

黃同學	回饋建議
書審老師 A	1. 探討水溫在不同條件下降溫過程的變化。在實驗設計的過程中，完整地探討風速以及太陽光照的變因。 2. 在圖表顯示方面，不僅座標軸各項的標示都符合科學繪圖的原則，另外也使用擬合比較實驗和理論的差異，充分表現作者思考的細緻度。 3. 未來的研究方向可思考杯子的形狀和空氣流場之間的關係，更明確定義杯子與風源的距離，可以更充分反映風的速度，實際所在的空氣流場，以及熱量散失的關聯性。
書審老師 B	總評：本作品具有相當完整的探究歷程，從生活經驗出發，觀察到「風吹熱水會加快降溫」、「深色物品較容易吸熱」、「水在陽光下會升溫」等現象，進一步設計風速、杯蓋材質、杯壁顏色、太陽爐與容器材質等五組實驗，並以圖表呈現水溫隨時間變化的趨勢。作品優點在於實驗數量充足、操作步驟清楚、能嘗試用牛頓冷卻定律與太陽爐聚光原理解釋結果，且能在反思中指出風速控制、太陽爐反射角、溫度計位置、光照穩定度等實驗限制，顯示作者具備基本實作能力與修正意識。然而，作品仍有明顯不足：研究問題過多而主軸略分散，缺少正式摘要與完整原始數據表；多數實驗未見重複測量、誤差範圍與環境條件控制；部分理論表述不夠精確，例如熱量公式應寫為 $Q=mc\Delta T$，而非僅寫 $H=m\times s\times T$；升溫實驗受光照變動影響大，但未量測太陽輻照度。 簡言之，本作品是完成度高的課程探究簡報，但尚未達到嚴謹科展式研究的程度。 作品優點： 探究架構完整，具備「多變因比較」意識 作品不是只做單一實驗，而是從降溫與升溫兩大方向設計五組實驗，分別探討風速、封頂材質、杯壁顏色、太陽爐與容器材質。這顯示作者能從日常現象延伸出多個可操作變因，具備探究課程中很重要的實驗設計意識。 實驗步驟清楚，可看出實際操作痕跡 每組實驗都有具體步驟，例如裝入 200 ml、初溫 80°C 的水，每分鐘測量一次，共 40 次；升溫實驗則使用 300 g、25.2°C 的水，並比較有無太陽爐。這些細節能讓讀者理解作者確實進行實作，而不只是查資料整理。

圖表分析具有初步數據素養

作品在多個實驗中使用曲線圖、趨勢線與 R^2 值，並在風速實驗中進一步整理冷卻係數 k 值與風速的關係。這是非常值得肯定的地方，因為作者已經嘗試從「看圖說結果」進一步走向「用模型解釋趨勢」。

能在實驗後反思操作誤差

作品第 24–25 頁能指出風速差異不足、太陽爐反射角度不佳、顏色差異不夠明顯、溫度計位置造成異常值等問題，尤其發現溫度計貼向塑膠杯壁導致數據異常後，改以寶特瓶挖洞讓溫度計位於水面與高度中央，這是很好的「發現問題—修正方法」歷程。

作品具有生活應用與未來延伸想像

未來展望能連結通風設計、環保保溫材質、太陽爐鍋、顏色特性在農作物保溫或降溫上的應用，表示作者能從課堂實驗延伸到生活、工程與能源應用情境。

作品可再改進調整處：

加入正式摘要，讓評審快速掌握研究成果

目前作品有目錄與各章節，但缺少摘要。評審需要讀完整份簡報才知道研究目的、方法與主要發現。摘要能提升作品的研究感，也有助於快速呈現成果價值。

重新聚焦研究主軸，避免五組實驗過於分散

作品同時探討風速、封頂、顏色、太陽爐、容器材質，內容豐富，但主軸略散。評審可能會覺得每組實驗都做了，但每一組都還沒有深入到最嚴謹。

補上完整原始數據表與重複測量

作品有圖表與趨勢線，但沒有呈現完整原始數據表，也看不出每組實驗是否重複測量。若只有一次實驗，結果可能受偶然因素影響。研究成果需要可檢驗性。原始數據表與重複測量能提升可信度。另外，以線型迴歸繪製最適合直線等同以直線來做擬合，與作品中提及的牛頓冷卻定律為指數函數圖形明顯不一致，應調整圖形的擬合方法為指數型擬合。

理論公式需更精確

第 10 頁熱量公式寫為 $H=m \times s \times \Delta T$ ，但標準寫法應為 $Q=mc\Delta T$ ，其中 c 是比熱， ΔT 是溫度變化。

顏色實驗需區分「顏色」與「膠帶材質」的混淆

實驗三將紙杯貼上黑色與紅色絕緣膠帶，再與一般紙杯比較。結論說「杯子顏色深保溫效果較好」，但實際上黑色杯與紅色杯不只顏色不同，也多了一層膠帶，膠帶本身具有隔熱作用。這是變因混淆。若沒有控制膠帶厚度與材質，就不能把結果完全歸因於顏色。

升溫實驗需記錄太陽光照條件

作品已指出太陽爐升溫數據抖動可能與光線不穩有關。這是重要限制，但目前沒有具體紀錄光照強度、雲量、時間、方位角或環境溫度。太陽爐實驗最關鍵的操縱條件是太陽輻射。若沒有紀錄，實驗重複性會不足。

太陽爐升溫效果應計算「加熱效率」或「升溫速率」

作品目前只比較 40 分鐘後溫差，例如紙杯有太陽爐升溫 9°C、無太陽爐 4.8°C；寶特瓶有太陽爐 20°C、無太陽爐 15°C。這能看出結果，但分析深度仍可提升。若加入升溫速率與吸收熱量，作品會更像物理研究。

參考文獻格式需正式化

第 29 頁列出多個網址，但格式不一致，也缺少作者、標題、網站名稱與擷取日期。正式引用（APA7 格式）能提升作品可信度，也能讓評審查核資料來源。

給作者的省思提問：

你如何區分「顏色影響」與「材質隔熱影響」？

在實驗三中，黑色膠帶杯降溫最慢，但這可能不是單純因為黑色，而是因為膠帶本身增加了杯壁厚度並降低熱散失。如果要重新設計實驗，你會如何讓三個杯子只有「顏色」不同，而材質、厚度、表面積完全相同？

如果要把太陽爐實驗從「比較升溫」提升為「計算效率」，你還需要哪些數據？

目前你已經知道有太陽爐的寶特瓶升溫 20°C，但若要計算太陽爐效率，還需要知道受光面積、太陽輻照度、加熱時間、水的質量與熱量損失。你會如何設計一張資料表，讓自己能估算「太陽爐把太陽能轉成水吸收熱量的比例」？

五個實驗之間能否統整成一個熱傳模型？

你的作品中其實同時出現三種熱傳：風速影響對流、杯蓋與杯壁影響傳導與對流散熱、太陽爐影響輻射吸收。如果要把這份作品升級成更高層次的研究，你會如何用「傳導、對流、輻射」三個概念重新整理五組實驗，並說明每組實驗主要在檢驗哪一種熱傳機制？

書審老師 C	1. 作者在作品中展現出良好的動手實作能力，例如能自製太陽能爐並進行相關實驗，顯示作者不僅能理解課程概念，也能將想法轉化為具體裝置與實驗操作。 2. 作者設定的實驗條件為初溫皆為 80°C 的水，但第 12、15、17 頁所呈現的實驗數據圖，卻大多是從約 50°C 開始記錄或呈現。建議作者可進一步說明此處的原因，例如是否因為量測時間、紀錄方式或資料篩選所造成。若能補充高溫區段的數據與討論，也許能觀察到更多值得分析的現象，例如高溫時冷卻速率是否較快，或不同保溫條件在高溫階段的差異是否更明顯。 3. 作者進行了多組實驗，且整體數據品質看起來不錯，因此能得到品質良好的擬合曲線。建議後續可針對每個實驗進行更深入的分析與探討，例如進一步說明擬合式中各項係數或常數可能代表的物理意義，而不只是呈現擬合結果本身。 4. 此外，也可進一步結合牛頓冷卻定律進行討論，例如思考牛頓冷卻定律主要描述的是對流、傳導或輻射冷卻中的哪一類現象；而在不同實驗條件下，保溫效果較佳的設計，可能分別對應到阻隔了哪些熱量散失途徑。若能將實驗結果與熱傳導、熱對流、熱輻射等物理概念相互連結，將能提升作品在科學分析上的深度與完整性。
--------	---

熱水降溫與吸收太陽能升溫實驗

204 15 黃同學

指導老師:蔡垂芬老師 胡偉哲老師



彰化縣員林市 員林高中ylsh

2026.3.20

目錄

實驗目的&動機	P3~4
實驗器材	P5
操縱變因	P6
假設	P7~8
實驗原理	P9~10
實驗一	P11~13
實驗二	P14~15
實驗三	P16~17
實驗器材製作步驟	P18
實驗四	P19~20
實驗五	P21~22
結論	P23
實驗改進、反思	P24~25
未來展望	P26~27
個人反思及心得	P28
參考文獻	P29

研究動機&目的

(一)研究動機

我們常觀察到用電風扇吹熱飲能加快降溫，深色物品在陽光下也比淺色更容易變熱，水放在陽光下會慢慢變熱。這些經驗讓我們好奇：環境中的風速大小、容器的顏色與材質，所影響的水溫關聯有多大？其中這些實驗是否有什麼理論可以討論？我們是否能手作太陽爐來讓水溫的上升更快？所以我們想進一步探討風速快慢與降溫的關聯，還有容器顏色、材質在升溫與降溫的區別，以及如何更好的讓水升溫。我們將在實驗中分析風速、杯子材質與顏色對水溫變化的影響，還有運用手作太陽爐來讓水溫上升，並比較不同變因影響升溫、降溫的關聯與探討相關理論！

研究動機&目的

(二)研究目的

本次實驗我們主要在探討日常生活中影響水溫變化的多種因素。我們透過改變杯子的顏色、材質以及環境中的風速大小，觀察各種變因與水溫下降速度之間的關聯，來解不同條件下散熱的差異。接著在升溫實驗中，我們利用太陽爐集中太陽能，探討其是否能有效提升水溫上升的速度，並還進一步比較材質不同的杯子在太陽照射下的吸熱的效果差異。透過降溫與升溫兩部分實驗的對照，我們希望能更具體說明杯子材質、顏色與環境因素在水溫變化中的影響，並連結日常生活中的情境。

實驗器材

(一)熱水降溫

紙杯*3、溫度計*3、磅秤、
保鮮膜、紅色/黑色絕緣膠帶、
考卷、 L夾



(二)太陽爐升溫

鋁箔紙、紙箱、紙杯、寶特瓶、
溫度計、黑色絕緣膠帶、
太陽爐（自製）



操縱變因

01

風速大小

02

蓋子材質

03

杯子顏色

降實
溫驗

升實
溫驗

04

有無太陽爐

05

杯子材質

實驗假設——降溫實驗

- (1) 實驗一：假如風速越大，紙杯的水溫會下降越快嗎？
- (2) 實驗二：假如反光或隔熱效果好的覆蓋物，較能保持杯內溫度較高、不易散熱嗎？
- (3) 實驗三：假設在紙杯外面貼有顏色的絕緣膠帶，是否越深的杯壁吸熱效果越好、溫度下降變慢？

實驗假設——升溫實驗

(1) 實驗四：放在太陽爐裡面的紙杯會比放在沒有放在太陽爐的紙杯升溫還要快嗎？我們預估兩者升溫差會來到5度左右。

(2) 實驗五：如果把紙杯改為寶特瓶，一樣比對在太陽爐與無在太陽爐的寶特瓶溫差，我們預測可能會讓兩者溫差來到15度以上。

實驗原理

熱水降溫—牛頓冷卻定律

(1) 指數衰減：物體溫度隨時間呈現指數下降，最終溫度趨近於環境溫度

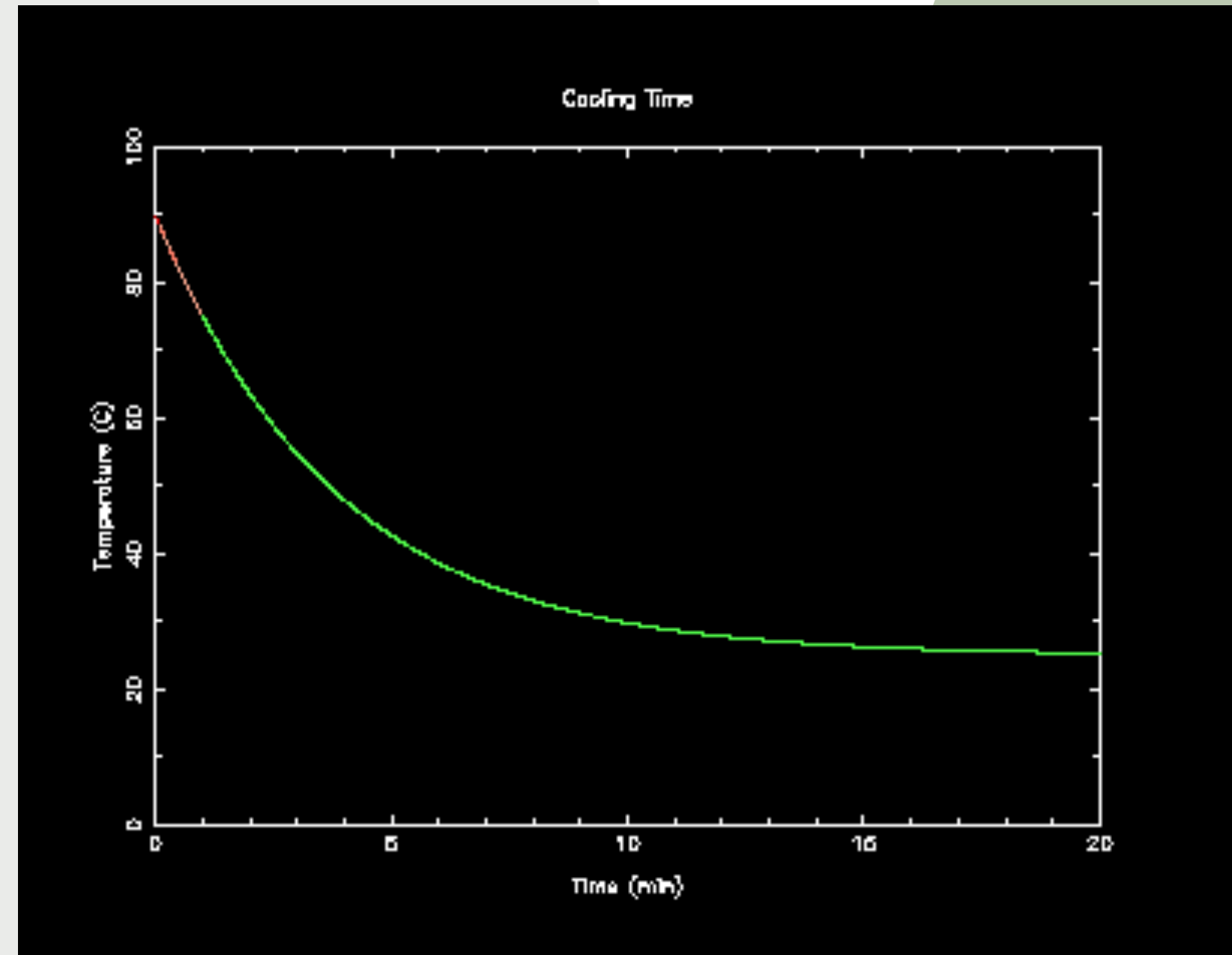
$$T(t) = T_{room} + (T_0 - T_{room})e^{-kt}$$

$T(t)$: 物體在時間(t)的溫度

T_{room} : 環境溫度(常數)

T_0 : 物體初始溫度

k : 比例係數



牛頓冷卻定律—呈指數下降

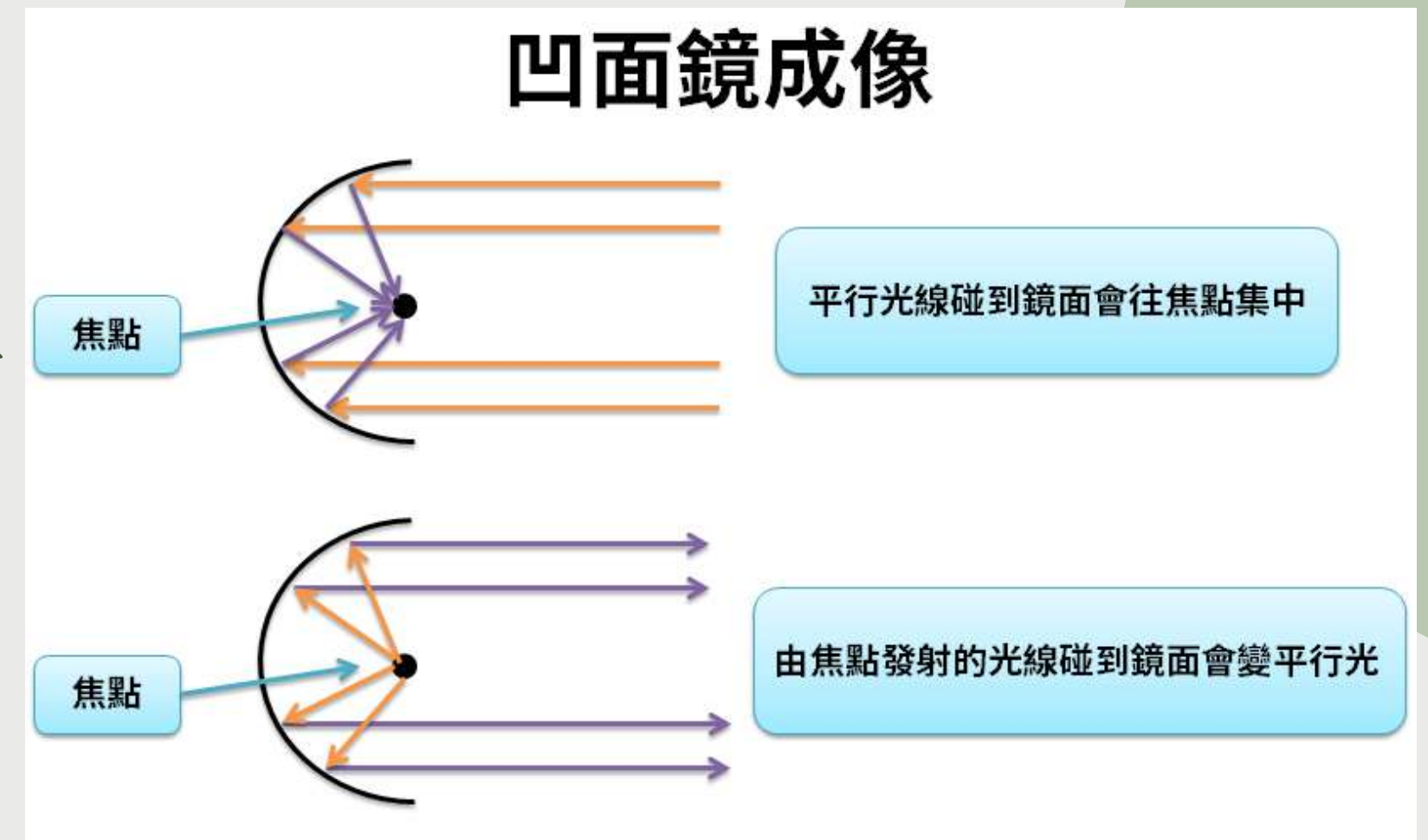
實驗原理

熱水升溫—凹面鏡焦點

(1) 運用凹面鏡焦距的原理，讓物品放置在焦點上，使陽光反射至焦點，並加熱水溫。

(2) 物體吸收熱能、放出熱能可以運用熱量公式

$$\text{熱量公式：} H = m \times s \times \Delta T$$



凹面鏡成像—焦點

實驗步驟（實驗一）

熱水降溫

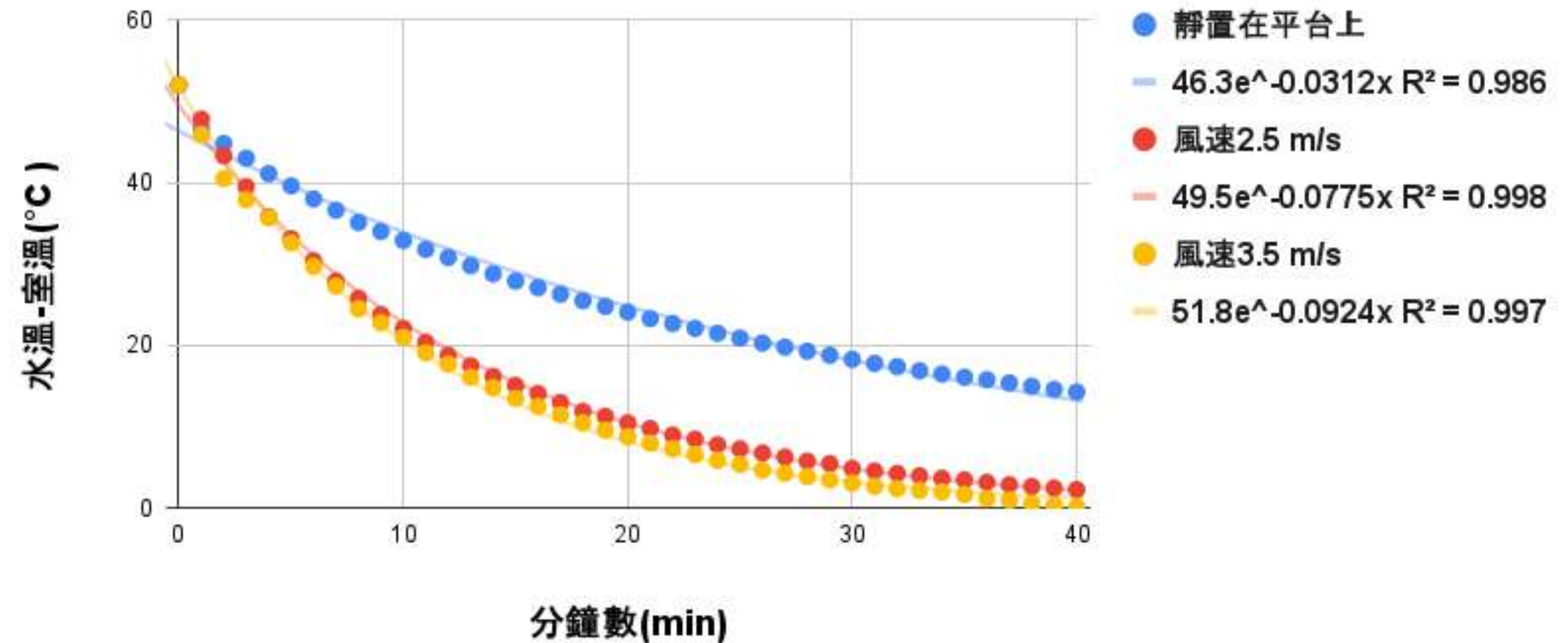
1. 將三個杯子裝200ml初溫皆為 80°C 的水
2. 一個杯子放在空氣自然流通的桌面上。
3. 另外兩個杯子放置在分別是 3.5m/s 以及 2.5m/s 的固定風速前
4. 每一分鐘測量一次溫度，共四十次，記錄每次數值並做成關係圖



結果與討論

從圖片可知風速大小與溫度下降的關聯：呈指數衰減，吻合牛頓冷卻定律中的溫度成指數衰減。放置在電風扇前的紙杯明顯降溫更快，所以表示風速越快降溫效果越好。

風速大小影響降溫的關聯



風速降溫效果：3.5m/s>2.5m/s>靜置

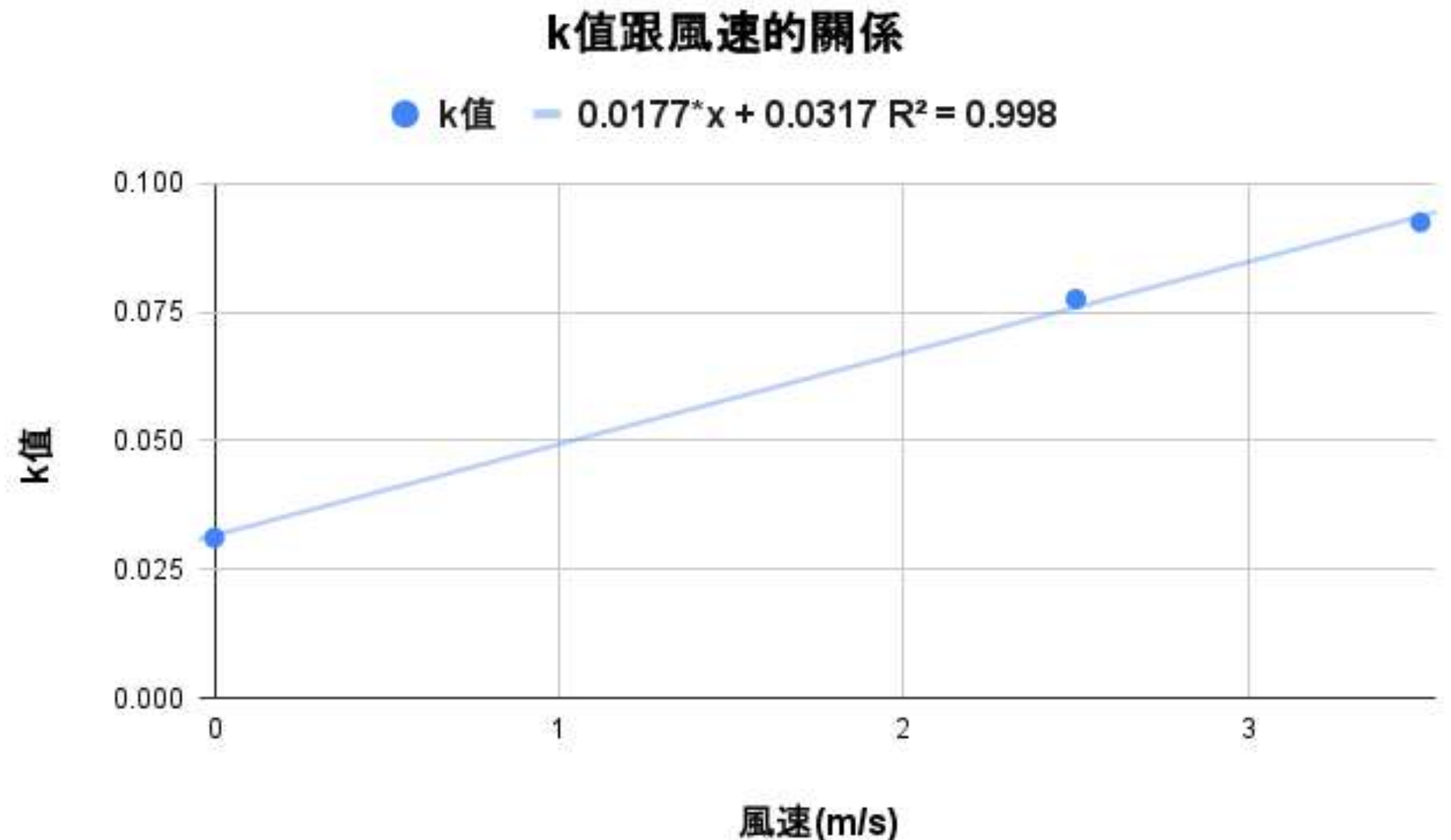
原理探討

右圖我們可以由牛頓冷卻定律，可知k值與風速呈正相關線性，且線條呈現斜直線。所以風速越大，會使水溫降得越快。

牛頓冷卻定律：

$$T(t) = T_{room} + (T_0 - T_{room})e^{-kt}$$

冷卻係數（k值）越高代表風速越大、降溫越快



實驗步驟（實驗二）

熱水降溫

1. 用塑膠膜、紙張、鋁箔（正反）各放在杯子上方壓出杯口的蓋子，並插上溫度計
2. 將三個杯子裝200ml初溫皆為80℃的水
3. 三個杯子放置在空氣自然流通的桌面上
4. 每一分鐘測量一次溫度，共四十次，記錄每次數值並做成關係圖

紙張背蓋

鋁箔背蓋(亮面朝上)

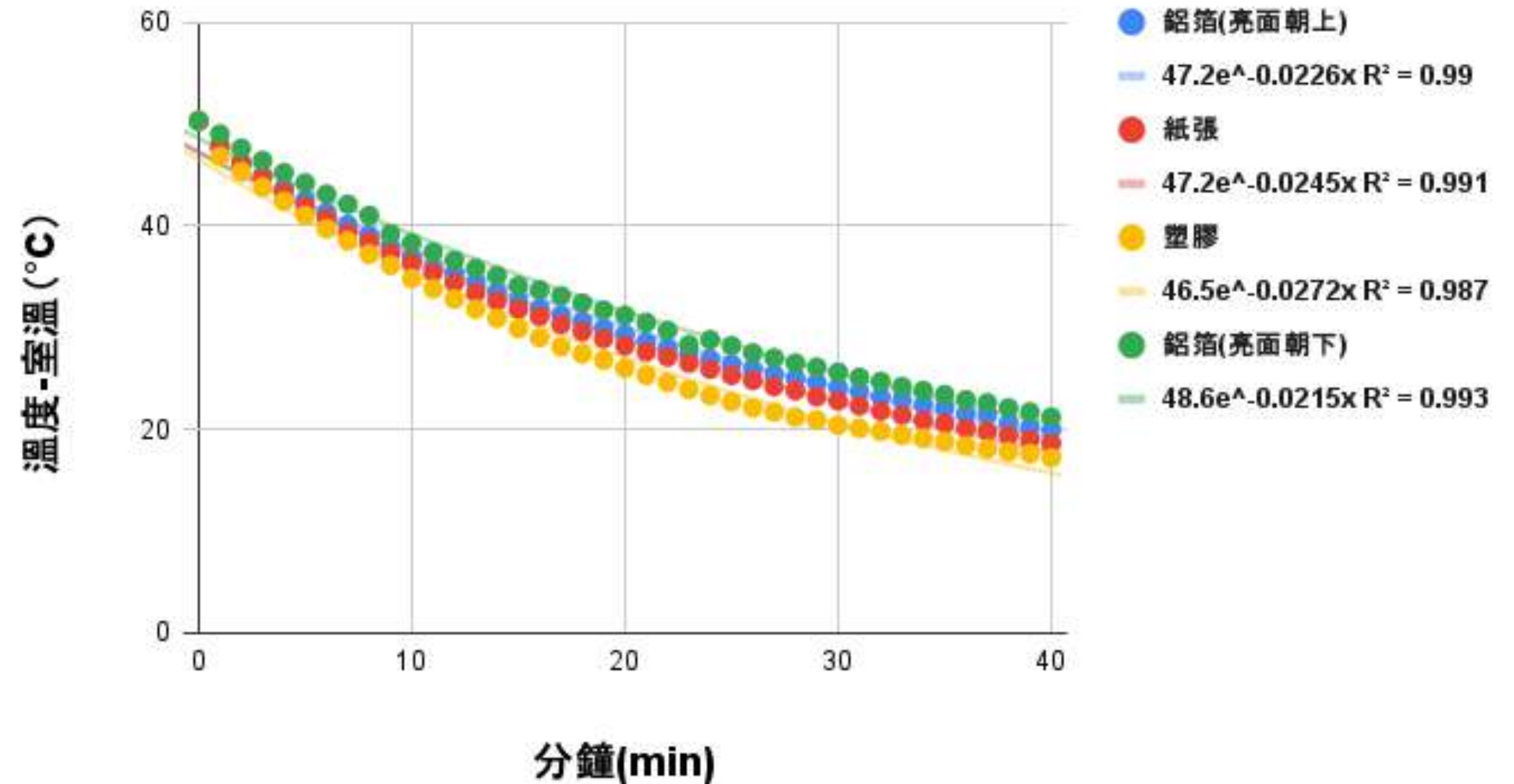


塑膠背蓋

結果與討論

從圖表和實驗一明顯發現坡度較緩，但依然可看出不同材質的封頂對熱降溫：呈數衰減，且鋁箔（亮面朝下）的封膜保溫效果最好、下降曲線較緩。

不同材質封頂對熱降溫的影響



保持杯內溫度效果比較：

鋁箔 (亮面朝下) > 鋁箔(亮面朝上) > 紙張 > 塑膠

實驗步驟

(一)熱水降溫（實驗三）

- 1.在其中兩個紙杯上貼滿上黑色、紅色膠帶，另一個維持原樣
- 2.將三個杯子裝200ml初溫皆為80℃的水
- 3.三個個杯子放置在空氣自然流通的桌面上
- 4.每一分鐘測量一次溫度，共四十次，記錄每次數值並做成關係圖

黑色杯子

紅色杯子



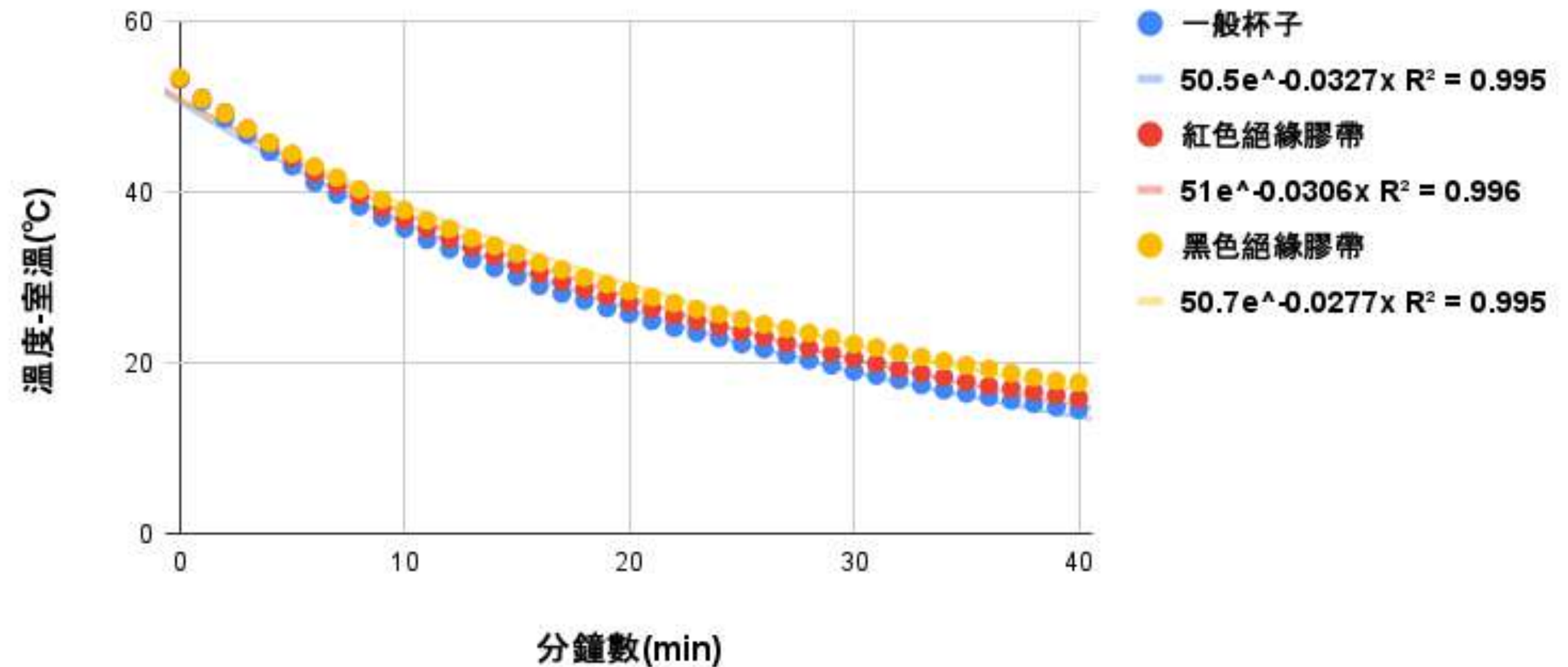
一般杯子(白)



結果與討論

圖表顯示出黑色的保溫效果最好，且線條呈現：指數衰減，而一般的杯子跟其他兩個杯子比起來降溫最快，所以杯子顏色深保溫效果會較好。

不同顏色對降溫的影響



保溫效果：黑色膠帶 > 紅色膠帶 > 一般杯子

實驗器材製作步驟

太陽爐製作成品



(一)太陽爐製作

- 1.剪六個梯型（上底7cm下底12cm高30）
- 2.個別貼上鋁箔紙（亮面朝上）
- 3.再拿紙箱其他部分圍成半圓的幅度，並貼上鋁箔紙
- 4.將紙箱和梯型紙板黏在一起，形成一個半圓
- 5.放置到陽光處，調好半圓角度，確保反射可以照射到底部水溫

實驗步驟

(二)吸收太陽能升溫（實驗四）

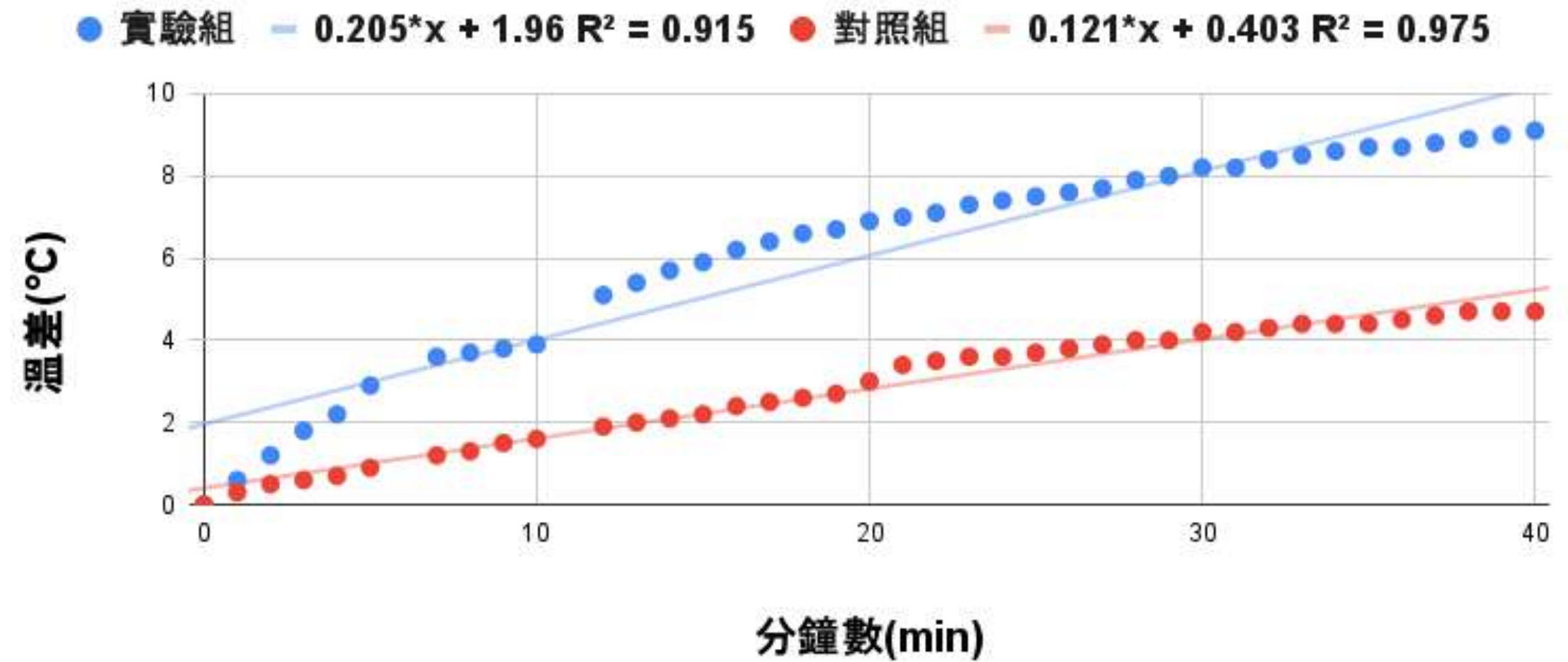
- 1.將三個紙杯表面貼上黑色膠帶，並各裝300g、 25.2°C 的水
- 2.將太陽爐裝置至於陽光底下調整反射角度
- 3.將其一水瓶置於集中反射處，另一置於陽光底下
- 4.每分鐘記錄一次溫度，共40次並製成圖表



結果與討論

我們發現實驗數據是比較抖動的，可能是因為光線不穩等原因，所以並沒有兩者溫差都來到5度以上，但依然可以得知：有使用太陽爐的紙杯溫差是大於沒有使用太陽爐的，且實驗的數據點很貼近於加熱斜線。

太陽爐對升溫的影響



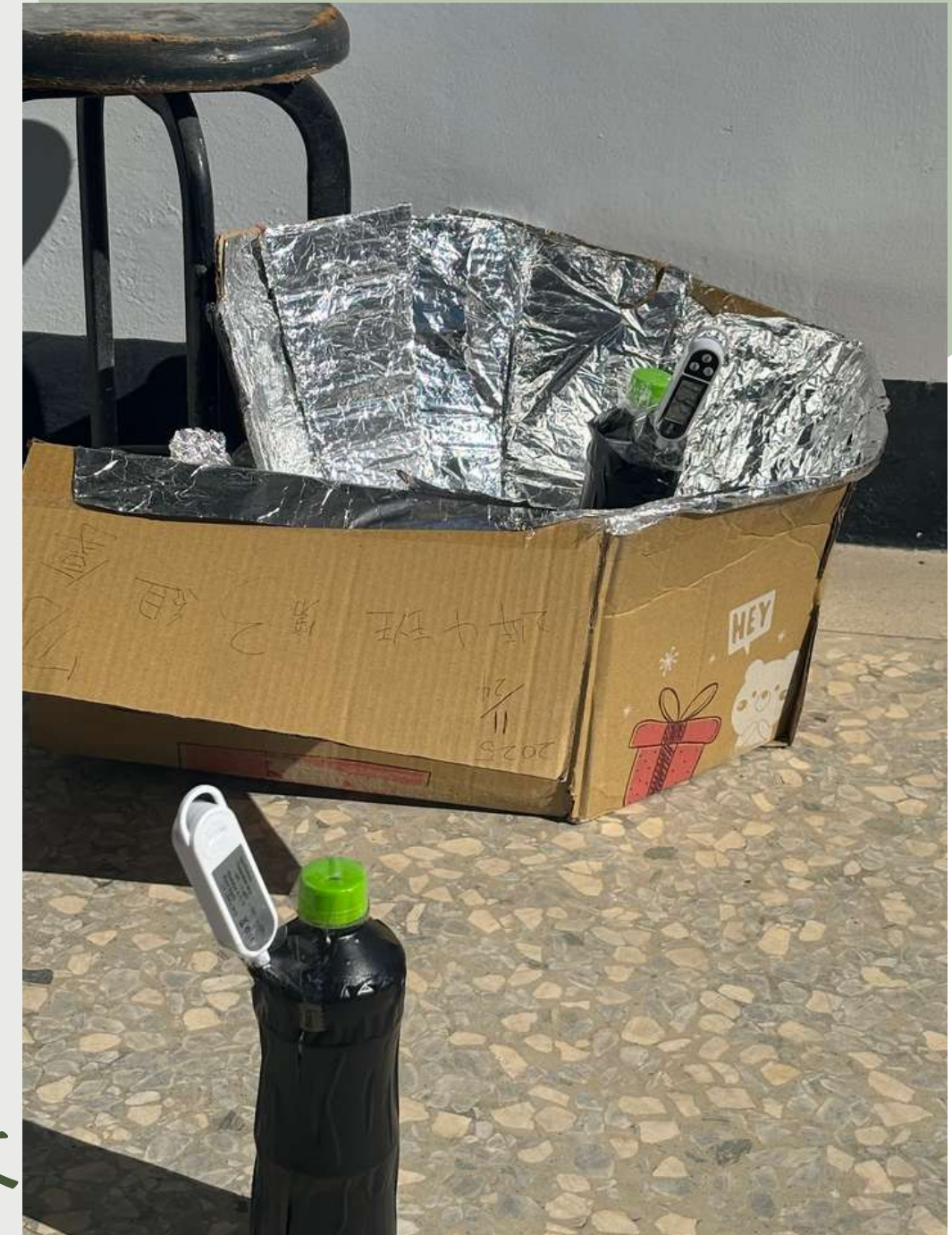
升溫效果：有太陽爐的紙杯 > 無太陽爐紙杯

溫差： 9°C 4.8°C

實驗步驟

(二)吸收太陽能升溫（實驗五）

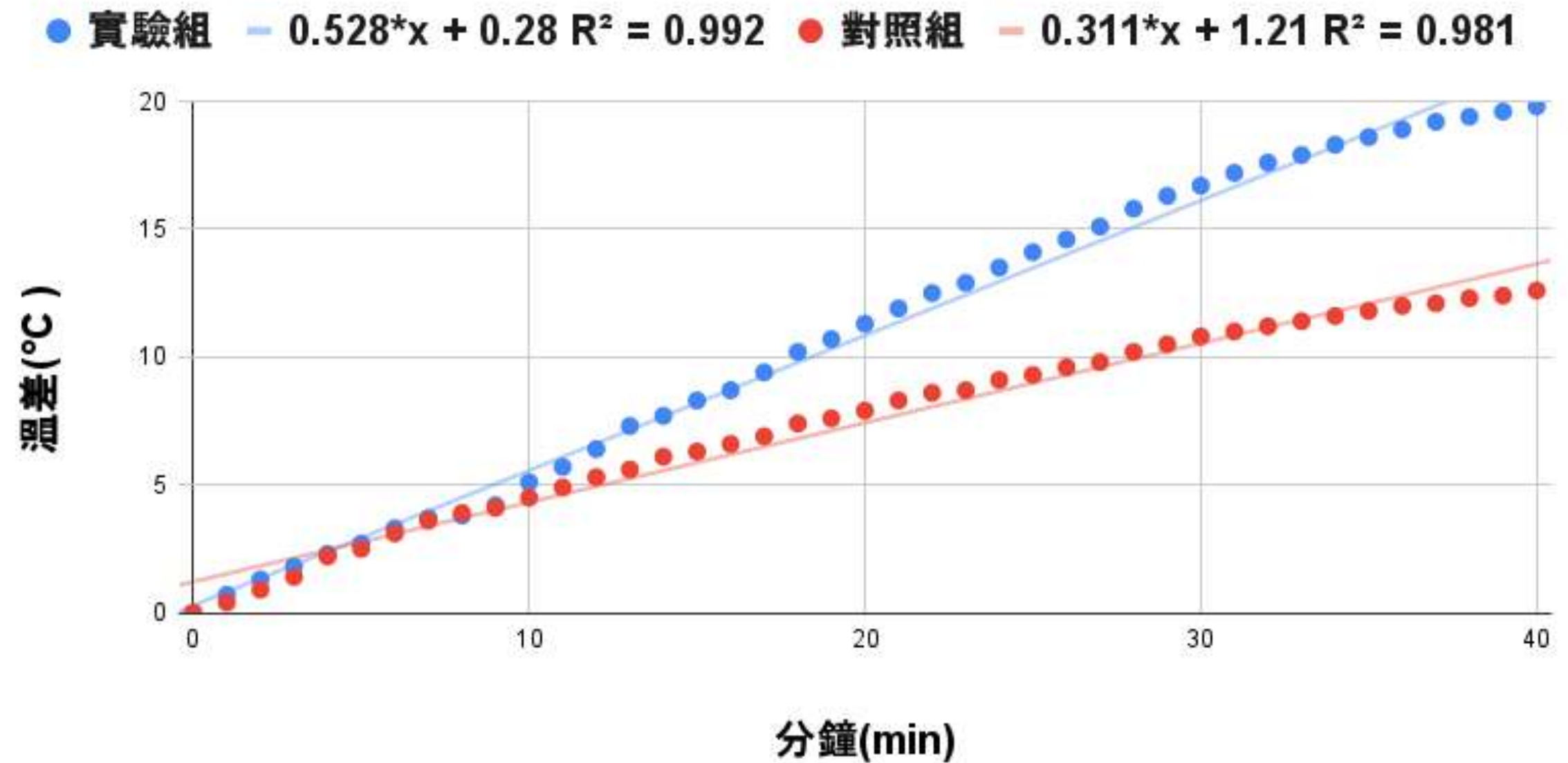
- 1.準備三個寶特瓶，並將表面貼上黑色膠帶，再各裝300g、 25.2°C 的水
- 2.將太陽爐裝置至於陽光底下調整反射角度
- 3.將其一水瓶置於集中反射處，另一至於陽光底下
- 4.每分鐘記錄一次溫度，共40次並製成圖表



結果與討論

這次改用寶特瓶、光照相對穩定，可以發現加熱線條接近的斜直線，且升溫效果明顯比上一次的溫度差距還要大，升溫效率也提高了不少，我們猜測主要原因是因為紙杯換成寶特瓶。

太陽爐對升溫的影響



升溫效果：有太陽爐的寶特瓶 > 無太陽爐的寶特瓶

溫差：20°C

15°C

結論

1.降溫實驗：

- (1)風速越大，溫度下降越快。
- (2)反光或隔熱效果好的覆蓋物能保持杯內溫度較高。
- (3)杯子外面貼絕緣膠帶，使杯內溫度維持時間延長。

2.升溫實驗：

- (1)有太陽爐鋁箔紙集中輻射加熱的紙杯比直接放置在陽光下加熱的效果好。
- (2)寶特瓶升溫效果較紙杯好。

實驗改進、反思

1. 在風速影響降溫這項實驗中，我們發現風速的範圍和控制尚有提升空間，因為風速差異不足，導致圖表無法清楚呈現其對降溫的影響，下次可將風速調成4.5m/s及0.5m/s，會更好展現出風速差異的降溫效果。

2. 太陽爐升溫實驗中，一開始做的太陽爐反射效果不好，沒辦法讓太陽輻射精準的反射在瓶身身上，導致溫度計過熱無法測量。後來改良裝置，把太陽爐的半圓形壓平一點、反射角反覆調整。

實驗改進、反思

3. 在顏色對降溫的影響實驗中，我們發現溫度的差距是較不明顯的，可能是因為顏色的深淺區別不大，或許下次可以把溫度再提高、使用顏色深淺明顯的杯壁，或許保溫的效果區別也會更大。

4. 在實驗五的過程中，發現溫度計貼向塑膠杯壁，而導致升溫數據異常大，後改在寶特瓶上挖洞，確保溫度計在水面和高度的中央、加熱均勻，修正後發現升溫的差距沒有一開始大了，且水溫也被加熱的很均勻。

未來展望

降溫實驗：

(1)身為在海島國家的我們降溫時往往都需要風的幫助，像是生活周遭的通風口，就是為了讓風能進來做循環。我們可以透過什麼樣的設計讓通風效果變得更好呢？

(2)背蓋在保溫的環節是不可缺的，現在常看到保溫杯的背蓋很多都使用PP塑膠（5號）、304/316的不鏽鋼等，那我們是否可以運用其他既可以環保還可以兼具保溫效果的材質呢？

未來展望

降溫實驗：

(3)大部分的飛機機身都是白色的，就是為了減少吸收過多的熱能，也可以讓溫度較迅速下降，我們是否能運用顏色的特性來保溫或是降溫較快的方法在農作物上？

升溫實驗：

(1)運用凹面鏡原理集中光線加熱，讓溫度能夠更快速的提升，雖然方法看似簡單，但想要讓它一瞬間加熱到想要的溫度還是要再努力的，或許我們可以嘗試運用同樣原理在製造出可以迅速加熱的太陽爐鍋。

個人反思及心得

這學期的實作課第一個我學習到的是「如何讓數據呈現更清晰」，想要讓數據線漂亮就必定少不了外在因素的排除，很多的細枝末節的的地方都是我們要注意的，像是水溫的精準度、風的走向、太陽的光照強度，我們會在實驗過程中盡可能的排除外在干擾因素。第二個我學習到的是「如何掌控好實驗的討論和實作時間」，因為在多人一起做實驗下會有更多想法以及更好的意見會被提出來一起討論，然而過多的想法討論反而會讓我們在有限的時間裡沒辦法完成，或者是讓此次的實驗草草結束，所以我們決定前10分鐘的時間拿來討論今天的實驗大綱+拿材料，並先定下一個實驗走向，以防時間不足。這次的實驗課讓我收穫良多，不僅僅只是實驗要注意的外在因素排除，還有更重要的討論與實作的時間分配，這讓我們更順利的完成了這次的探究實作！

參考文獻

太陽爐製作參考：

https://www.kidsplay.com.tw/index.php/mobile/diy/content/1237fbclid=PAT01DUA00yXJleHRuA2FlbQIxMABzcnRjBmFwcF9pZA81NjcwNjczNDMzNTI0MjcAAaeqYjDhf8k63xYdmbgC4t9OamqNIPNSyI-7Yp8UsR8MgnyFuSlqBA1sLWAQKA_aem_ktCtR9RkmmmjcoQ2bOGQzQ

不同材質封膜對保溫的效果：

<https://world.taobao.com/lang/zh-tw/shopping-guide/1887996495009939456.htm>

凹面鏡成像—焦點：

<https://share.google/s6GDr1mqpimEsC2dG>

鋁箔紙正反面的效果：

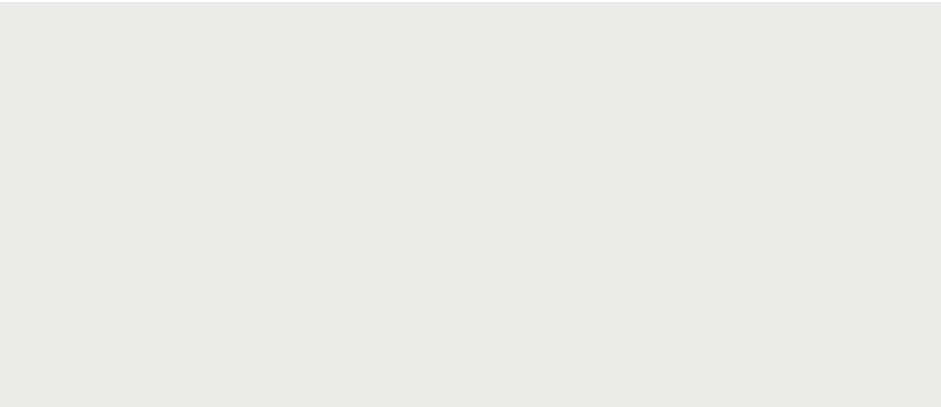
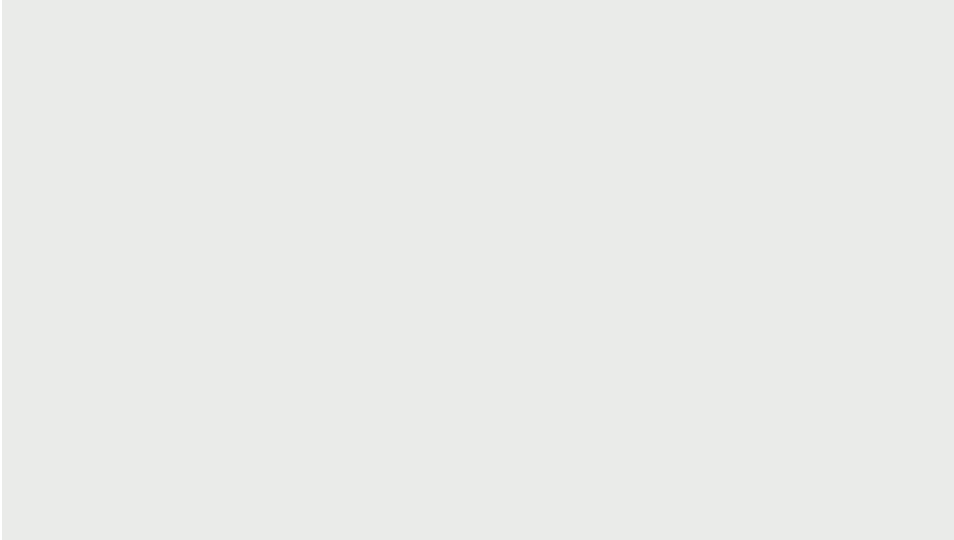
<https://share.google/QTCylRXBTjeyX2RsZ>

不同顏色對熱的吸收：

<https://share.google/bjXjAtfUqM0poS4aW>

牛頓冷卻定律指數圖：

http://boson4.phys.tku.edu.tw/high_school/week-6.htm



THANK
YOU