

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

030101

電子神偷~影響驗電瓶中金箔閉合的原因探討

學校名稱：花蓮縣私立海星高級中學(附屬國中)

作者： 國二 李昀沄 國二 羅珮甄 國二 鄒珣元	指導老師： 李恭榮 江一珉
---	-----------------------------

關鍵詞：驗電器、感應起電、靜電

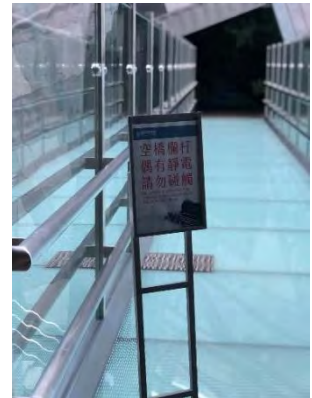
摘要

本實驗欲探討影響驗電瓶金箔帶電張開角度隨著時間閉合速度的因素，設計實驗一到實驗八，結合驗電瓶、自製靜電產生器、組裝 Arduino LED 燈光源與真空幫浦等，每隔兩分鐘拍照並使用電腦程式 tracker 分析計算帶電金箔角度的閉合情形，記錄之。

實驗證明，濕度、氣體極性、溫度、氣壓(氣體分子密度)、光線有無、光線頻率與亮度均會影響驗電器金箔的閉合速率，且濕度越大、閉合越快；周圍氣體極性越強、閉合越快；溫度越高、閉合越快；氣壓越大，氣體分子密度越高、閉合越快；照射光線頻率越大、閉合越快；照射光線強度越強、閉合越快。

壹、研究動機

在一次旅行中，參觀了宜蘭的蘭陽博物館，走著走著在三樓的空橋前，看到一塊特殊的看板，寫著「空橋欄杆偶有靜電靜電請物觸碰」相當特殊，當下詢問解說人員，解說人員說，不知何種緣故，從博物館開館以來，三樓的這座空橋，就時不時的會有靜電產生，許多民眾都會被靜電電到，也查不到原因。



這勾起了我們在理化課中談到靜電與操作驗電瓶的經驗。班上同學分組後在生物實驗室與物理實驗室做觀察，我們發現驗電

器的金箔會隨著時間慢慢閉合，而我們發現各組的金箔閉速率有很大的差異，在與老師討論後，推測可能是環境不同造成的，或許是生物實驗室的相對濕度較高，導致驗電器的金箔閉合速率較快。

因此，我們決定要進一步探究，究竟哪些因素會影響驗電瓶金箔的閉合速率，我們考慮到實驗當下的環境因素，決定從光的有無、溫度、濕度、周圍氣體狀態來做檢測，看看哪些因素會產生影響？影響的程度又如何？

貳、 研究目的

- 一、探討濕度對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 二、探討極性對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 三、探討溫度對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 四、探討壓力對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 五、探討自然光對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 六、探討無光對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 七、探討光的頻率對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 八、探討光的強度對驗電瓶中金箔閉合速率的影響

參、 研究設備及器材

一、靜電產生器



二、驗電瓶



三、防潮箱(濕度控制、暗室)



四、紅外線溫度感測器



五、真空箱



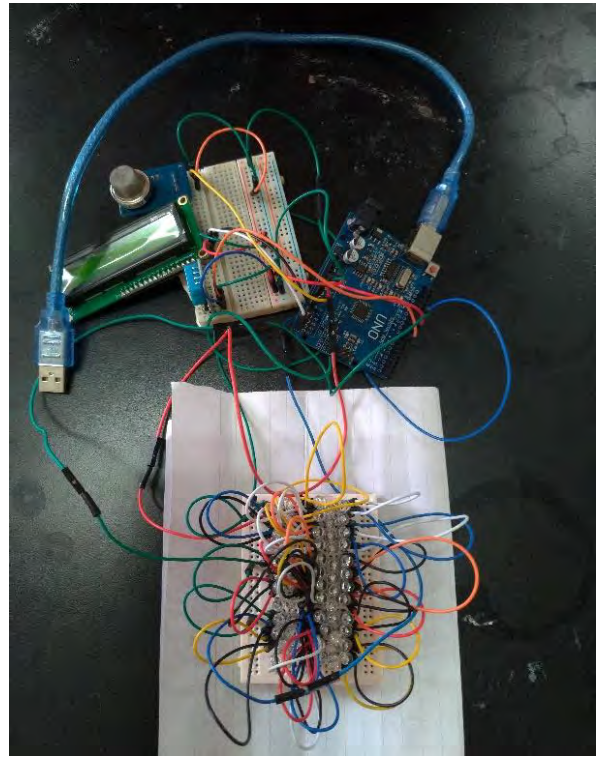
六、真空幫浦



七、 附側管的錐形瓶



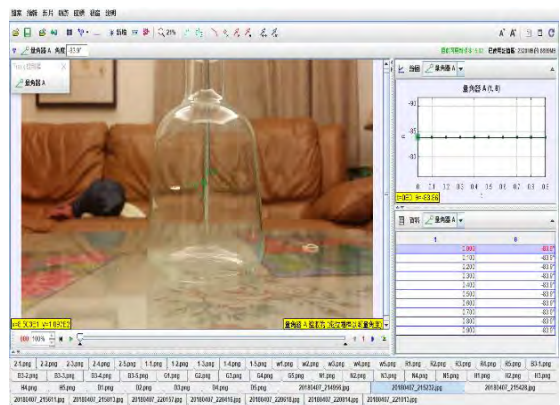
八、 Arduino LED 燈



九、 低溫恆溫箱

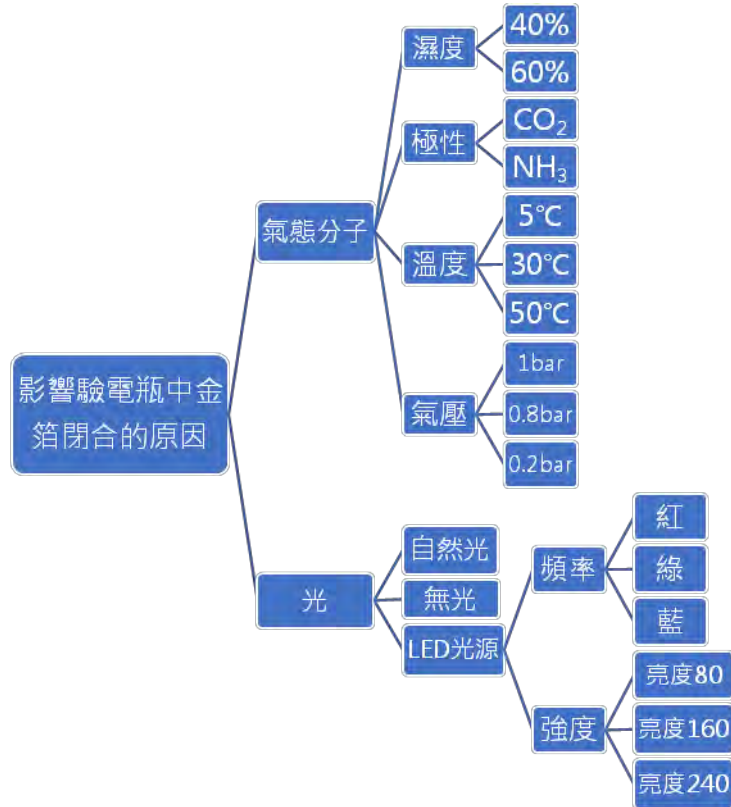


十、 tracker 分析程式

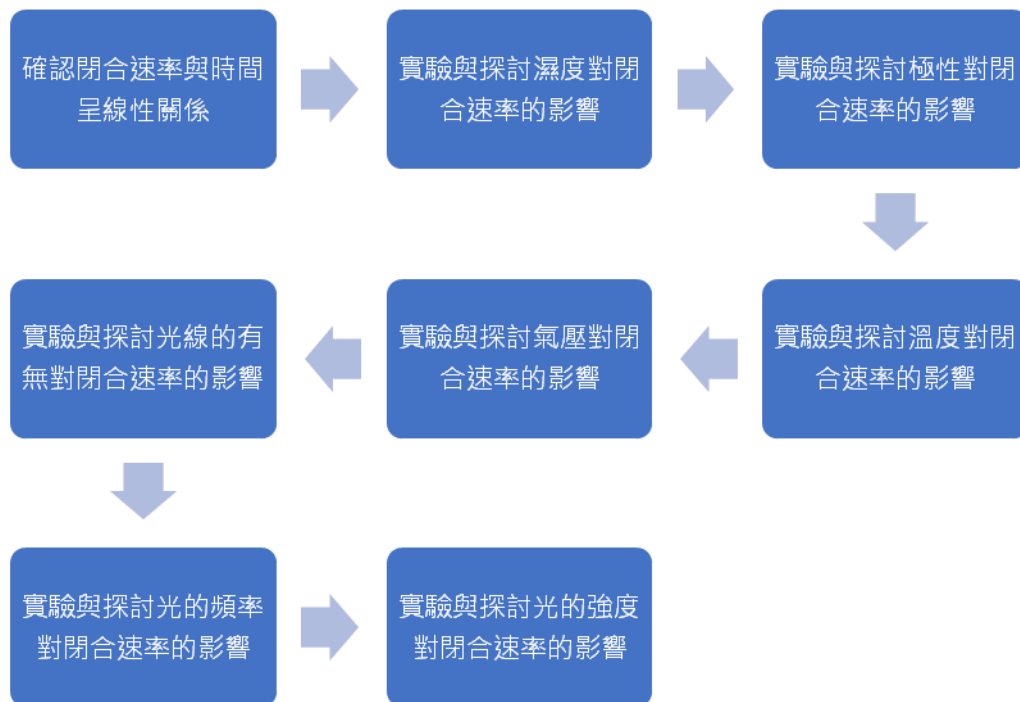


肆、研究過程與方法

一、研究架構



二、研究流程

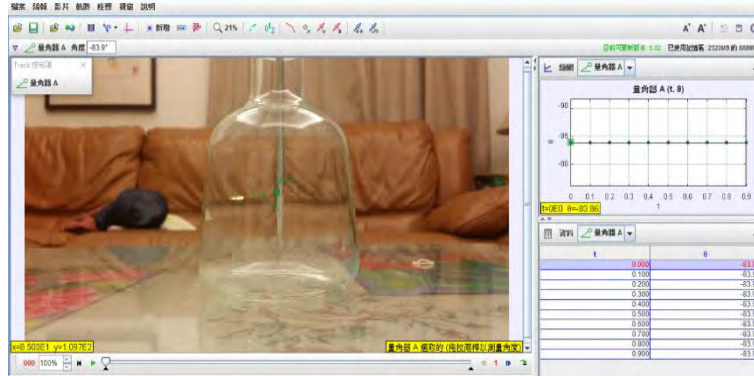


伍、研究結果

一、實驗一：驗電瓶中金箔角度變化與時間之關係

(一)實驗步驟

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開，同時將驗電瓶放在自然光下。
- 2.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

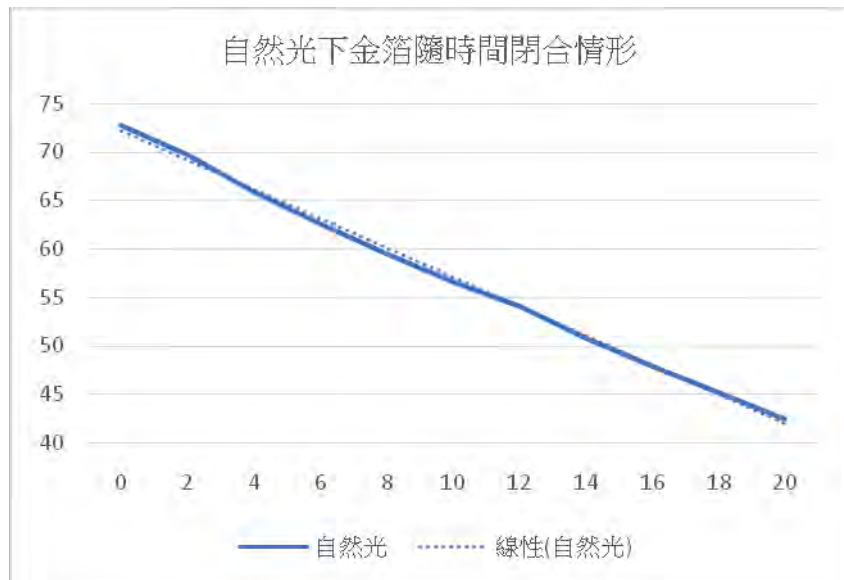


(圖 1)我們利用 Tracker 來進行角度的觀察與測量。

(二)實驗結果

(表 1)自然光下變化角度與時間關係

min	自然光
0	72.8
2	69.7
4	65.9
6	62.5
8	59.5
10	56.6
12	54.1
14	50.8
16	47.9
18	45.2
20	42.4



(圖 2) 自然光下金箔角度隨時間之變化

(三)討論：

- 1.由(圖 2)可知金箔角度的變化與時間呈線性的變化關係。
- 2.接下來的實驗我們都以 20 分鐘作為基準來觀察金箔的角度變化。

二、實驗二：驗電瓶中金箔角度變化與濕度之關係

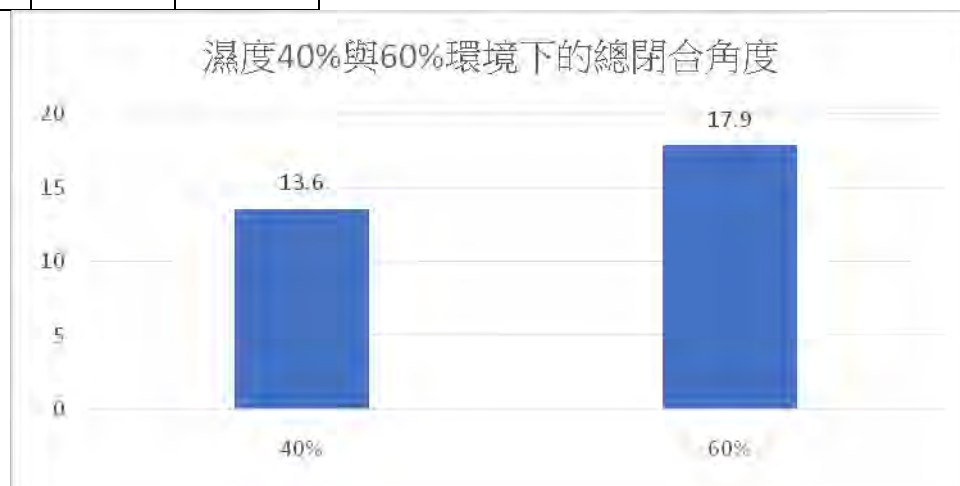
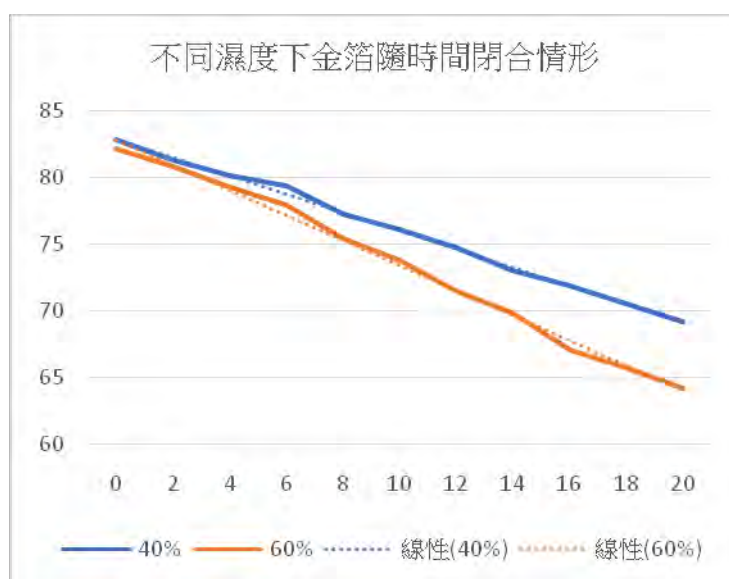
(一)實驗步驟

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.把防潮箱的濕度控制在 40%與 60%，並分別放置驗電瓶在不同濕度的防潮箱中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並利用 Tracker 分析其角度變化。

(二)結果

(表 2)自然光下濕度與時間關係

min	40%	60%
0	82.8	82.1
2	81.3	80.8
4	80.1	79.3
6	79.4	77.9
8	77.2	75.4
10	76.1	73.8
12	74.7	71.5
14	73	69.8
16	71.9	67.1
18	70.5	65.7
20	69.2	64.2



(圖 3) 濕度 40%與 60%環境下金箔的總閉合角度

(三)討論

- 1.由(圖 3)可知在濕度 60%的環境中金箔閉合速率比在濕度 40%的環境中快。
- 2.相對濕度越高，閉合速率越快；相對濕度越低，閉合速率越慢。

三、實驗三：驗電瓶中金箔角度變化與氣體極性之關係

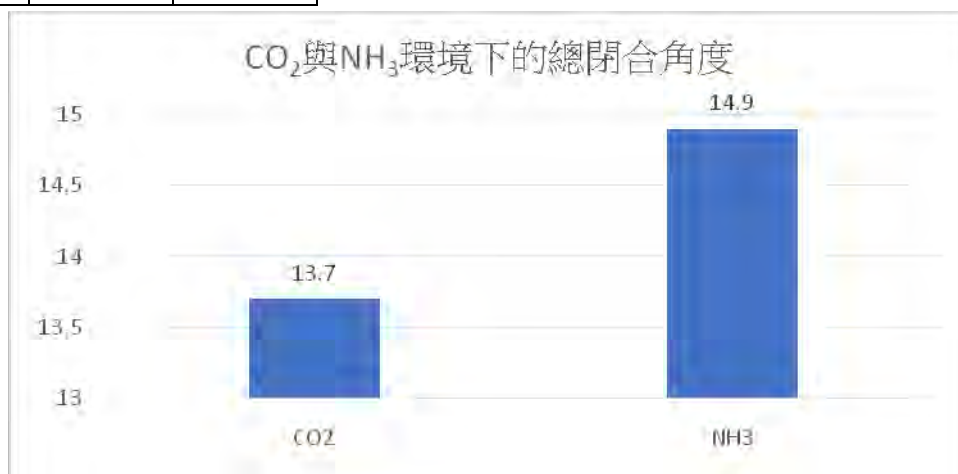
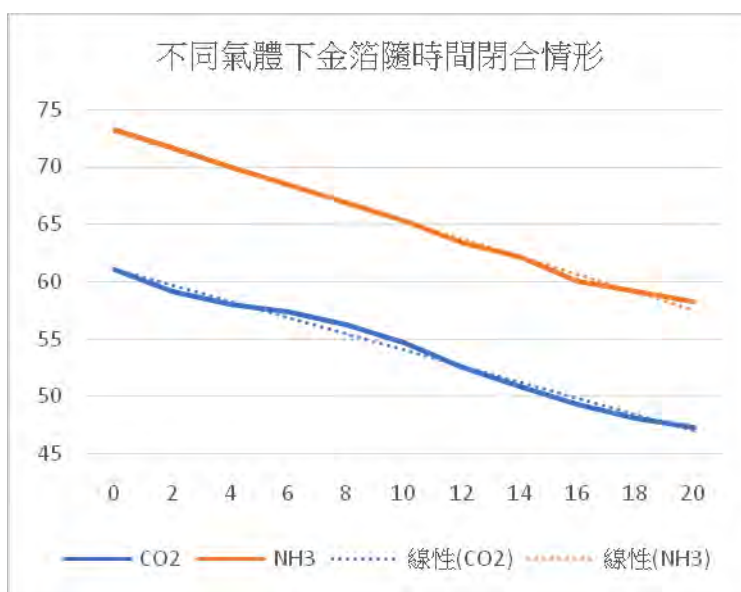
(一)實驗步驟

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.分別將 NH_3 、 CO_2 兩樣氣體收集至容器中，並將驗電瓶分別放置在其中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

(二)結果

(表 3)自然光下極性與時間關係

min	CO_2	NH_3
0	61	73.2
2	59.2	71.6
4	58	70
6	57.4	68.4
8	56.2	66.9
10	54.7	65.3
12	52.6	63.4
14	50.9	62.2
16	49.3	60.1
18	48.1	59.1
20	47.3	58.3



(圖 4) CO_2 與 NH_3 環境下金箔的總閉合角度

(三)討論

- 1.由(圖 4)可知，不同的氣體分子會影響閉合速率
- 2.在 NH_3 環境下的閉合速率會比在 CO_2 的環境下來得快。

四、 實驗四：驗電瓶中金箔角度變化與溫度之關係

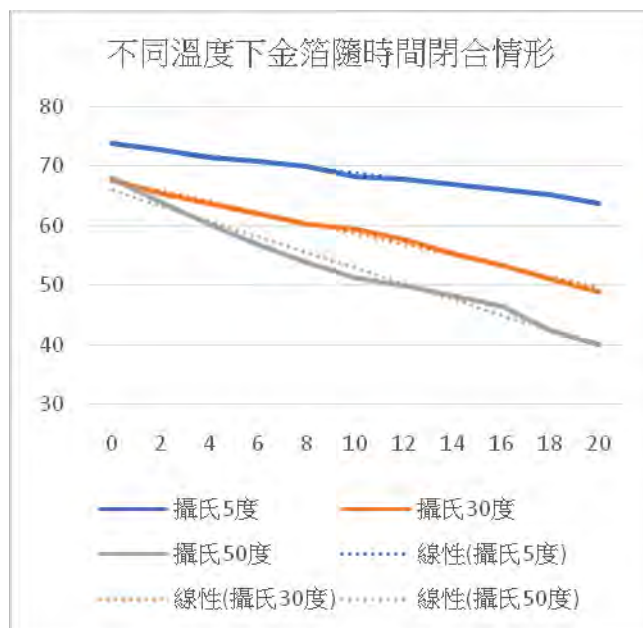
(一) 實驗步驟

1. 以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
2. 分別控制環境在攝氏 5 度、攝氏 30 度與攝氏 50 度，並分別放入驗電瓶。
3. 每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

(二) 結果

(表 4)自然光下溫度與時間關係

min	攝氏 5 度	攝氏 30 度	攝氏 50 度
0	73.9	67.6	68
2	72.8	65.5	64
4	71.5	63.6	60.3
6	70.8	62	56.9
8	69.9	60.2	53.7
10	68.3	59.4	51.2
12	67.7	57.7	50
14	66.9	55.2	48.2
16	66	53.3	46.4
18	65.2	50.9	42.5
20	63.8	48.8	40.1



(圖 5)攝氏 5 度、30 度與 50 度環境下金箔的總閉合角度

(三) 討論

1. 由(表 4)可知金箔的閉合速率由大到小是攝氏 50 度 > 攝氏 30 度 > 攝氏 5 度。
2. 由以上圖表推知：溫度越高，閉合速率越快；溫度越低，閉合速率越慢。

五、 實驗五：驗電瓶中金箔角度變化與氣壓之關係

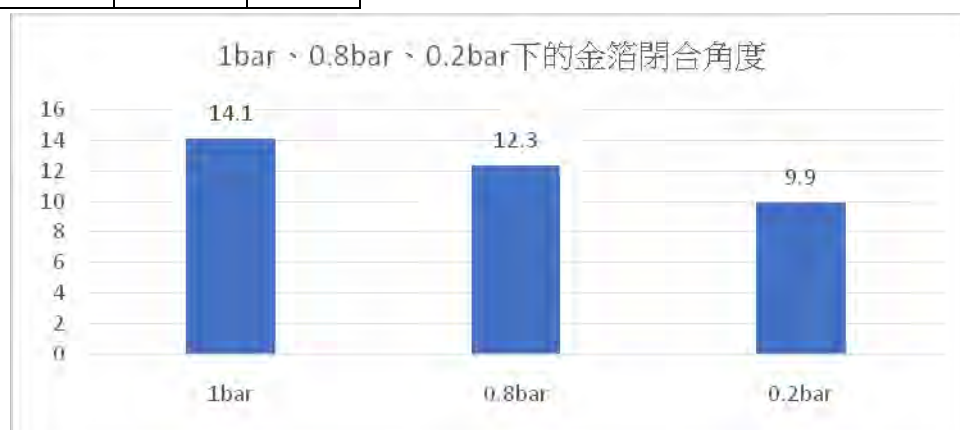
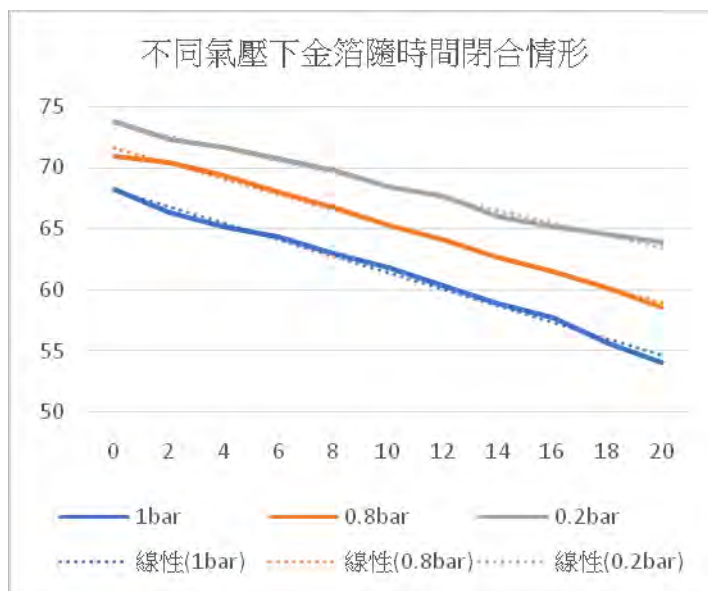
(一) 實驗步驟

1. 以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
2. 將驗電瓶放入真空箱內，以真空幫浦抽至 1.0bar、0.8bar 及 0.2bar 氣壓後進行觀察。
3. 每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

(二) 結果

(表 5)自然光下氣壓與時間關係

min	1bar	0.8bar	0.2bar
0	68.2	70.9	73.8
2	66.3	70.4	72.3
4	65.2	69.4	71.7
6	64.3	68	70.7
8	63	66.8	69.8
10	61.8	65.3	68.4
12	60.4	64.1	67.7
14	58.9	62.7	66
16	57.7	61.5	65.2
18	55.6	60.2	64.5
20	54.1	58.6	63.9



(圖 6) 1.0bar、0.8bar 及 0.2bar 環境下金箔的總閉合角度

(三) 討論

1. 由(圖 6)可知金箔的閉合速率由大到小是 1.0bar > 0.8bar > 0.2bar。
2. 由以上圖表推論：壓力越大，金箔閉合速率越快；壓力越小，金箔閉合速率越慢。

六、實驗六：驗電瓶中金箔角度變化與光線的有無之關係

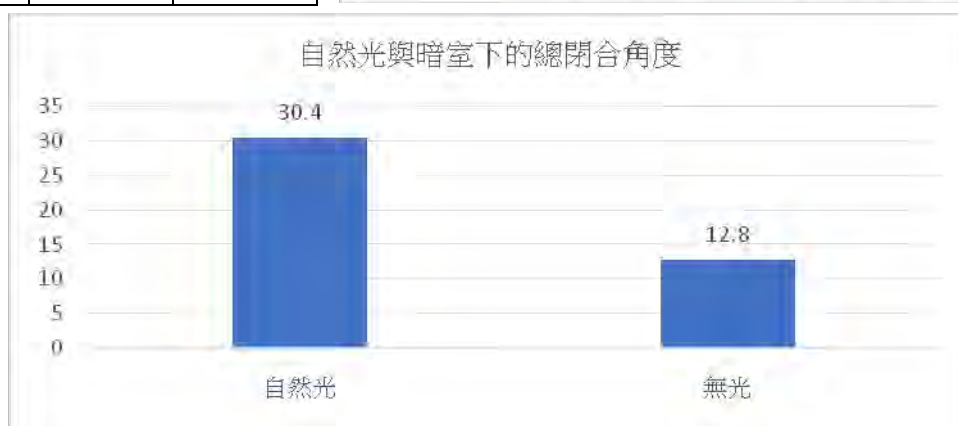
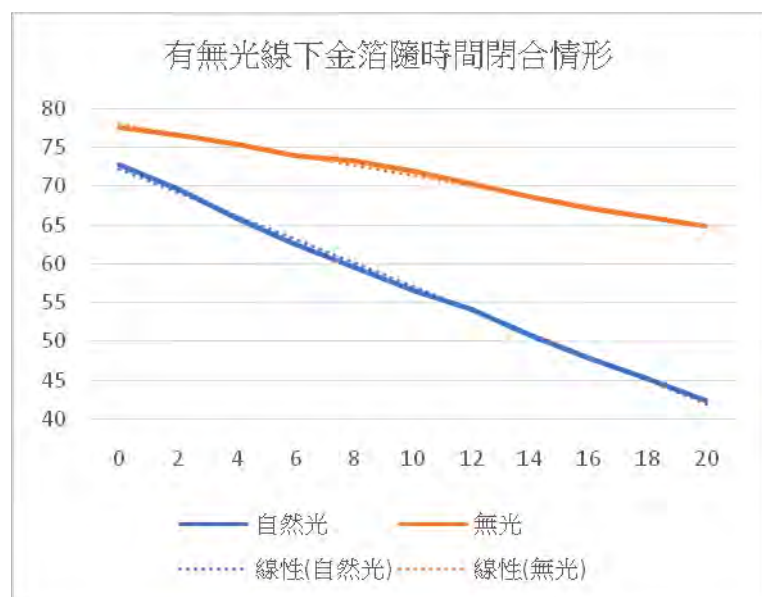
(一) 實驗步驟

1. 以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
2. 把驗電瓶分別放置在自然光下與暗室中。
3. 每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

(二) 結果

(表 6) 自然光、暗室環境與時間關係

min	自然光	無光
0	72.8	77.6
2	69.7	76.6
4	65.9	75.4
6	62.5	74.0
8	59.5	73.2
10	56.6	71.9
12	54.1	70.3
14	50.8	68.7
16	47.9	67.1
18	45.2	66
20	42.4	64.8



(圖 7) 自然光與暗室環境下金箔的總閉合角度

(三) 討論

1. 由(圖 6)可知金箔的閉合速率在自然光照射下 > 無光
2. 由於光線照射會影響閉合速率，所以增加實驗觀察不同頻率或強度的光對閉合速率的影響，設計如下實驗七與實驗八。

七、實驗七：驗電瓶中金箔角度變化與光的頻率之關係

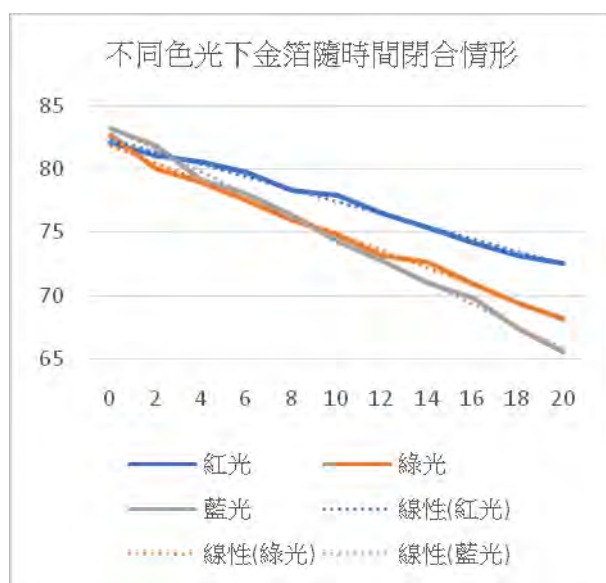
(一)實驗步驟

1. 以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
2. 在防潮箱中架設、組裝自製的 LED 燈板，再利用電腦 Arduino 程式撰寫控制程式，驅動並控制 LED 的亮暗，亮度數值設定為最亮的 255(Arduino 程式可控制亮度，將光的強度由最弱到最強分為 1~255)。
3. 將帶電之驗電瓶放入暗室中，以 Arduino 程式依序控制開啟紅光、綠光、藍光的 LED 燈，分別觀察之。
4. 每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

(二)結果

(表 7)紅、藍、綠光下金箔角度變化與時間關係

min	紅光	綠光	藍光
0	82.1	82.7	83.2
2	81.1	80.1	81.9
4	80.6	79	79.2
6	79.8	77.5	78
8	78.3	76	76.4
10	77.9	74.8	74.3
12	76.5	73.2	72.7
14	75.4	72.6	71
16	74.2	70.9	69.8
18	73.2	69.4	67.4
20	72.5	68.2	65.5



(圖 8)紅、綠、藍光下金箔的總閉合角度

(三)討論

1. 由(圖 8)可知在此實驗中閉合速率由大到小的順序是藍光>綠光>紅光。
2. 由以上圖表推論：光的頻率越高，金箔閉合速率越快；光的頻率越低，金箔閉合速率越慢。

八、實驗八：驗電瓶中金箔角度變化與光的強度之關係

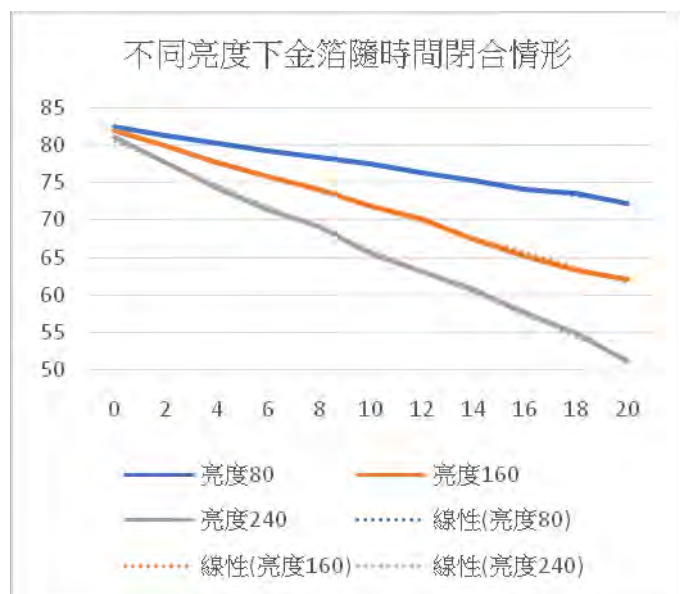
(一)實驗步驟

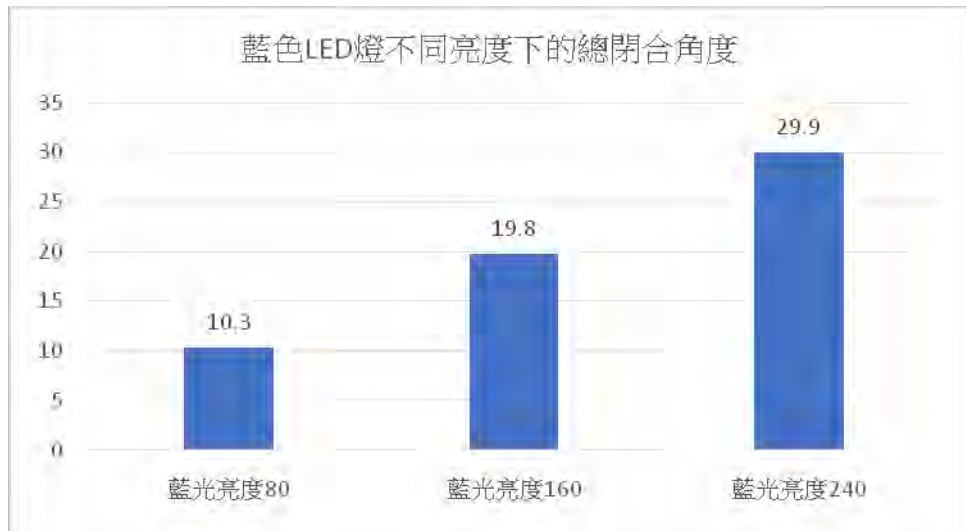
1. 以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
2. 在防潮箱中架設、組裝自製的 LED 燈板，再利用電腦 Arduino 程式撰寫控制程式，驅動並控制 LED 的亮暗。
3. 將帶電之驗電瓶放入暗室中，以 Arduino 程式控制藍色 LED 燈，依序發出亮度數值為 80、160、240 的藍光，分別觀察之。(Arduino 程式可控制亮度，將光的強度由最弱到最強分為 1~255)。
4. 每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以 Tracker 分析其角度變化。

(二)結果

(表 8)亮度 80、160、240 時藍色 LED 燈光對金箔角度變化的影響與時間關係

min	亮度 80	亮度 160	亮度 240
0	82.5	81.9	81.1
2	81.2	79.9	77.6
4	80.2	77.6	74.2
6	79.2	75.8	71.4
8	78.3	74.1	69.1
10	77.5	71.8	65.6
12	76.4	70.1	63.1
14	75.3	67.5	60.7
16	74.1	65.2	57.6
18	73.5	63.4	54.9
20	72.2	62.1	51.2





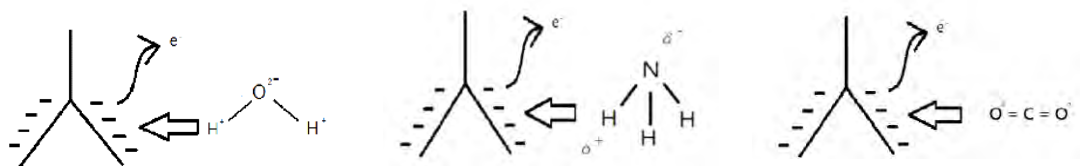
(圖 9)亮度 80、亮度 160、亮度 240 藍色燈光環境下金箔的總閉合角度

(三)討論

1. 由(圖 9)可知在此實驗中閉合速率由大到小的順序亮度 240 > 亮度 160 > 亮度 80。
2. 由以上圖表推論：光的強度越強，金箔的閉合速率越快；光的強度越弱，金箔的閉合速率越慢。

陸、 討論

- 一、由實驗一觀察推知，驗電瓶金箔角度隨時間減少的變化似呈線性，故在本研究中的實驗紀錄時間均以 20 分鐘作為基準來觀察金箔的角度變化。最終檢核實驗一到八，發現無論是哪一種變項，驗電瓶金箔角度隨時間減少的變化都符合線性關係。
- 二、歸納實驗二及實驗三的結果，發現總閉合速率由大到小分別是 $\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3 > \text{CO}_2$ ，我們推測，其原因似乎跟分子的極性有關，其中 H_2O 的極性最大， NH_3 次之， CO_2 最小。極性越大的分子因其本身電荷有所偏重，當其與驗電器接觸時會更容易帶走電荷，以致驗電瓶的閉合速率較快。極性越大的分子，金箔閉合速率就越快。反之，則越慢。



(圖 10)極性分子(H_2O 、 NH_3 、 CO_2)影響金箔表面電子示意圖

- 三、由實驗四可得：溫度越高，閉合速率越快；溫度越低，閉合速率越慢。推測當空氣的溫度越高，空氣分子的動能就越大，運動速度越快，其分子碰撞金箔的頻率變大，且因動能較大，形成有效碰撞的機率也會增加，更容易帶走電子，使金箔的閉合速率變快。
- 四、由實驗五可得：氣壓越大，金箔閉合速率越快；氣壓越小，金箔閉合速率越慢。氣壓的變化是來自於抽氣幫浦將空氣抽出的程度不同，即不同氣壓代表內部氣體分子的多寡，氣壓越大氣體分子越多，所以碰撞後帶走電子的機頻率越高，閉合速率越小；反之亦然。
- 五、由實驗六可得：在自然光中金箔閉合速率較在暗室中更快。可知，光波能使電子脫離驗電器。且由實驗七證實，光波的頻率不同會影響閉合速率的快慢，頻率越大的光，閉合速率越快。我們推測其原因，可能是因為光是由電場與磁場交織成的電磁波，當光照射在驗電器上時，其電場會驅動驗電器上所帶的額外電子，導致驗電器上所帶的額外電子因受電場的驅動而脫離，而頻率越大的光，每秒鐘驅動的次數越多，驅動脫離的電子數目越多，以致金屬的閉合速率越快。反之，頻率較低的光，每秒驅動的次數較少，金箔閉合速率較慢。
- 六、由實驗八可得：在相同頻率的光線照射下，光的強度會影響金箔的閉合速率，光的強度越強，金箔的閉合速率就越大。推其原因，可由光電效應中光子的概念來解釋，在愛因斯坦的光電效應中，認為光的強度代表的是單位時間內通過的光子數量，光線強度越強，代表同一時間照射上去的光子數量越多，所以打出的光電子也越多。同理，光越強代表同一時間有更多的電磁波(光波)在照射著驗電器，結合實驗七的概念，有越多的電磁波同時驅動電子脫離，閉合速率就越快。即，光越強，代表越多電磁波在驅動電子脫離，所以閉合速率就越快。

柒、結論



由本實驗證明，濕度、溫度、氣體極性、氣壓(氣體分子密度)、光線有無、光線頻率與亮度均會影響驗電器金箔的閉合速率，且濕度越大、閉合越快；周圍氣體極性越強、閉合越快；溫度越高、閉合越快；氣壓越大，氣體分子密度越高、閉合越快；照射光線頻率越大、閉合越快；照射光線強度越強、閉合越快。

捌、研究限制與未來展望

由於影響驗電器金箔閉合速率的變因相當多，在實驗過程中相當難將每項控制變因都控制得宜，且受限於高中實驗室與實驗儀器的精準度，無論是除濕箱、抽氣幫浦或氣體灌注等各項操作，都有一定程度的難度，都會產生實驗誤差，雖經交叉比對可知金箔閉合情形確實呈現線性，且本實驗盡可能將同操作變因實驗時的控制變因控制住，來進行實驗操作，以降低誤差並有效的呈現變因的影響趨勢，成果卓越，但若要進行不同操作變因間的數據比較，則誤差會相當大，缺乏參考價值。希望未來能找出更好的方式，在更穩定、可控的環境下進行實驗，將大大提升各項變因比較的可信度，區分各項變因對金箔閉合影響程度的先後順序與比例。

玖、參考文獻

- 一、張鎮麟、林樹人(民99)。物理基礎觀念(上)、(下)。臺北市：建宏。
- 二、維基百科：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9E%81%E6%80%A7>

【評語】 030101

由課程教材出發進行深入探究，主題有趣適切，具學術發展性。

探討的變因很多，須適當物理模型來理解，變因間的關係與控制也須再進一步釐清。如光造成靜電快速消散的原因和濕度與溫度是否相關？

圖表呈現與報告撰寫略有瑕疵，可再修正加強。口頭報告略顯緊張。實驗紀錄應可更詳盡完整。

●摘要

本實驗欲探討影響驗電瓶金箔帶電張開角度隨著時間閉合速度的因素，設計實驗一到實驗八。實驗證明，濕度、氣體極性、溫度、氣壓(氣體分子密度)、光線有無、光線頻率與亮度均會影響驗電器金箔的閉合速率，且濕度越大、閉合越快；周圍氣體極性越強、閉合越快；溫度越高、閉合越快；氣壓越大，氣體分子密度越高、閉合越快；照射光線頻率越大、閉合越快；照射光線強度越強、閉合越快。

●研究動機

在一次旅行中，我們參觀了宜蘭的蘭陽博物館，並在三樓的空橋前看到了寫著「空橋欄杆偶有靜電請勿觸碰」的告示牌。這勾起了我們的好奇心，再結合了理化課談到的靜電與驗電瓶的操作經驗，我們發現在不同的環境下，金箔的閉合速率有很大的差異。因此，我們決定要進一步的進行實驗探討，考慮到了環境因素，最後決定從光的有無、溫度、濕度、周圍氣體狀態來做實驗的檢測。

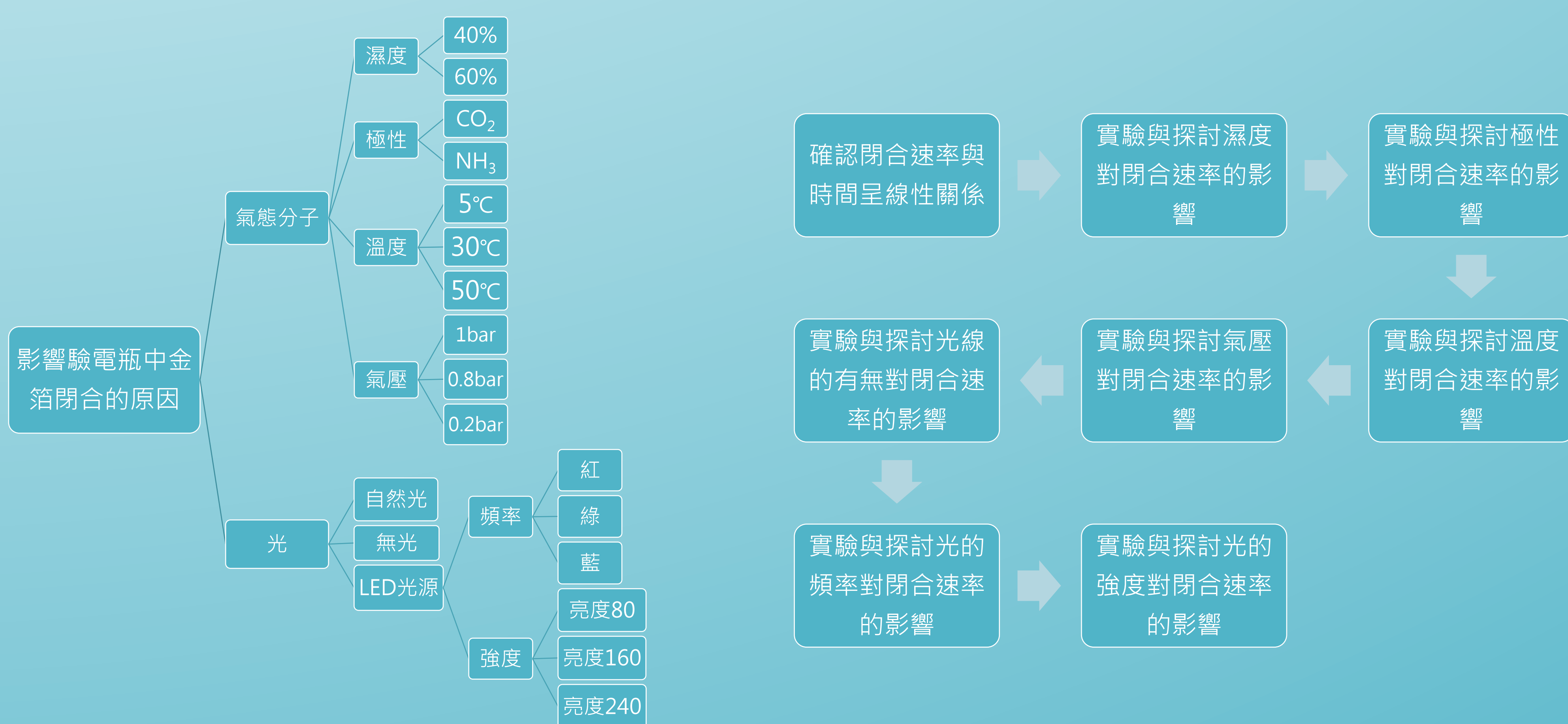
●研究目的

- 一.探討濕度對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 二.探討極性對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 三.探討溫度對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 四.探討壓力對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 五.探討自然光對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 六.探討無光對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 七.探討光的頻率對驗電瓶中金箔閉合速率的影響
- 八.探討光的強度對驗電瓶中金箔閉合速率的影響

●研究設備及器材



●研究流程與架構



● 研究過程與方法

實驗一：驗電瓶中金箔角度變化與時間之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開，同時將驗電瓶放在自然光下。
- 2.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

實驗二：驗電瓶中金箔角度變化與濕度之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.把防潮箱的濕度控制在40%與60%，並分別放置驗電瓶在不同濕度的防潮箱中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並利用Tracker分析其角度變化。

實驗三：驗電瓶中金箔角度變化與氣體極性之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.分別將NH₃、CO₂兩樣氣體收集至容器中，並將驗電瓶分別放置在其中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

實驗四：驗電瓶中金箔角度變化與溫度之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.分別控制環境在5°C、30 °C與50°C，並分別放置驗電瓶在其中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

實驗五：驗電瓶中金箔角度變化與氣壓之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.將驗電瓶放入真空箱內，以真空幫浦分別抽至1.0bar、0.8bar及0.2bar，並將驗電瓶放入其中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

實驗六:驗電瓶中金箔角度變化與光線的有無之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開,同時將驗電瓶放在自然光與暗室中。
- 2.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

實驗七：驗電瓶中金箔角度變化與光的頻率之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.在防潮箱中分別放入設定好的Arduino LED燈並分別放置驗電瓶在其中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

實驗八：驗電瓶中金箔角度變化與光的強度之關係

- 1.以帶正電之靜電產生器使驗電瓶感應起電，並使驗電瓶中的金箔因帶負電而展開。
- 2.在防潮箱中分別放入設定好的Arduino LED燈並分別放置驗電瓶在其中。
- 3.每隔兩分鐘拍攝紀錄一次，並以Tracker分析其角度變化。

(表1)自然光下變化角度與時間關係

min	自然光
0	72.8
2	69.7
4	65.9
6	62.5
8	59.5
10	56.6
12	54.1
14	50.8
16	47.9
18	45.2
20	42.4

(表2)自然光下濕度與時間關係

min	40%	60%
0	82.8	82.1
2	81.3	80.8
4	80.1	79.3
6	79.4	77.9
8	77.2	75.4
10	76.1	73.8
12	74.7	71.5
14	73	69.8
16	71.9	67.1
18	70.5	65.7
20	69.2	64.2

(表3)自然光下極性與時間關係

min	CO ₂	NH ₃
0	61	73.2
2	59.2	71.6
4	58	70
6	57.4	68.4
8	56.2	66.9
10	54.7	65.3
12	52.6	63.4
14	50.9	62.2
16	49.3	60.1
18	48.1	59.1
20	47.3	58.3

(表4)自然光下溫度與時間關係

min	攝氏5度	攝氏30度	攝氏50度
0	73.9	67.6	68
2	72.8	65.5	64
4	71.5	63.6	60.3
6	70.8	62	56.9
8	69.9	60.2	53.7
10	68.3	59.4	51.2
12	67.7	57.7	50
14	66.9	55.2	48.2
16	66	53.3	46.4
18	65.2	50.9	42.5
20	63.8	48.8	40.1

(表5)自然光下氣壓與時間關係

min	1bar	0.8bar	0.2bar
0	68.2	70.9	73.8
2	66.3	70.4	72.3
4	65.2	69.4	71.7
6	64.3	68	70.7
8	63	66.8	69.8
10	61.8	65.3	68.4
12	60.4	64.1	67.7
14	58.9	62.7	66
16	57.7	61.5	65.2
18	55.6	60.2	64.5
20	54.1	58.6	63.9

(表6)自然光與暗室環境下金箔閉合的速率

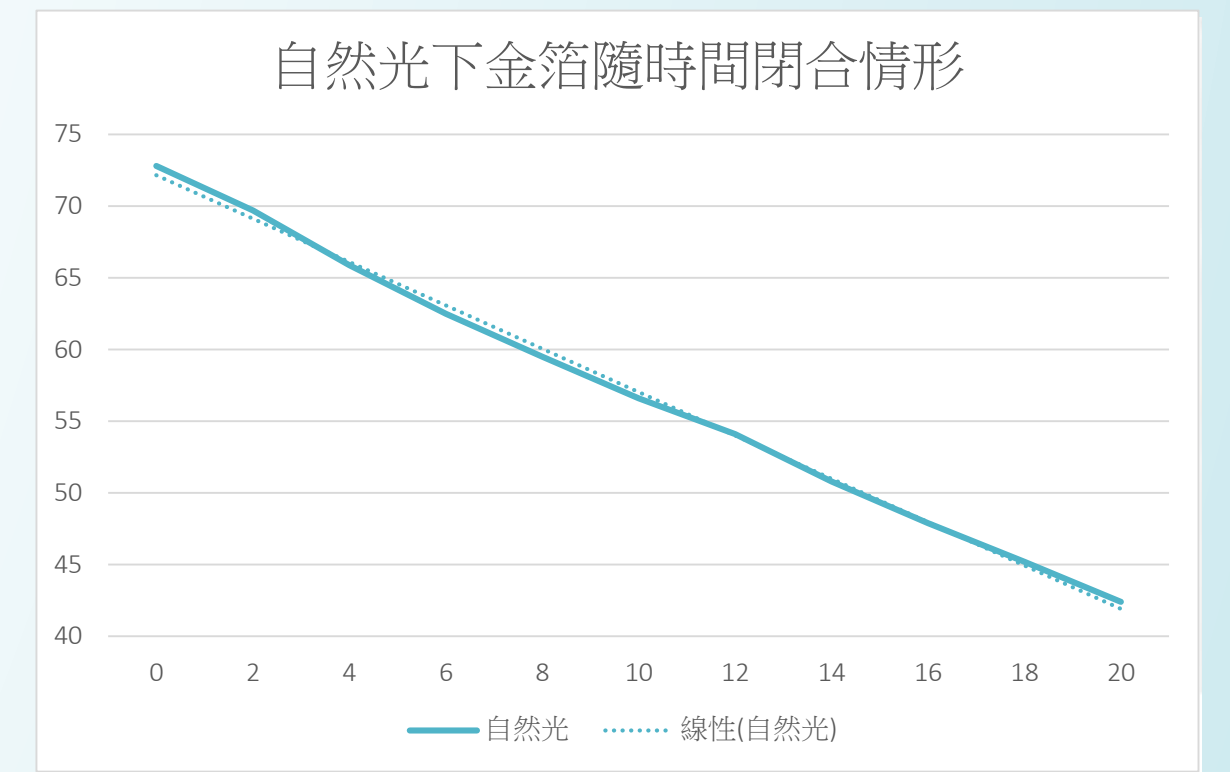
min	自然光	無光
0	72.8	77.6
2	69.7	76.6
4	65.9	75.4
6	62.5	74.0
8	59.5	73.2
10	56.6	71.9
12	54.1	70.3
14	50.8	68.7
16	47.9	67.1
18	45.2	66
20	42.4	64.8

(表7)紅、藍、綠光下金箔角度變化與時間關係

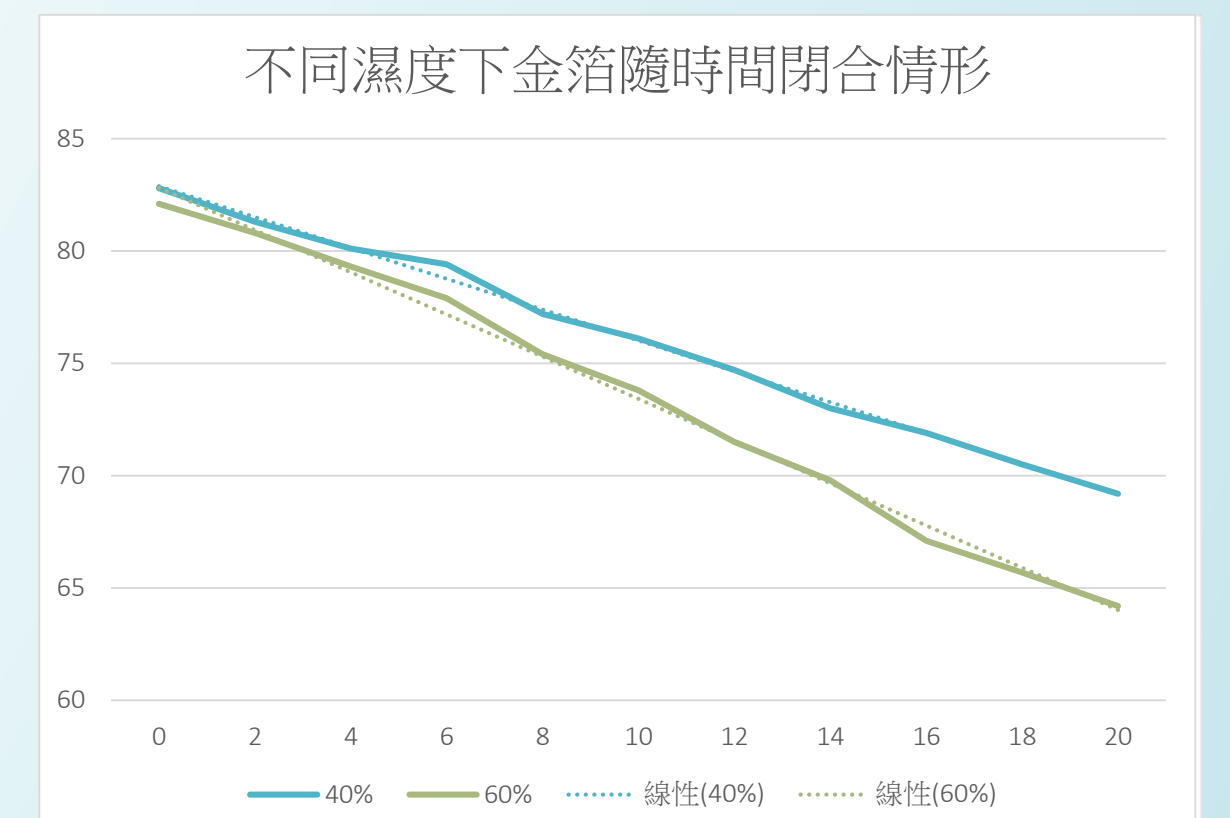
min	紅光	綠光	藍光
0	82.1	82.7	83.2
2	81.1	80.1	81.9
4	80.6	79	79.2
6	79.8	77.5	78
8	78.3	76	76.4
10	77.9	74.8	74.3
12	76.5	73.2	72.7
14	75.4	72.6	71
16	74.2	70.9	69.8
18	73.2	69.4	67.4
20	72.5	68.2	65.5

(表8)80伏特、160伏特、240伏特藍色燈光對金箔角度變化的影響與時間關係

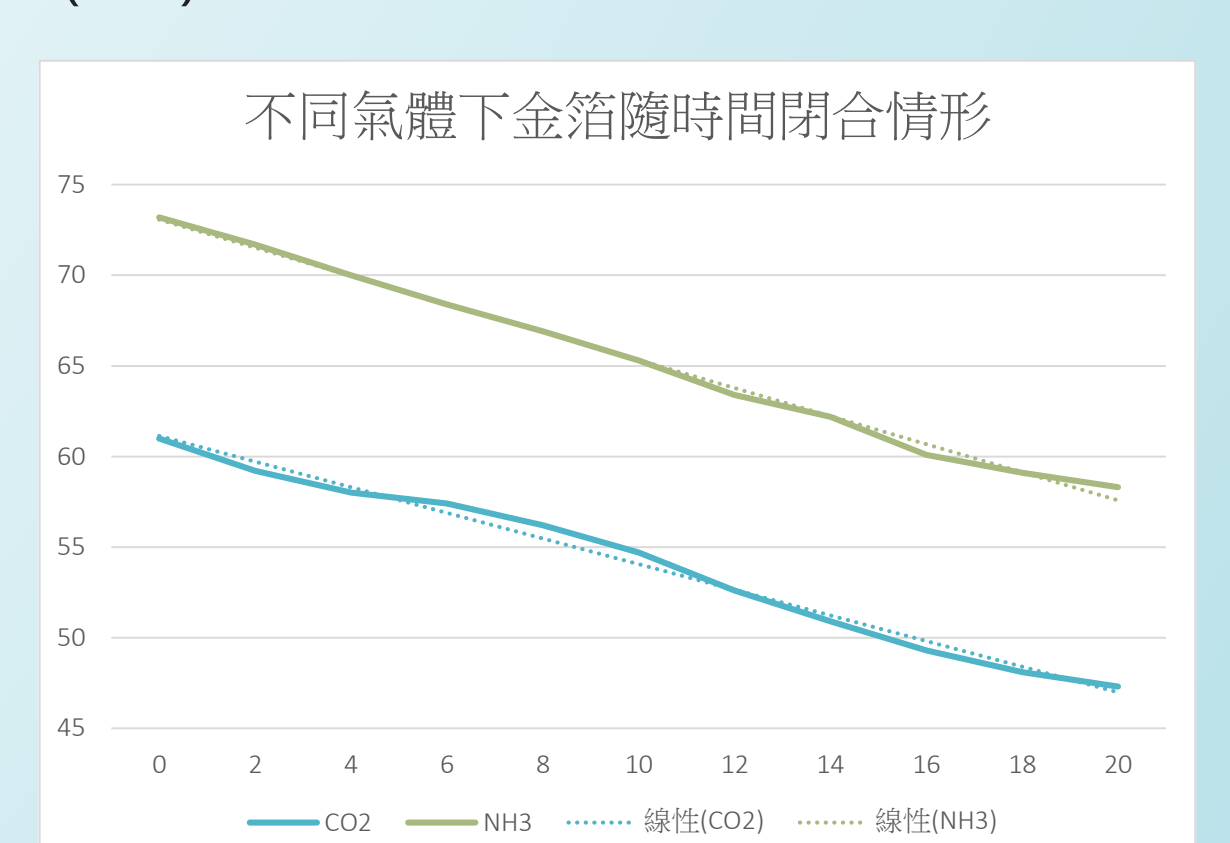
min	亮度80	亮度160	亮度240
0	82.5	81.9	81.1
2	81.2	79.9	77.6
4	80.2	77.6	74.2
6	79.2	75.8	71.4
8	78.3	74.1	69.1
10	77.5	71.8	65.6
12	76.4	70.1	63.1
14	75.3	67.5	60.7
16	74.1	65.2	57.6
18	73.5	63.4	54.9
20	72.2	62.1	51.2



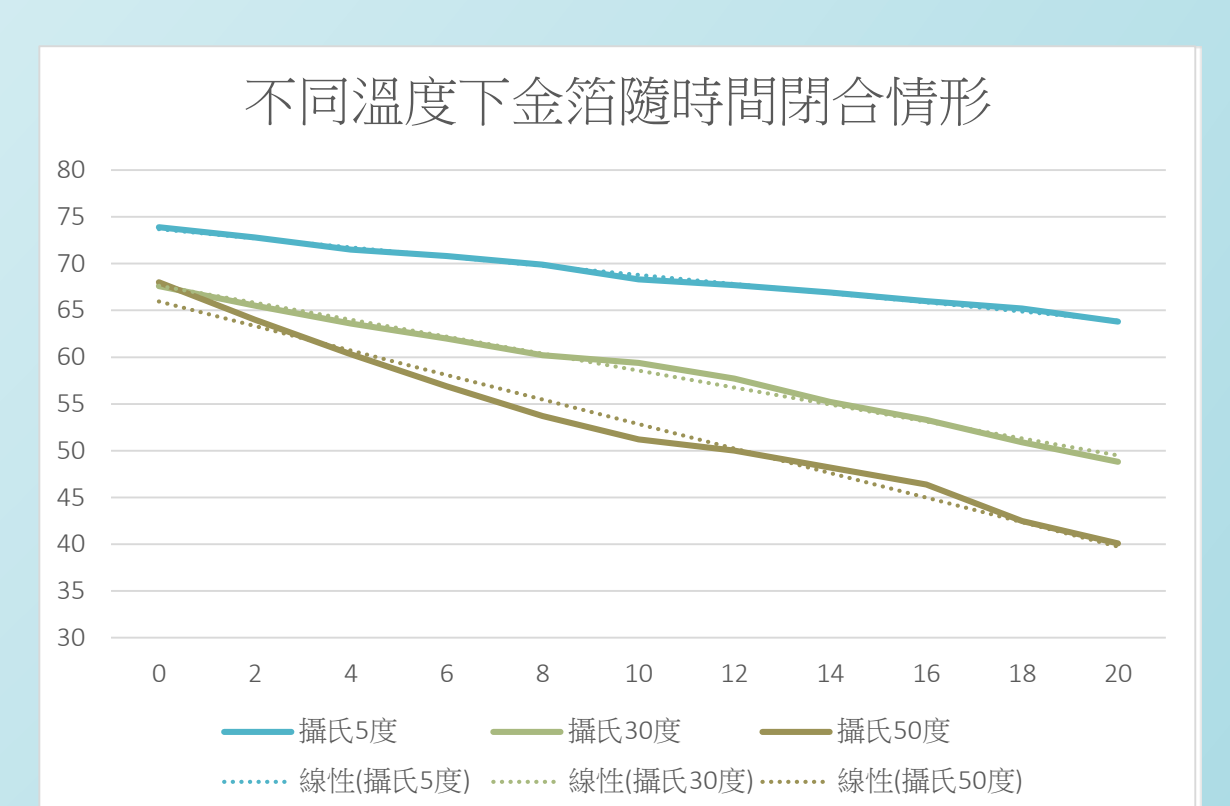
(圖1)自然光下變化角度與趨勢線



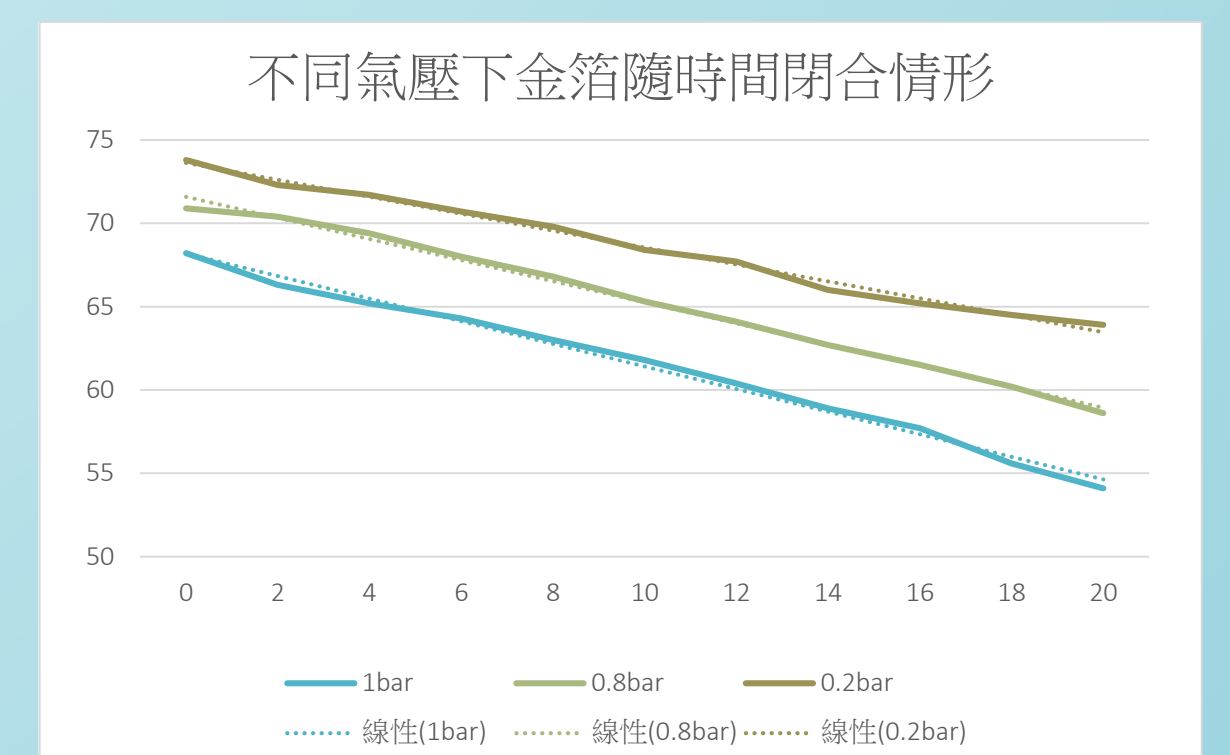
(圖2)44%與79%環境下的總閉合角度



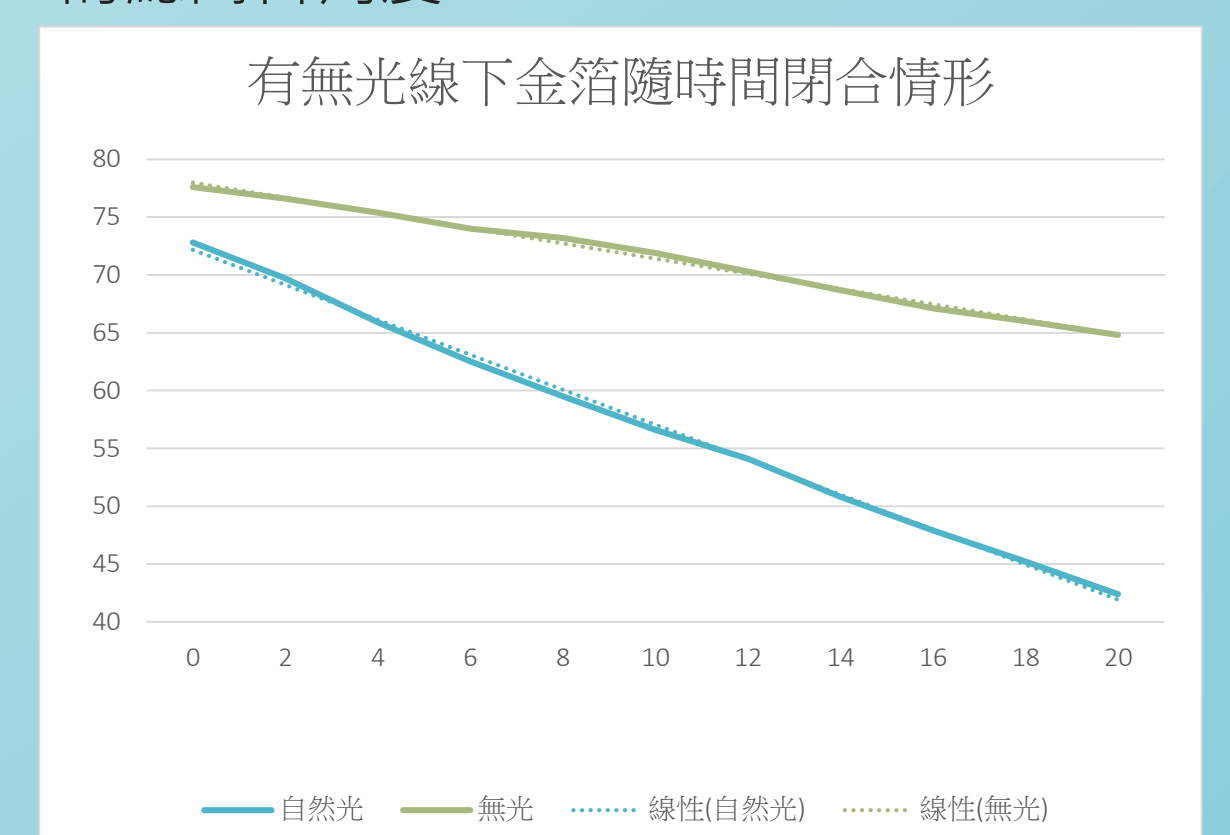
(圖3)在CO2與NH3環境下的總閉合角度



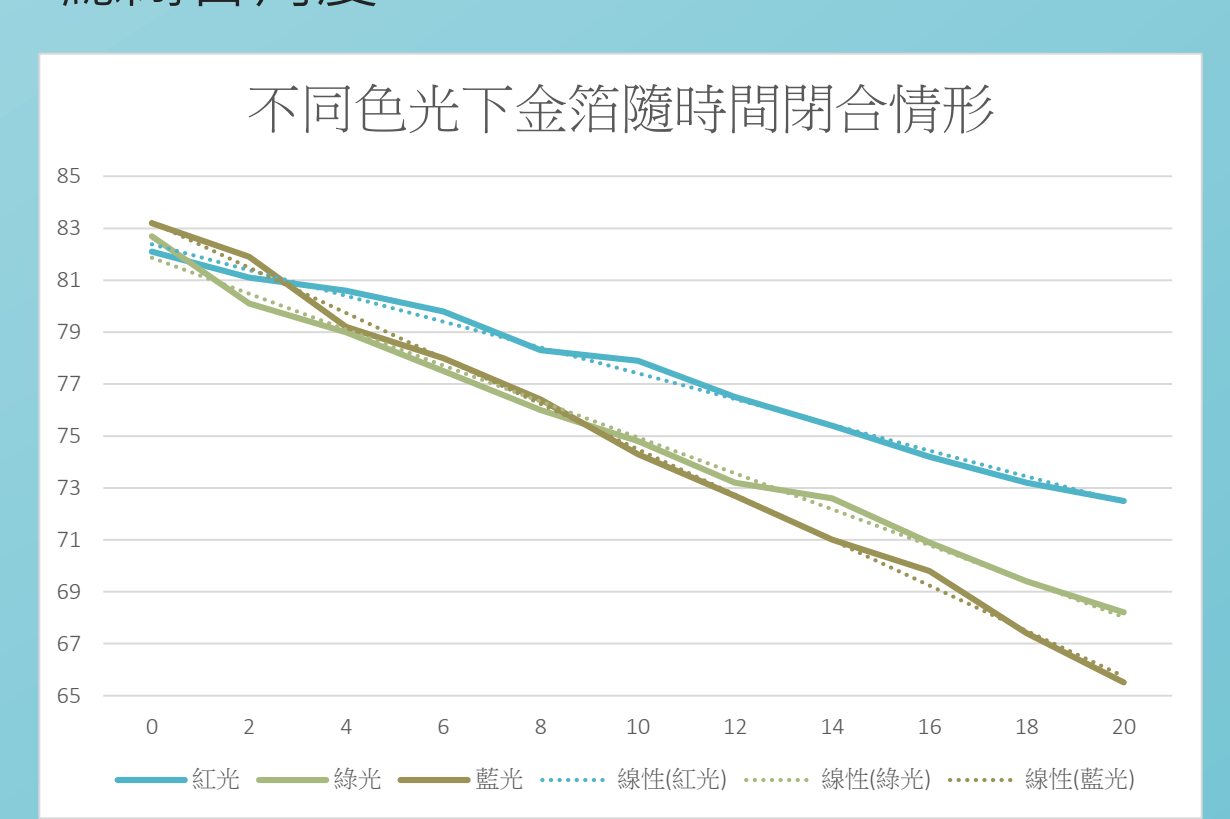
(圖4)在攝氏5度、30度與50度環境下的總閉合角度



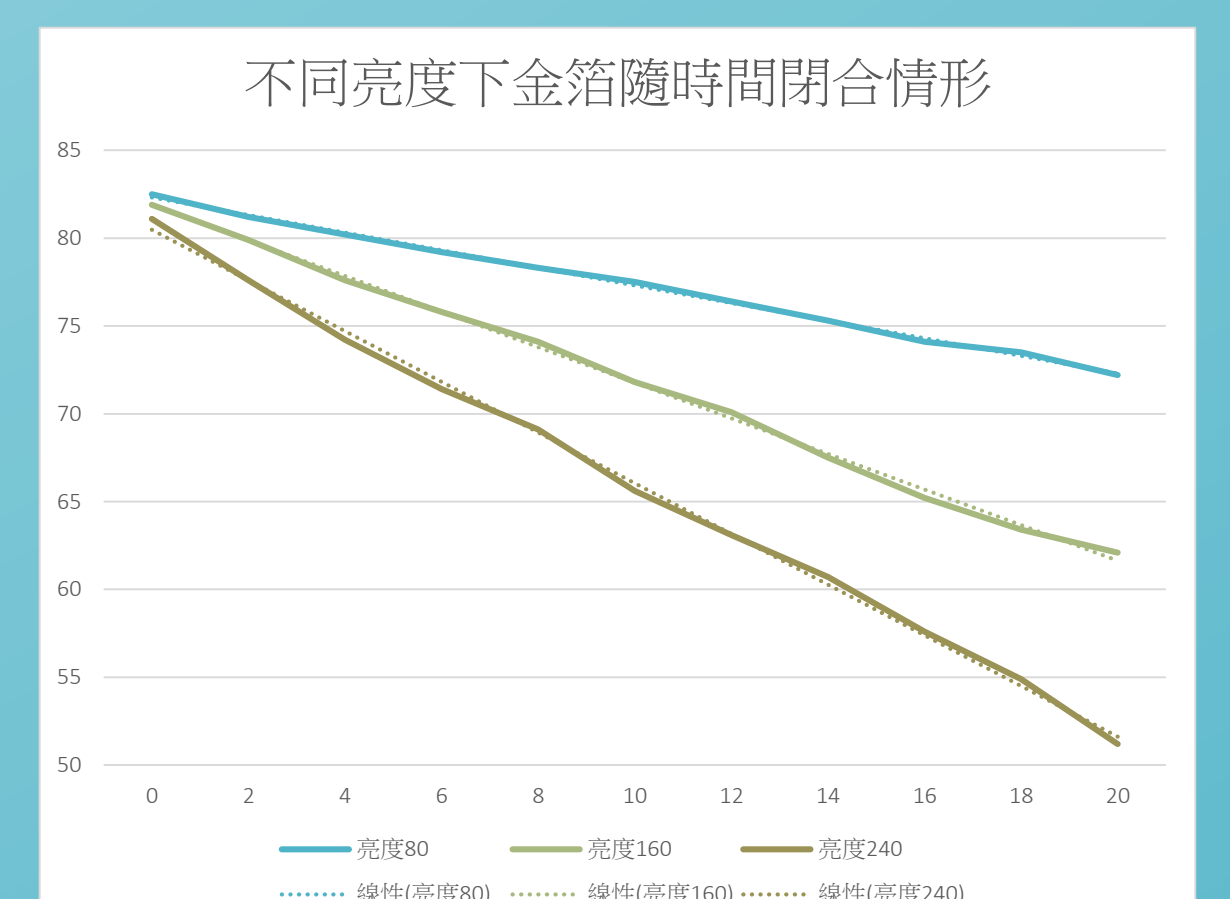
(圖5)1.0bar、0.8bar及0.2bar環境下金箔的總閉合角度



(圖6)自然光與暗室環境下金箔的總閉合角度



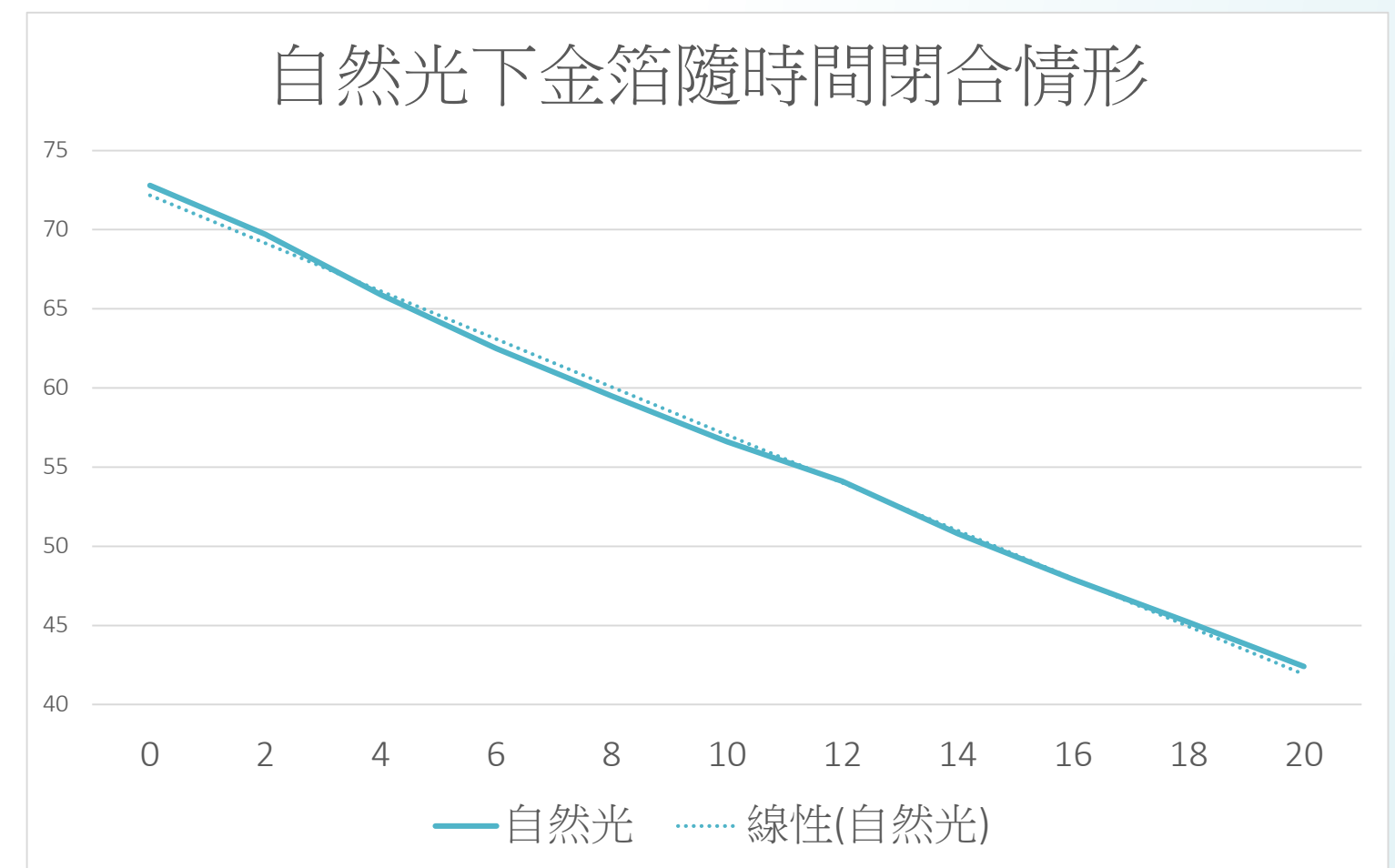
(圖7)紅、藍、綠光下的總閉合角度



(圖8)80、160、240伏特藍色燈光環境下金箔的總閉合角度

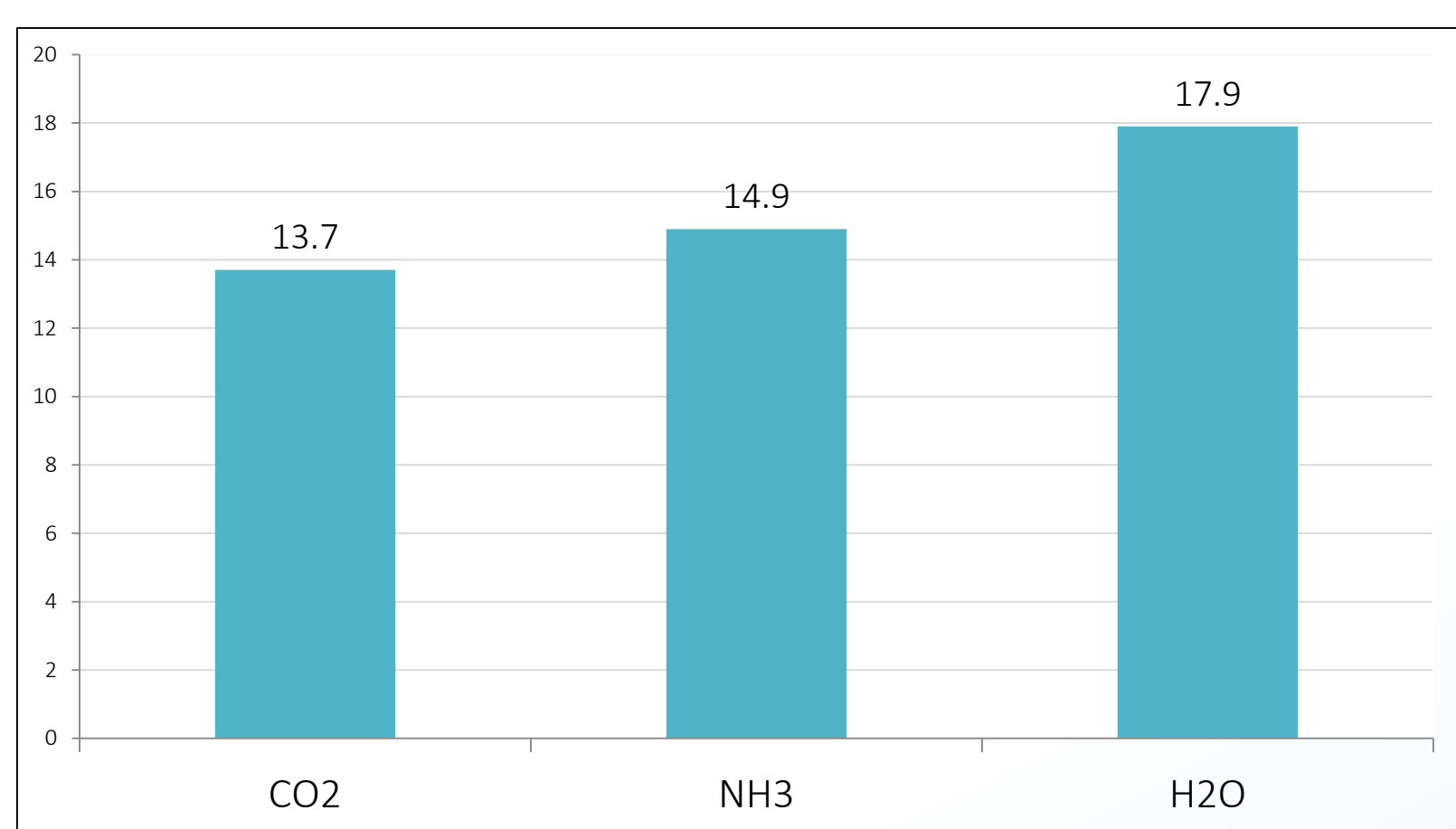
● 討論

一、由實驗一觀察推知，驗電瓶金箔角度隨時間減少的變化似呈線性，故在本研究中的實驗紀錄時間均以20分鐘作為基準來觀察金箔的角度變化。最終檢核實驗一到八，發現無論是哪一種變項，驗電瓶金箔角度隨時間減少的變化都符合線性關係。

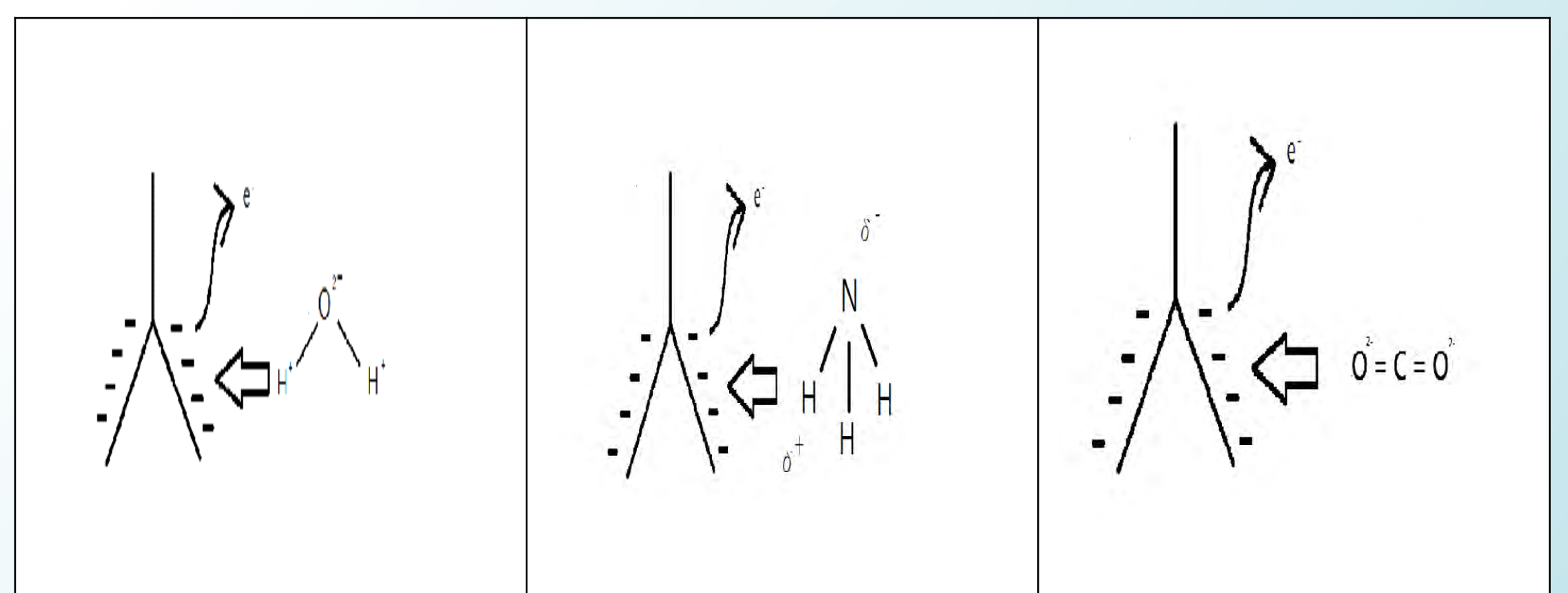


(圖10) 自然光下變化角度與趨勢線

二、歸納實驗二及實驗三的結果，發現總閉合速率由大到小分別是 $H_2O > NH_3 > CO_2$ ，我們推測，其原因似乎跟分子的極性有關，其中 H_2O 的極性最大， NH_3 次之， CO_2 最小。極性越大的分子因其本身電荷有所偏重，當其與驗電器接觸時會更容易帶走電荷，以致驗電瓶的閉合速率較快。極性越大的分子，金箔閉合速率就越快。反之，則越慢。



(圖11) H_2O 、 NH_3 、 CO_2 的總閉合角度



(圖12) 帶有極性之氣體分子對帶負電的驗電瓶閉合速率之影響

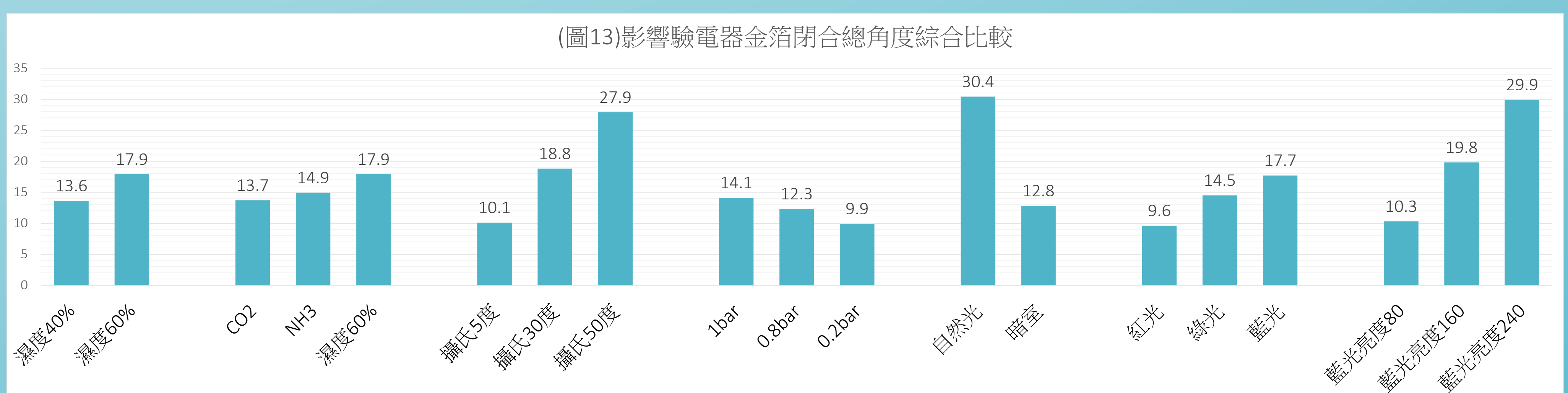
三、由實驗四可得：溫度越高，閉合速率越快；溫度越低，閉合速率越慢。推測當空氣的溫度越高，空氣分子的動能就越大，運動速度越快，其分子碰撞金箔的頻率變大，且因動能較大，形成有效碰撞的機率也會增加，更容易帶走電子，使金箔的閉合速率變快。

四、由實驗五可得：氣壓越大，金箔閉合速率越快；氣壓越小，金箔閉合速率越慢。氣壓的變化是來自於抽氣幫浦將空氣抽出的程度不同，即不同氣壓代表內部氣體分子的多寡，氣壓越大氣體分子越多，所以碰撞後帶走電子的機頻率越高，閉合速率越小；反之亦然。

五、由實驗八可得：在相同頻率的光線照射下，光的強度會影響金箔的閉合速率，光的強度越強，金箔的閉合速率就越大。推其原因，可由光電效應中光子的概念來解釋，在愛因斯坦的光電效應中，認為光的強度代表的是單位時間內通過的光子數量，在同一時間內，光越強代表同一時間有更多的電磁波(光波)在照射著驗電器，結合實驗七的概念，有越多的電磁波同時驅動電子脫離，閉合速率就越快。即，光越強，代表越多電磁波在驅動電子脫離，所以閉合速率就越快。

● 結論

由本實驗證明，濕度、溫度、氣體極性、氣壓(氣體分子密度)、光線有無、光線頻率與亮度均會影響驗電器金箔的閉合速率，且濕度越大、閉合越快；周圍氣體極性越強、閉合越快；溫度越高、閉合越快；氣壓越大，氣體分子密度越高、閉合越快；照射光線頻率越大、閉合越快；照射光線強度越強、閉合越快。



● 參考文獻

- 一、張鎮麟、林樹人 (民99)。物理基礎觀念 (上)、(下)。臺北市：建宏。
- 二、維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%A2%E8%8C%B2%E6%9B%BC%E5%B8%B8%E6%95%B8>