發光生物。

(6) 如果只論發光藻類的話，陽光和氧氣便是考量重點，我們先在 amazon.com 買下發光植物。

(7) 經過三個月的細心照顧，我們發現此植物和一般植物一樣，接偏向有光照的那一邊，這便可以說明陽光是發光植物生長的重要因素。

(8) 我們分別將植物放在深水處，可以發現原先為匍匐莖的藻類，開始往上延伸(往氧氣較足)的地方伸展。重此實驗可以得知，發光植物亦如一般植物，偏好氧氣充足的環境。

四、某種環境下，波長受到影響，導致出現不同顏色的光

(1) 由於我們猜測生物所出光的顏色和波長有關，所以我們打算利用這一點切入。我們將不同波長的可見光 (紅、橙、黃、綠、藍)分別由游泳池底往池邊照射。

(2) 由岸邊的人觀察發現波長越長的光(比如: 紅、橙、黃)能傳遞的距離相較下比較短。

(3) 接著我們由岸邊發射可見光，觀察者在水底觀察，發現結果相同，波長較短的光傳遞距離較短。

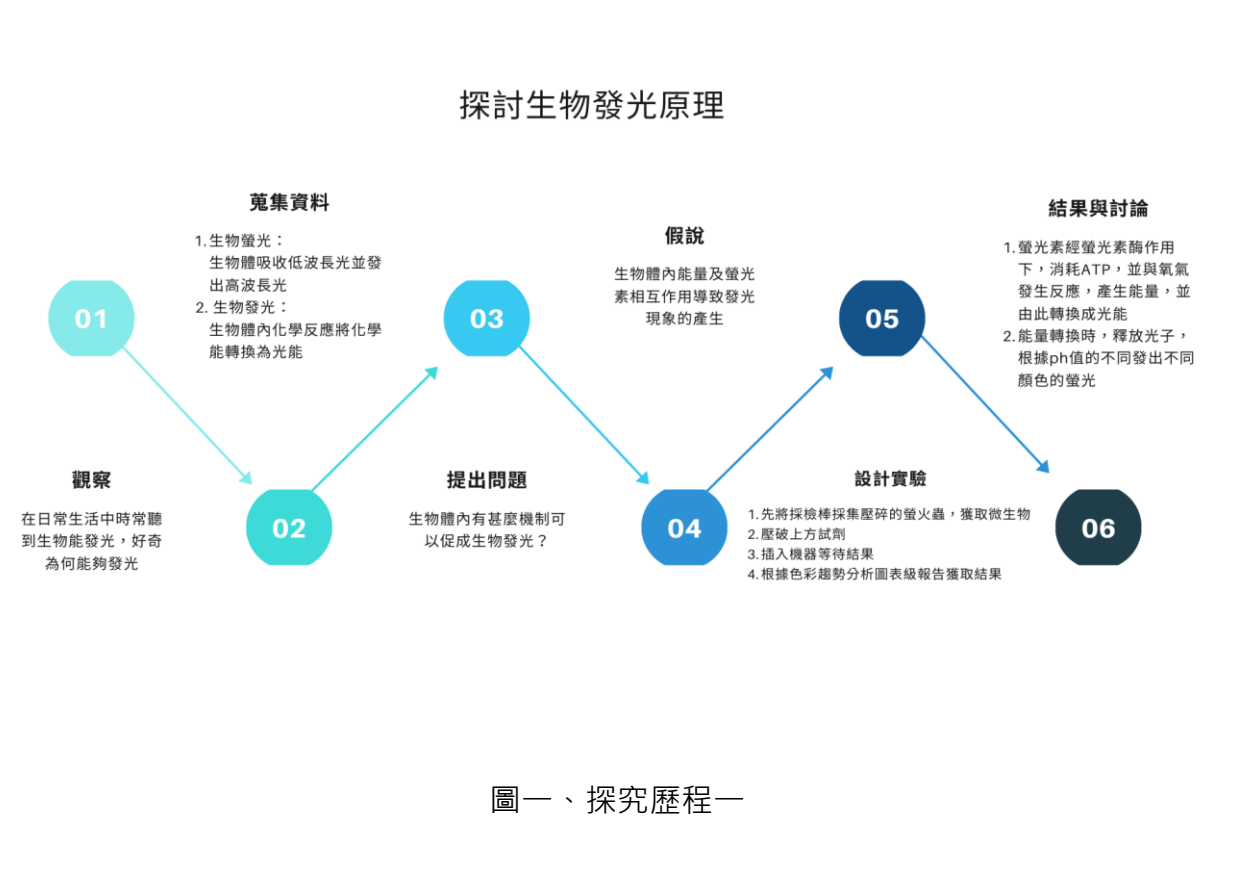
(4) 由此可以得知，我們所謂的「藍眼淚」是因為這些生物只有發出波長較長的光才可以被看見，如果發出較短波長的光，在淺水亦或是深水區都較難被看見，故選擇藍、綠色為發光顏色。

(5) 我們也可以由此實驗結果得知，因為短波長的光(比方紅光)無法深入海底，所以當太陽光照射到海洋時，紅光無法徹底射入深海處，所以許多深海魚身上帶紅光，因為對深海生物來說，紅光等於看不到，對牠們來說是最好的保護。

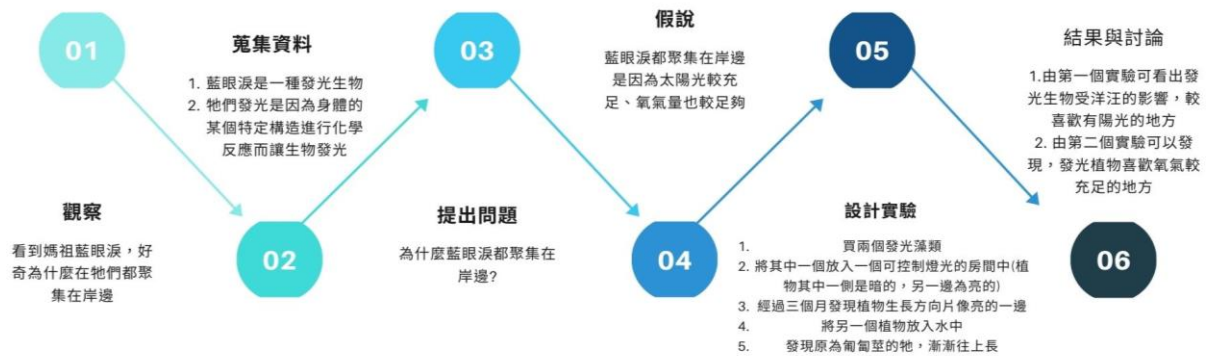
(6) 最後可由此實驗至推論得出最後的結論，生物在不同的海洋環境，因位需求不同，而演化出不同的發光顏色，其中最大的變數便是波長的長短造成的影響。

五、結論與生活應用

一、探究歷程

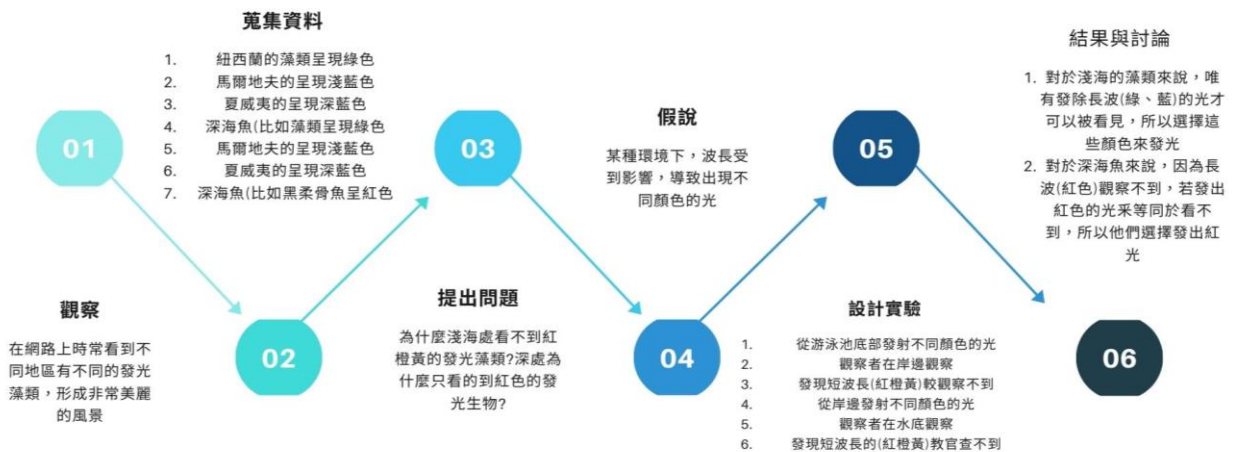


探討發光生物聚集地區和原因



圖二、探究歷程二

探討發光生物所發出光之顏色



圖三、探討歷程三

二、生活應用

1. 利用其他生物製造 GEP。
2. 利用發光基因來記錄 HIV/FIV 傳遞方向(將基因打入尚未受精的貓卵子中，最後看生出來的小貓是否帶有此基因)。

3. 利用此來研究植物學(植物學家曾利用螢光基因製造出發光菸草，如今牠們仍利用發光基因研究植物的根部系統和植物的生理週期)。
4. 改善血塊檢測(科學家將螢光基因與特殊染料結合，促使血液中的蛋白質發出紅外光，方便科學家檢測微量的血液蛋白)。
5. 說明胎盤和胎兒之間的連接(將發光基因注入老鼠身上，以更好地了解血胎盤屏障 (BPB) 的轉運功能，以及如何很好地保護胎兒免受母親攝入的物質的侵害。他們的研究還可以幫助我們了解血腦屏障的相同功能，從而防止分子輕易進入或離開大腦的血管系統)。
6. 在食物檢測上的應用[利用 ATP 生物發光技術來測試 UHT(超高溫消毒法)和延長的保質期 (ESL) 處理產品中的微生物]。

參考資料

- 1.https://www.3m.com/3M/en_US/particles/all-articles/article-detail/~is-my-food-safe-safety-microbiology-testing-advances-bioluminescence/?storyid=0429eee7-c079-4ab6-91c0-552fc8d073c7
- 2.<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4581.1995.tb00105.x>
- 3.<https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspacs/2011/acs-presspac-february-9-2011/firefly-protein-lights-pathway-to-improved-detection-of-blood-clots.html>
- 4.<https://www.mentalfloss.com/article/80813/7-ways-bioluminescence-has-revolutionized-medical-research>
- 5.<https://latzlab.ucsd.edu/bioluminescence/bioluminescence-questions-and-answers/>
- 6.<https://www.chemistryworld.com/news/bioluminescence-powers-photosynthesis/6687.article>
- 7.<https://www.amazon.com/Bioglow-LLC-Glowing-Bioluminescent-Plants/product-reviews/B018N7NY9U>
- 8.<https://ocean.si.edu/ocean-life/fish/bioluminescence>
- 9.<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26061152/>
- 10.<https://animals.howstuffworks.com/animal-facts/bioluminescence3.htm>
- 11.<https://biolum.eemb.ucsb.edu/physiol.html>
- 12.https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/BioChem_p033/biotechnology-techniques/bioluminescence-investigating-glow-in-the-dark-dinoflagellates
- 13.<https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/luciferin>
- 14.<https://www.nature.com/articles/s41598-018-33252-x>
- 15.<https://en.wikipedia.org/wiki/Luciferin>
- 16.<https://en.wikipedia.org/wiki/Luciferase>

17. https://www.aibinternational.com/aibonline_/www.aibonline.org/newsletter/Magazine/Sep-Oct2013/5BioluminescenceAssay.pdf

18. <https://en.wikipedia.org/wiki/Bioluminescence>