

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080115

神奇鋁罐樂不熱－鋁罐隔熱與散熱之探討

學校名稱：高雄市三民區十全國民小學

作者：	指導老師：
小六 林琬倩	呂明吉
小六 李泓佑	黎懿瑩
小五 陳孜霓	
小五 傅訢禔	
小五 李品叡	
小五 呂旻翰	

關鍵詞：鋁罐、隔熱、散熱

神奇鋁罐樂不熱—鋁罐隔熱與散熱之探討

摘要

我們對於鋁罐可使屋頂表面溫度下降約 20°C 的報導感到興趣，於是製作一塑膠模擬屋，以水泥、磁磚、玻璃、不銹鋼和鋁盤做屋頂，利用燈照代替太陽，對不同型式易開罐進行研究。

首先我們有系統地從外部不同位置測氣溫，然後測各式易開罐的表面以至於內部的溫度，最後利用模擬屋測屋內氣溫。期間並接了一熱電偶溫度計，大幅縮短了測量判讀時間。並發現高溫時，鋁罐比鐵罐溫度上升較慢且下降較快，鋁罐表面溫差變化比鐵罐小，表面磨光的裸鋁罐表面溫差變化又較小，且鑽 3 孔的裸鋁罐罐內均溫差最小。

最後在不鏽鋼盤上鋪滿半圓弧未磨光鋁片，測得屋內溫度比未鋪任何物還低 15°C。證實鋁罐對降低屋內氣溫度實有不錯成效。

壹、 研究動機

前一陣子看到一篇報導，日本一家公司將廢棄鋁罐打洞並排列在倉庫的鐵皮屋頂上，使得屋頂的表面溫度下降約 20°C。我們對此感到非常神奇與不可置信，居然利用回收物就可以讓屋子在炎熱的夏天不再那麼炙熱，不僅做到了環保回收，又能節能省電。

於是我們幾個感到有興趣的朋友就相約去請教老師，老師說剛好我們五下康軒版第三單元「熱的傳播與保溫」有講到相關的知識，要我們一起來設計實驗驗證與探討鋁罐的隔熱與散熱效果。

貳、 研究目的與問題

目的一、探討在燈泡照射下的氣溫變化情形？

問題(一)、在燈泡照射下，不同位置的氣溫變化情形如何？

問題(二)、利用酒精溫度計和熱電偶溫度計來測量氣溫，結果有何差異？

問題(三)、利用不同燈泡照射，測得的氣溫變化情形如何？

目的二、探討易開罐在燈泡照射下本身溫度變化情形？

問題(一)、不同種類的易開罐在燈泡照射下，表面溫度變化情形如何？

問題(二)、不同顏色的鋁製易開罐在燈泡照射下，表面溫度變化情形如何？

問題(三)、不同材質的易開罐在高溫時吸熱，表面溫度變化情形如何？

問題(四)、不同材質的易開罐在高溫時放熱，表面溫度變化情形如何？

目的三、探討鑽孔的鋁罐在燈泡照射下的表面及內部溫度變化情形？

問題(一)、在燈泡照射下，改變鋁罐開口的方向，其內部溫度變化情形如何？

問題(二)、在燈泡照射下，改變鋁罐鑽孔的位置，其表面及內部溫度變化情形如何？

問題(三)、在燈泡照射下，改變鋁罐鑽孔的數目，其內部溫度變化情形如何？

目的四、探討不同型式的屋頂，其屋內溫度變化情形如何？

問題(一)、改變模擬屋頂部的材質，在燈泡照射下，其屋內氣溫變化情形如何？

問題(二)、在模擬屋頂部鋪設不同型式的易開罐，在燈泡照射下，其屋內氣溫變化情形如何？

參、 研究設備與器材

100W 和 200W 白熾燈泡，PAR 38 型燈泡，燈罩，酒精、熱電偶和紅外線溫度計，自製溫度計支架，三用電錶，攝影機，各式鋁製和鐵製易開罐，自製懸置易開罐支架，#800 水砂紙，紅、黃、藍、黑、白等噴漆，1L 燒杯，卡式瓦斯爐，陶瓷纖維網，鐵夾子，LED 燈，塑膠模擬屋，水泥板，磁磚板，玻璃板，不鏽鋼盤，鋁盤，矽利康，塑鋼土。



圖一 裝置圖

肆、 研究過程、方法、結果與討論

問題一：在燈泡照射下，不同位置的氣溫變化情形如何？

構想：我們利用燈泡照射來代替太陽進行實驗，以便可以隨時進行實驗，且有利於實驗變因的操控。此外並在燈泡外加上燈罩，以集中燈的照射熱度。

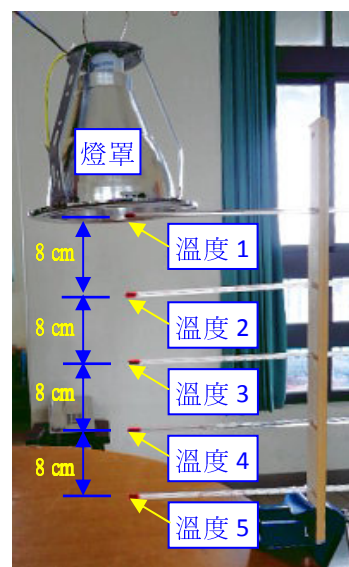
實驗一、使用酒精溫度計來測量不同位置的溫度變化情形

過程與方法：

- (一) 在燈罩裡裝上 100W 白熾燈泡。
- (二) 將五支酒精溫度計裝置在自製等距(8cm)支架上，並置於燈罩下方，如右圖二。
- (三) 打開燈泡，以攝影機記錄 10 分鐘內各溫度計的溫度變化情形。

結果：

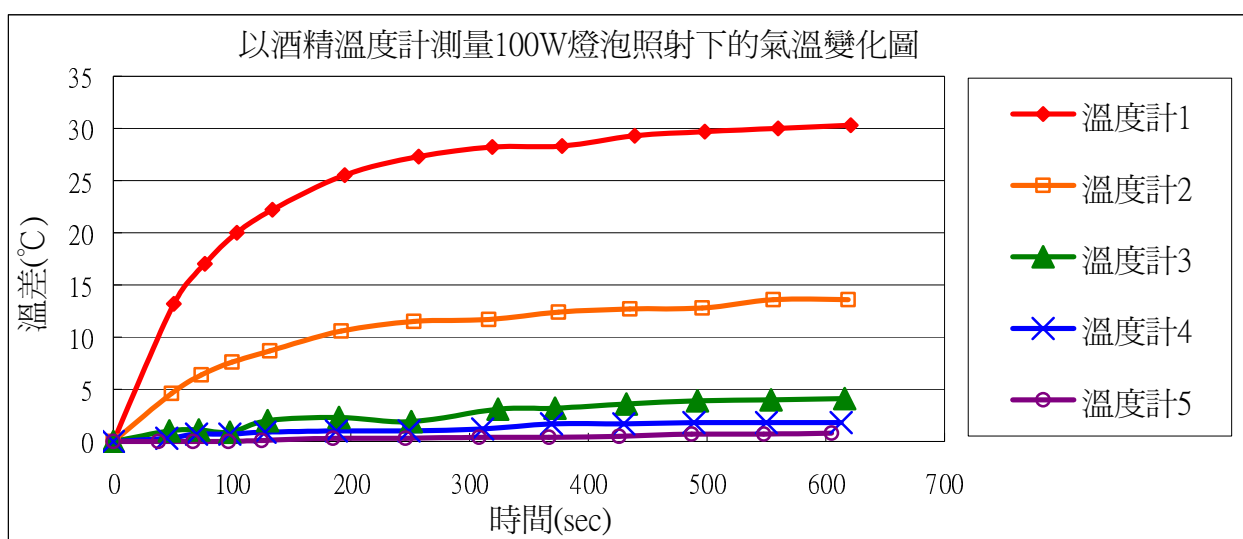
- (一) 距離燈泡較近的溫度計 1，所測得的溫差最大，約達 30 °C。其次為溫度計 2，將近約達 15°C。但約在 200 秒後，其溫差都變得很小，約在 5°C 以內。
- (二) 距離熱源較遠的溫度計 3、溫度計 4、溫度計 5，所測得的溫度變化極少，都在 5°C 之內。



圖二

表一：在 100W 白熾燈泡照射下，利用酒精溫度計測量不同位置的氣溫變化情形

溫度計1	時間(sec)	0	51	77	104	134	195	257	319	378	439	498	560	621
	溫度(°C)	21.8	35.0	38.8	41.8	44.0	47.3	49.1	50.0	50.1	51.1	51.5	51.8	52.1
	溫差(°C)	0	13.2	17	20	22.2	25.5	27.3	28.2	28.3	29.3	29.7	30	30.3
溫度計2	時間(sec)	0	49	74	100	132	192	253	316	375	435	496	556	619
	溫度(°C)	21.4	26.0	27.8	29.0	30.1	32.0	32.9	33.1	33.8	34.1	34.2	35.0	35.0
	溫差(°C)	0.0	4.6	6.4	7.6	8.7	10.6	11.5	11.7	12.4	12.7	12.8	13.6	13.6
溫度計3	時間(sec)	0	47	72	98	130	190	251	324	372	432	492	554	616
	溫度(°C)	21.9	22.9	23.0	22.8	23.9	24.2	23.8	25.0	25.1	25.5	25.8	25.9	26.0
	溫差(°C)	0.0	1.0	1.1	0.9	2.0	2.3	1.9	3.1	3.2	3.6	3.9	4.0	4.1
溫度計4	時間(sec)	0	45	70	98	128	188	249	311	369	430	489	550	613
	溫度(°C)	22.1	22.4	22.8	22.8	23.0	23.1	23.1	23.3	23.8	23.8	23.9	23.9	23.9
	溫差(°C)	0.0	0.3	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	1.2	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8
溫度計5	時間(sec)	0	38	67	97	125	185	246	308	367	426	487	548	605
	溫度(°C)	22.1	22.1	22.1	22.1	22.2	22.4	22.4	22.5	22.5	22.6	22.8	22.8	22.9
	溫差(°C)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.8



圖三

研究討論：

- (一) 實驗後發現，酒精溫度計雖取得容易、價格低廉，但有以下缺點：
 1. 每支溫度計的起始溫度不盡相同，約有 2°C 以內的差異。
 2. 最小刻度為 1°C，刻度判讀不易，需要花較多的時間來讀取測量值。
 3. 測量溫度有限制，最高溫只能到 110°C。
 4. 溫度變化較不靈敏，達熱平衡所需的時間較長。
- (二) 五支溫度計之間的每兩支距離都是等距(8cm)擺置，但是它們的溫差變化卻不成比例，且差異性滿大的。
- (三) 我們是利用攝影機逐一拍攝每支溫度計的刻度來進行測量，所以每支溫度計的記錄時間都不相同。

引發的想法：

- (一) 我們猜想是不是酒精溫度計不夠靈敏，或者是酒精溫度計不適合用來測量空氣的溫度，導致五支溫度計的溫差差異性很大。
- (二) 於是我們想再用另一種方式來測量氣溫，經蒐尋查得有一種熱電偶溫度計可以測量氣溫。

問題二：利用酒精溫度計和熱電偶溫度計來測量氣溫，所得結果有何差異？

實驗二、使用熱電偶溫度計來測量不同位置的溫度變化情形

過程與方法：

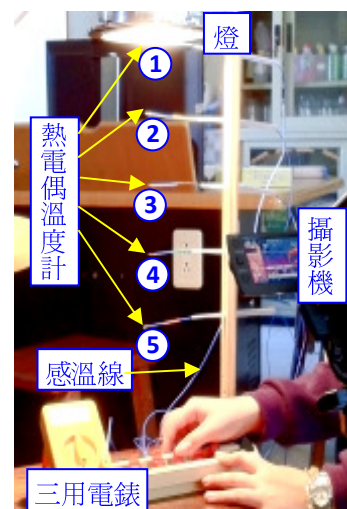
(一) 將實驗一的酒精溫度計換成熱電偶溫度計。

(二) 重複實驗一步驟(一)~(三)做實驗。

結果：

(一) 和實驗一的結果一致，都是距離燈泡較近的溫度計 1，所測得的溫差最大，約達 30°C。其次為溫度計 2，將近約達 10°C。但約在 90 秒後，其溫差都變得很小，約在 3°C 以內。

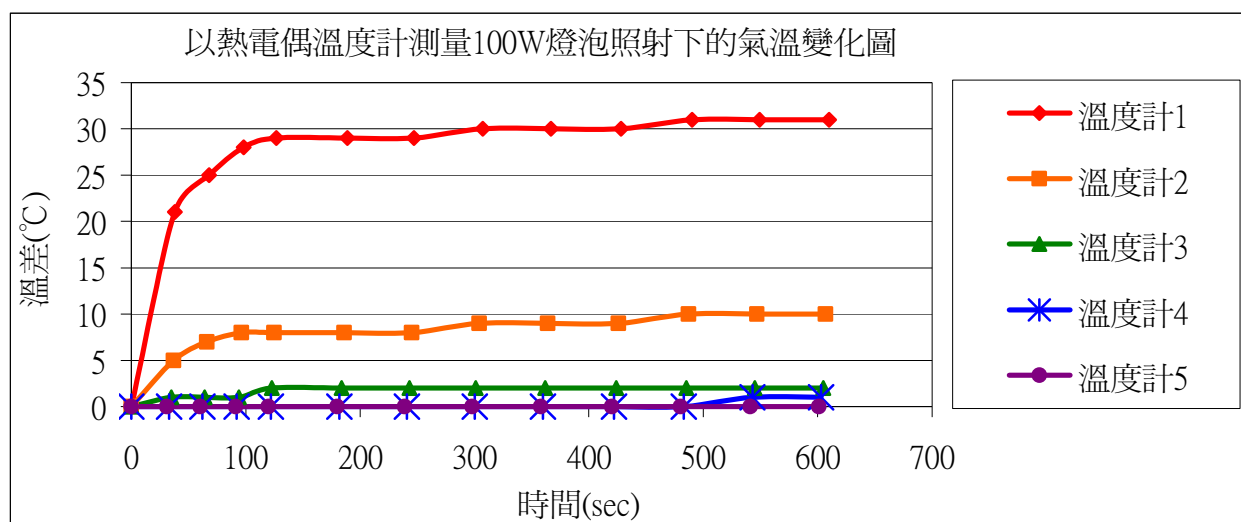
(二) 距離熱源較遠的溫度計 3、溫度計 4、溫度計 5，所測得的溫度變化極少，都在 2°C 之內。



圖四

表二：在 100W 白熾燈泡照射下，利用熱電偶溫度計測量不同位置的氣溫變化情形

溫度計1	時間(sec)	0	38	68	98	127	189	247	307	367	428	490	549	610
	溫度(°C)	25.0	46.0	50.0	53.0	54.0	54.0	54.0	55.0	55.0	55.0	56.0	56.0	56.0
	溫差(°C)	0.0	21.0	25.0	28.0	29.0	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	31.0	31.0	31.0
溫度計2	時間(sec)	0	37	66	96	125	186	245	304	364	426	487	547	607
	溫度(°C)	25.0	30.0	32.0	33.0	33.0	33.0	33.0	34.0	34.0	34.0	35.0	35.0	35.0
	溫差(°C)	0.0	5.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0
溫度計3	時間(sec)	0	35	64	94	123	184	243	301	362	424	485	545	605
	溫度(°C)	25.0	26.0	26.0	26.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	溫差(°C)	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
溫度計4	時間(sec)	0	33	62	92	122	182	241	300	360	422	483	543	603
	溫度(°C)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	26.0	26.0
	溫差(°C)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
溫度計5	時間(sec)	0	31	60	91	120	180	239	298	358	420	480	541	601
	溫度(°C)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	溫差(°C)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



圖五

研究討論：

(一) 經實驗後發現，熱電偶溫度計有以下的優點：

1. 在相同環境下，起始溫度皆相同。

2. 測量的數值以數位方式顯示，可以很容易、很快地從三用電錶讀出。
 3. 可測溫度範圍較大(-50~600°C)。
 4. 溫度變化較靈敏，達熱平衡所需的時間較短。
- (二) 用熱電偶溫度計和酒精溫度計所測得的結果大致相同。由於是在開放性的空間進行實驗測量，而空氣對熱的傳導不良，主要是藉由熱輻射的方式來傳熱，而熱輻射通量和距離的平方成反比，所以距熱源較近的溫度計 1 和溫度計 2 的溫差變化會很大，且距離燈泡較遠的溫度計 3、溫度計 4 和溫度計 5 的溫度幾乎沒什麼變化。
- (三) 熱電偶溫度計可以較快和空氣達成熱平衡，而且可以很容易、很快地從三用電錶來讀取數據，因此以下實驗都採用此溫度計來進行測量。

問題三：利用不同燈泡照射，所測得的氣溫變化情形如何？

構想：除了使用 100W 白熾燈泡外，我們想更換更高瓦數，或是其它型式的燈泡來進行實驗觀測。

實驗三、依序更換成 200W 白熾燈泡和 120W PAR38 型燈泡來進行實驗

過程與方法：

- (一) 將實驗一的 100W 白熾燈泡依序換成 200W 白熾燈泡和 120W PAR38 型燈泡，並利用熱電偶溫度計進行測量。
- (二) 重複實驗二進行實驗。



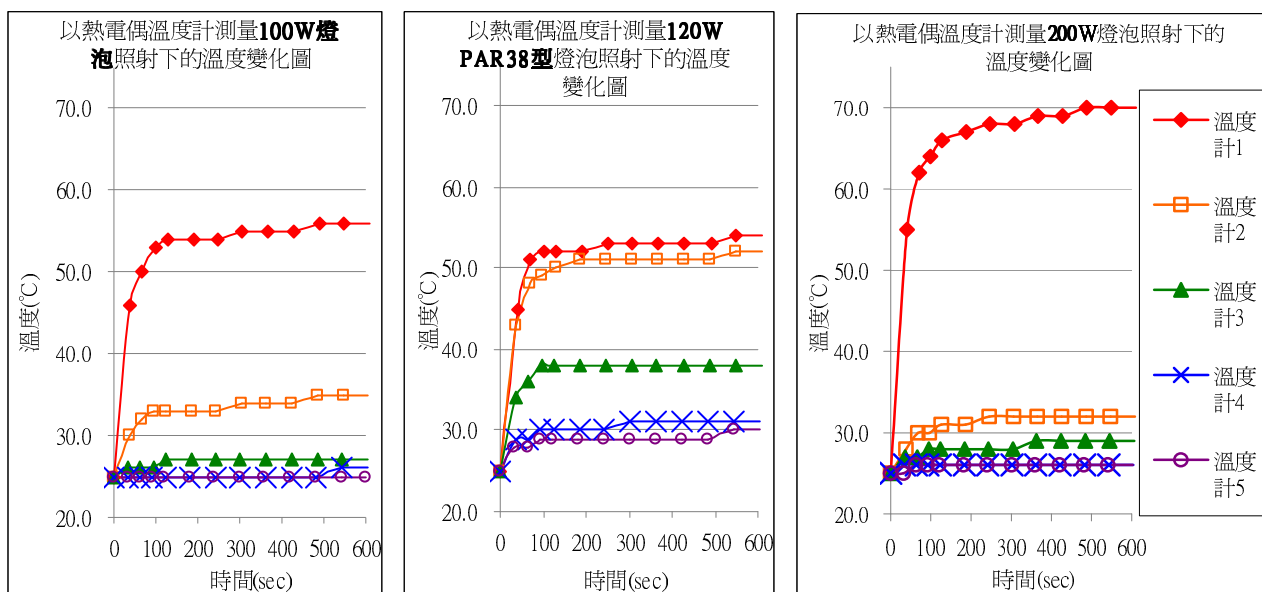
圖六

結果：

- (一) 以 200W 白熾燈泡照射時，距離燈泡最近的溫度計 1 所測的溫度最高，約達 70°C。
- (二) 以 120W PAR38 型燈泡照射時，溫度計 2、溫度計 3、溫度計 4 和溫度計 5、所測的溫度都比用 100W 和 200W 白熾燈泡所測的溫度還高些。

表三：分別在 200W 白熾燈泡和 120W PAR38 型燈泡照射下，利用熱電偶溫度計測量不同位置的溫度變化情形

200W 白熾燈泡														
溫度計1	時間(sec)	0	41	71	99	128	188	247	308	367	428	488	549	610
	溫度(°C)	25	55	62	64	66	67	68	68	69	69	70	70	70
溫度計2	時間(sec)	0	38	68	97	126	186	245	306	365	426	487	547	608
	溫度(°C)	25	28	30	30	31	31	32	32	32	32	32	32	32
溫度計3	時間(sec)	0	36	66	95	124	184	243	304	363	424	485	545	606
	溫度(°C)	25	27	27	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29
溫度計4	時間(sec)	0	34	64	93	123	183	241	302	361	422	483	543	604
	溫度(°C)	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
溫度計5	時間(sec)	0	32	62	91	120	181	240	301	359	420	481	541	602
	溫度(°C)	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
120W PAR38型燈泡														
溫度計1	時間(sec)	0	40	70	101	131	190	249	309	367	430	491	551	611
	溫度(°C)	25	43	48	49	50	51	51	51	51	51	51	52	52
溫度計2	時間(sec)	0	38	68	99	128	188	247	306	367	428	489	550	609
	溫度(°C)	25	45	51	52	52	52	53	53	53	53	53	54	54
溫度計3	時間(sec)	0	37	66	96	126	186	246	305	365	426	488	548	607
	溫度(°C)	25	34	36	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
溫度計4	時間(sec)	0	35	64	94	124	184	244	303	363	424	485	546	605
	溫度(°C)	25	29	29	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31
溫度計5	時間(sec)	0	33	63	92	122	182	241	301	361	422	483	544	603
	溫度(°C)	25	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30



圖七

研究討論：

- (一) 因為 200W 白熾燈泡所耗的功率最大，產生的熱量最多，所以最靠近燈泡位置的溫度計1所測的溫度最高。
- (二) PAR38 型燈泡是因為本身有燈罩的特別設計，導致傳熱較集中，可以將熱傳得比較遠。所以在較遠處所測得的溫度比其他兩種燈泡還高。

註：

- (一) PAR38 中的 PAR 表示為鍍鋁反射燈，數字 38 表示燈泡最大外型尺寸大小。

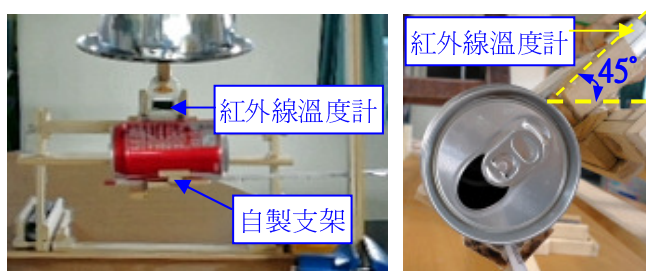
問題四：不同種類的易開罐在燈泡照射下，其表面溫度變化情形如何？

構想：市面上常見的易開罐種類有鋁罐和鐵罐，我們想知道不同易開罐在燈泡照射下，其本身的溫度變化情形如何？並將各種易開罐表面的漆全部磨光來進行實驗，看看結果有何不同？

實驗四、使用紅外線溫度計來測量各式易開罐的表面溫度變化

過程與方法：

- (一) 將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡。
- (二) 依序將可樂鋁罐、麥汁鋁罐、舒 X 鋁罐、波 X 鐵罐和韋 X 鐵罐等各式易開罐懸置於自製支架上，並距離燈罩下方 8cm 處。
- (三) 將紅外線溫度計以 45° 的角度來測量易開罐表面的溫度，如圖八。
- (四) 以攝影機記錄燈泡照射 10 分鐘內的溫度變化情形。
- (五) 將步驟(二)各式易開罐表面的漆全部磨光，重複步驟(二)~(四)做實驗。



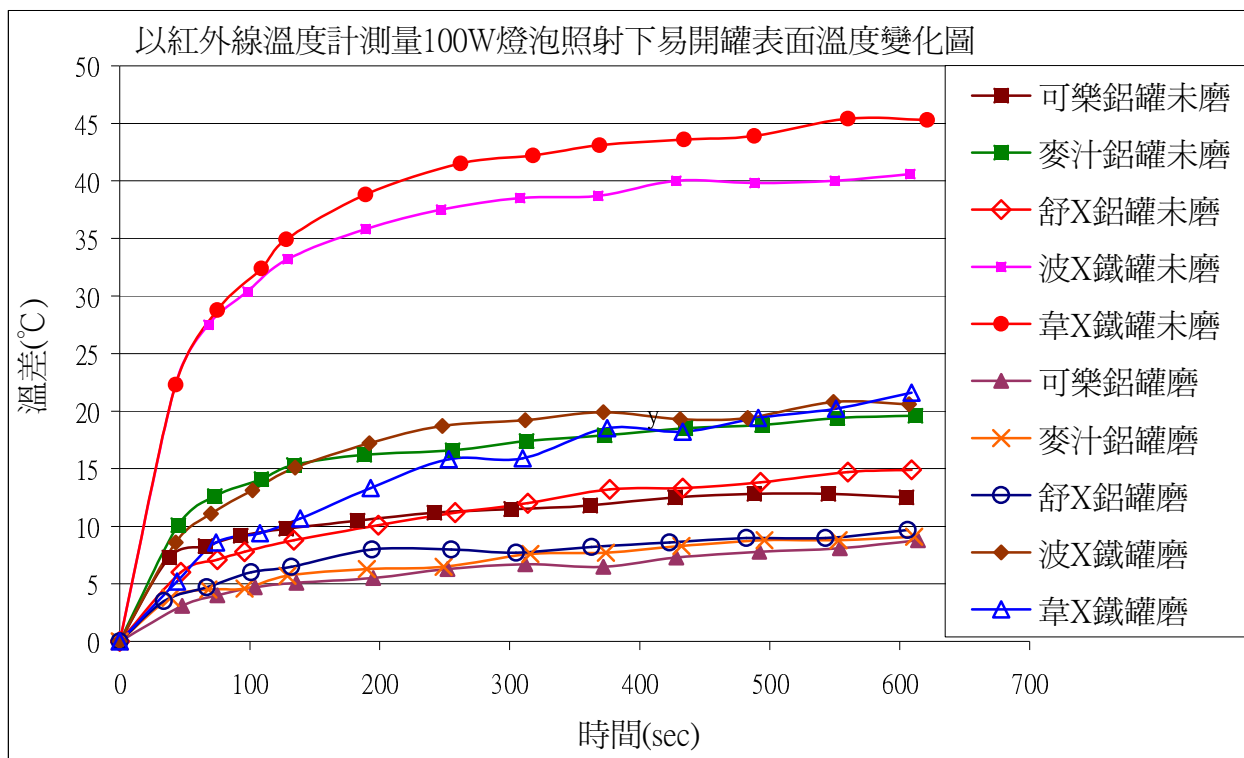
圖八

結果：

- (一) 鋁製易開罐：
 1. 所有表面磨光的鋁製裸罐的表面溫差變化都是較小的，且彼此間的溫差變化都很接近。
 2. 表面未磨光的鋁罐所測得的表面溫差變化，比表面全部磨光的鋁罐還大，其中以麥汁鋁罐的溫差變化最大。
- (二) 表面未磨光的鐵製易開罐所測得的表面溫差變化，比表面全部磨光的鐵罐還大。其中以韋 X 鐵罐的溫差變化最大。
- (三) 表面磨光的鋁罐所測得的表面溫差變化，比表面磨光的鐵罐所測得的表面溫差變化還小。
- (四) 表面未磨光的易開罐所測得的表面溫差變化，會因表面的圖案顏色不同，而有些差異。

表四：在 100W 白熾燈泡照射下，各式易開罐的表面溫度變化情形

可樂鋁罐未磨	時間(sec)	0	38	66	93	128	183	242	301	362	427	488	545	605
	溫度(°C)	23.6	30.9	31.9	32.8	33.4	34.1	34.8	35.1	35.4	36.1	36.4	36.4	36.1
	溫差(°C)	0.0	7.3	8.3	9.2	9.8	10.5	11.2	11.5	11.8	12.5	12.8	12.8	12.5
麥汁鋁罐未磨	時間(sec)	0	45	73	109	134	188	256	313	373	435	494	552	612
	溫度(°C)	22	32.1	34.6	36.1	37.3	38.2	38.6	39.4	39.9	40.5	40.8	41.4	41.6
	溫差(°C)	0.0	10.1	12.6	14.1	15.3	16.2	16.6	17.4	17.9	18.5	18.8	19.4	19.6
舒X鋁罐未磨	時間(sec)	0	47	75	96	134	199	258	314	377	433	493	560	609
	溫度(°C)	20.6	26.6	27.7	28.4	29.4	30.7	31.8	32.6	33.8	33.9	34.4	35.3	35.5
	溫差(°C)	0.0	6.0	7.1	7.8	8.8	10.1	11.2	12.0	13.2	13.3	13.8	14.7	14.9
波X鐵罐未磨	時間(sec)	0	43	68	98	129	189	247	308	368	428	488	550	608
	溫度(°C)	19.9	42.3	47.4	50.3	53.1	55.7	57.4	58.4	58.6	59.9	59.7	59.9	60.5
	溫差(°C)	0.0	22.4	27.5	30.4	33.2	35.8	37.5	38.5	38.7	40.0	39.8	40.0	40.6
韋X鐵罐未磨	時間(sec)	0	43	75	109	128	189	262	318	369	434	488	560	621
	溫度(°C)	23	45.3	51.8	55.4	57.9	61.8	64.5	65.2	66.1	66.6	66.9	68.4	68.3
	溫差(°C)	0.0	22.3	28.8	32.4	34.9	38.8	41.5	42.2	43.1	43.6	43.9	45.4	45.3
可樂鋁罐磨	時間(sec)	0	48	75	104	136	195	252	312	372	428	492	554	614
	溫度(°C)	21.8	24.9	25.8	26.5	26.9	27.3	28.1	28.5	28.3	29.1	29.6	29.9	30.6
	溫差(°C)	0.0	3.1	4.0	4.7	5.1	5.5	6.3	6.7	6.5	7.3	7.8	8.1	8.8
麥汁鋁罐磨	時間(sec)	0	39	68	96	129	190	249	316	374	432	496	553	611
	溫度(°C)	22.3	26.1	26.8	26.9	28	28.6	28.8	29.9	30	30.6	31.1	31.1	31.4
	溫差(°C)	0.0	3.8	4.5	4.6	5.7	6.3	6.5	7.6	7.7	8.3	8.8	8.8	9.1
舒X鋁罐磨	時間(sec)	0	34	67	101	132	194	255	305	363	423	482	543	606
	溫度(°C)	23.4	26.9	28.1	29.4	29.9	31.4	31.4	31.1	31.6	32	32.4	32.4	33.1
	溫差(°C)	0.0	3.5	4.7	6.0	6.5	8.0	8.0	7.7	8.2	8.6	9.0	9.0	9.7
波X鐵罐磨	時間(sec)	0	43	70	102	135	192	248	312	372	431	483	549	607
	溫度(°C)	23.7	32.3	34.8	36.8	38.8	40.9	42.4	42.9	43.6	43	43.1	44.5	44.3
	溫差(°C)	0.0	8.6	11.1	13.1	15.1	17.2	18.7	19.2	19.9	19.3	19.4	20.8	20.6
韋X鐵罐磨	時間(sec)	0	44	74	108	139	193	253	310	375	433	491	551	609
	溫度(°C)	21.1	26.3	29.7	30.5	31.8	34.4	36.9	37	39.6	39.3	40.5	41.3	42.7
	溫差(°C)	0.0	5.2	8.6	9.4	10.7	13.3	15.8	15.9	18.5	18.2	19.4	20.2	21.6



研究討論：

- (一) 因為各種易開罐表面的顏色都不一致，為了控制好實驗變因，所以我們把各種易開罐表面全部磨光來進行實驗測量。
- (二) 為了只把易開罐表面磨掉，我們採用水砂紙(#800)並小心輕磨，以免造成易開罐表面凹凸不平，而影響實驗結果。
- (三) 相同材質但不同種類的易開罐，其所測得溫差變化有些差異，可能是表面顏色不相同所致。所以我們改變易開罐表面的顏色，來進行下一個實驗探討。
- (四) 表面全部磨光的可樂鋁罐，所測得的溫差變化是較小的，所以以下實驗都以可樂鋁罐來進行測量。

問題五：表面不同顏色的鋁製易開罐在燈泡照射下，其表面溫度變化情形如何？

構想：為了改變易開罐表面的顏色，我們先將易開罐的表面全部磨光，然後在各個易開罐的表面再均勻噴上不同顏色的漆。

實驗五、測量不同顏色易開罐受熱後，其表面溫度的變化情形

過程與方法：

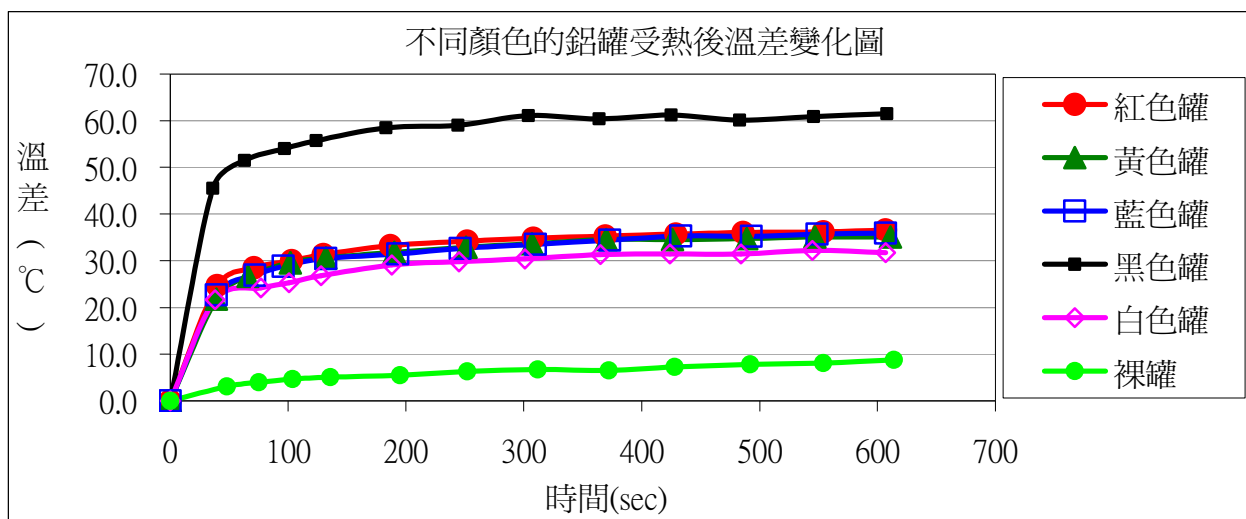
- (一) 將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡。
- (二) 依序將表面為紅、黃、藍、黑和白色易開罐懸置於自製支架上，並距離燈罩下方 8cm 處。
- (三) 重複實驗四步驟(三)~(四)做實驗。

結果：

- (一) 黑色罐所測得的表面溫差變化最大。
- (二) 紅、藍、黃色罐所測得的表面溫差變化相近，大小依序為紅、藍和黃色罐。
- (三) 白色罐所測得的表面溫差變化稍小，而裸罐所測得的表面溫差變化最小。

表五：在 100W 白熾燈泡照射下，表面不同顏色的易開罐之表面溫度變化情形

紅色罐	時間(sec)	0	40	71	103	130	187	252	308	369	429	486	554	607
	溫度(°C)	20.1	44.8	48.6	50.1	51.4	53.3	54.3	54.9	55.4	55.8	56.1	56.3	56.7
	溫差(°C)	0.0	24.7	28.5	30.0	31.3	33.2	34.2	34.8	35.3	35.7	36.0	36.2	36.6
黃色罐	時間(sec)	0	39	66	102	132	190	251	307	370	426	489	547	611
	溫度(°C)	21.3	43.1	48.0	50.9	51.9	53.1	54.2	54.9	55.8	55.8	56.0	56.4	56.4
	溫差(°C)	0.0	21.8	26.7	29.6	30.6	31.8	32.9	33.6	34.5	34.5	34.7	35.1	35.1
藍色罐	時間(sec)	0	39	72	96	132	193	246	310	373	433	493	549	607
	溫度(°C)	21.8	44.5	48.7	50.6	52.3	53.2	54.4	55.3	56.2	57.1	57.0	57.5	57.7
	溫差(°C)	0.0	22.7	26.9	28.8	30.5	31.4	32.6	33.5	34.4	35.3	35.2	35.7	35.9
黑色罐	時間(sec)	0	36	63	97	124	183	244	304	364	425	483	546	608
	溫度(°C)	21.4	66.9	72.9	75.4	77.1	79.9	80.4	82.5	81.8	82.6	81.5	82.3	82.9
	溫差(°C)	0.0	45.5	51.5	54.0	55.7	58.5	59.0	61.1	60.4	61.2	60.1	60.9	61.5
白色罐	時間(sec)	0	38	77	101	128	188	245	301	365	424	484	545	607
	溫度(°C)	21.1	42.8	45.3	46.4	47.9	50.2	50.9	51.5	52.4	52.5	52.5	53.3	52.8
	溫差(°C)	0.0	21.7	24.2	25.3	26.8	29.1	29.8	30.4	31.3	31.4	31.4	32.2	31.7
裸罐	時間(sec)	0	48	75	104	136	195	252	312	372	428	492	554	614
	溫度(°C)	21.8	24.9	25.8	26.5	26.9	27.3	28.1	28.5	28.3	29.1	29.6	29.9	30.6
	溫差(°C)	0.0	3.1	4.0	4.7	5.1	5.5	6.3	6.7	6.5	7.3	7.8	8.1	8.8



研究討論：

圖十

- (一) 表面顏色不同的鋁罐，其吸收熱量的效率不同，所以測得表面溫差的變化也不一樣，但還是以裸罐(表面磨光不上任何顏色)所測得的表面溫差變化最小，所以以下皆以鋁製裸罐來進行實驗測量。
- (二) 爲了在裸罐表層均勻噴上各種顏色的漆，我們先利用強力磁鐵將裸罐吸附在砂輪機轉軸的中心位置，然後利用砂輪機帶動裸罐轉動，再噴上漆，如此表面的漆就會較均勻，如圖十一。



圖十一

問題六：不同材質的易開罐在高溫時吸熱，其表面溫度變化情形如何？

構想：從實驗四的結果可看出，鋁罐溫度上升的變化比鐵罐的小，原因可能是鋁罐比鐵罐不容易吸熱，但是也有可能是鋁罐比鐵罐容易放熱。因此，我們再將鋁罐和鐵罐放入沸水中以及從沸水中拿出，以期從吸放熱情形來找出溫度變化的原因。

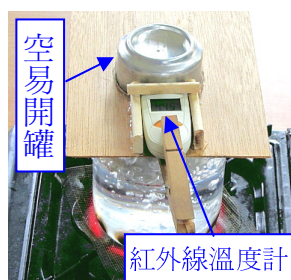
實驗六、將鋁罐和鐵罐放入沸水中，測量其表面溫度變化情形

過程與方法：

- (一) 將燒杯中的水煮沸。
- (二) 先測量空鋁罐表面溫度，再將其置入燒杯的沸水中，用紅外線溫度計測量表面溫度。
- (三) 以攝影機記錄 3 分鐘內的溫度變化情形。
- (四) 將步驟(二)的空鋁罐換成空鐵罐，重複步驟(一)~(三)做實驗。

結果：

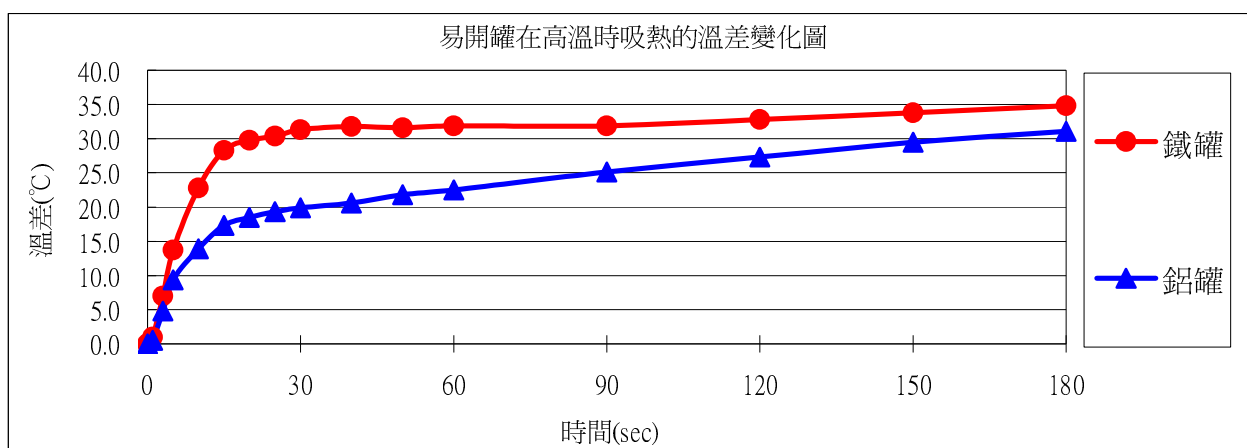
- (一) 在沸水中，鋁罐溫度上升速率比鐵罐慢。
- (二) 鋁罐和鐵罐在前 15 秒時，溫度上升速率較快，鋁罐上升約 17°C，鐵罐上升約 28°C。
- (三) 鐵罐在 40 秒後，溫度上升速率趨緩，至 3 分鐘才上升約 3°C。



圖十二

表六：易開罐放入沸水中的表面溫度變化情形

鐵罐	時間(sec)	0	1	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	90	120	150	180
	溫度(°C)	35.5	36.5	42.5	49.2	58.3	63.8	65.3	65.9	66.8	67.3	67.1	67.4	67.4	68.3	69.3	70.3
	溫差(°C)	0.0	1.0	7.0	13.7	22.8	28.3	29.8	30.4	31.3	31.8	31.6	31.9	31.9	32.8	33.8	34.8
鋁罐	時間(sec)	0	1	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	90	120	150	180
	溫度(°C)	37.8	38.3	42.6	47.2	51.7	55.1	56.3	57.1	57.7	58.4	59.6	60.3	62.9	65.1	67.3	68.9
	溫差(°C)	0.0	0.5	4.8	9.4	13.9	17.3	18.5	19.3	19.9	20.6	21.8	22.5	25.1	27.3	29.5	31.1



圖十三

研究討論：

- (一) 原本使用酒精燈來加熱燒杯，但是一直無法使水煮沸，後來改用卡式瓦斯爐來加熱，才順利將水煮沸。
- (二) 我們利用開罐器將易開罐一端全部打開，另一端鑽了2小孔，以方便將易開罐能迅速放入沸水中。
- (三) 經查得鋁的比熱(0.215)比鐵(0.106)稍大，即鋁的溫度變化會較小，所以鋁罐的溫度上升速率較慢。

問題七：不同材質的易開罐在高溫時放熱，其表面溫度變化情形如何？

構想：從實驗六的結果知道，在沸水中鋁罐的溫度上升比鐵罐慢。此外，我們也想知道將鋁罐和鐵罐從沸水中取出，其溫度變化情形如何。

實驗七、將鋁罐和鐵罐從沸水中拿出，測量其表面溫度的變化情形

過程與方法：

- (一) 將空鋁罐開口朝下完全置入裝有熱水的燒杯中煮沸三分鐘。
- (二) 然後從沸水中取出易開罐，並懸置於自製支架上，利用紅外線溫度計測量表面溫度。
- (三) 以攝影機記錄 10 分鐘內的溫度變化情形。

(四) 將步驟(一)的鋁罐換成鐵罐，重複步驟(一)~(三)做實驗。

結果：

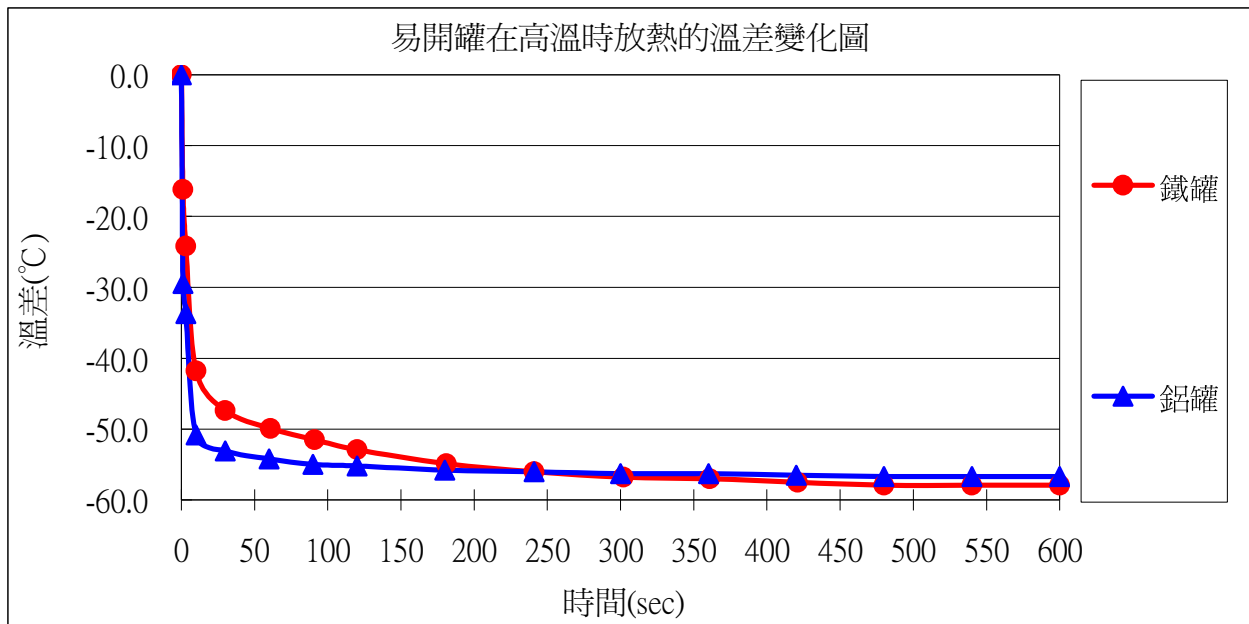
- (一) 在高溫時，鋁罐溫度下降的速率比鐵罐快。
- (二) 鋁罐溫度下降到一分鐘後，下降速率就趨緩，溫差在 3°C 以內。而鐵罐溫度下降到三分鐘後，下降速率才趨緩在溫差 3°C 以內。
- (三) 鐵罐最後的溫度(26.4°C)比鋁罐的(27.4°C)低。



圖十四

表六：易開罐從沸水中取出後的表面溫度變化情形

鐵罐	時間(sec)	0	1	3	10	30	61	91	120	181	241	302	361	421	480	540	600
	溫度(°C)	84.3	68.1	60.1	42.5	36.9	34.4	32.8	31.4	29.4	28.3	27.5	27.3	26.8	26.4	26.4	26.4
	溫差(°C)	0.0	-16.2	-24.2	-41.8	-47.4	-49.9	-51.5	-52.9	-54.9	-56.0	-56.8	-57.0	-57.5	-57.9	-57.9	-57.9
鋁罐	時間(sec)	0	1	3	10	30	60	90	120	180	241	300	360	420	480	540	600
	溫度(°C)	84.1	54.6	50.4	33.3	31	29.9	29.1	28.9	28.3	28.1	27.8	27.8	27.6	27.4	27.4	27.4
	溫差(°C)	0.0	-29.5	-33.7	-50.8	-53.1	-54.2	-55.0	-55.2	-55.8	-56.0	-56.3	-56.3	-56.5	-56.7	-56.7	-56.7



圖十五

研究討論：

- (一) 我們將易開罐置入熱水中煮沸約三分鐘，易開罐應與沸水達熱平衡，所以將沸水的溫度定為易開罐的初溫。
- (二) 熱水煮沸時，用酒精溫度計量得溫度已超過 95°C，但是用紅外線溫度計只測得約 84°C。因本實驗主要是用紅外線溫度計來測量，所以初溫也採用紅外線溫度計所測得的溫度。

- (三) 我們將鋁罐從沸水中取出的瞬間，馬上用紅外線溫度計測量，溫度竟然只有約 55°C，不到 1 秒的時間溫度竟下降約 30°C。相同地，鐵罐測得約 68°C，溫度下降約 16°C。可知鋁罐比鐵罐在高溫時溫度降較快。
- (四) 鋁的比熱比鐵大，溫度上升較慢，理論上溫度下降也較慢，但是本實驗結果卻是鋁罐在高溫時溫度下降較快，經查得可能是鋁的熱傳導係數(229)比鐵(58)還大，尤其在高溫時作用更大，所以導致鋁罐的溫度下降速率較快些。

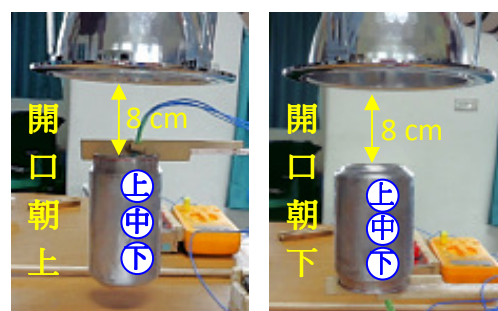
問題八：在燈泡照射下，改變鋁罐開口的方向，其內部不同位置的溫度變化情形如何？

構想：空的易開罐本身有一個開口，我們想知道開口的方向，是否會影響其內部的溫度變化情形。

實驗八、改變鋁罐開口的方向，測量其內部不同位置的溫度變化情形

過程與方法：

- (一) 將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡。
- (二) 依序將鋁罐的開口朝上和朝下，並懸置於燈罩下 8 cm 處。
- (三) 利用熱電偶溫度計測量罐內不同位置的溫度。
- (四) 以攝影機記錄燈泡照射 10 分鐘內的溫度變化



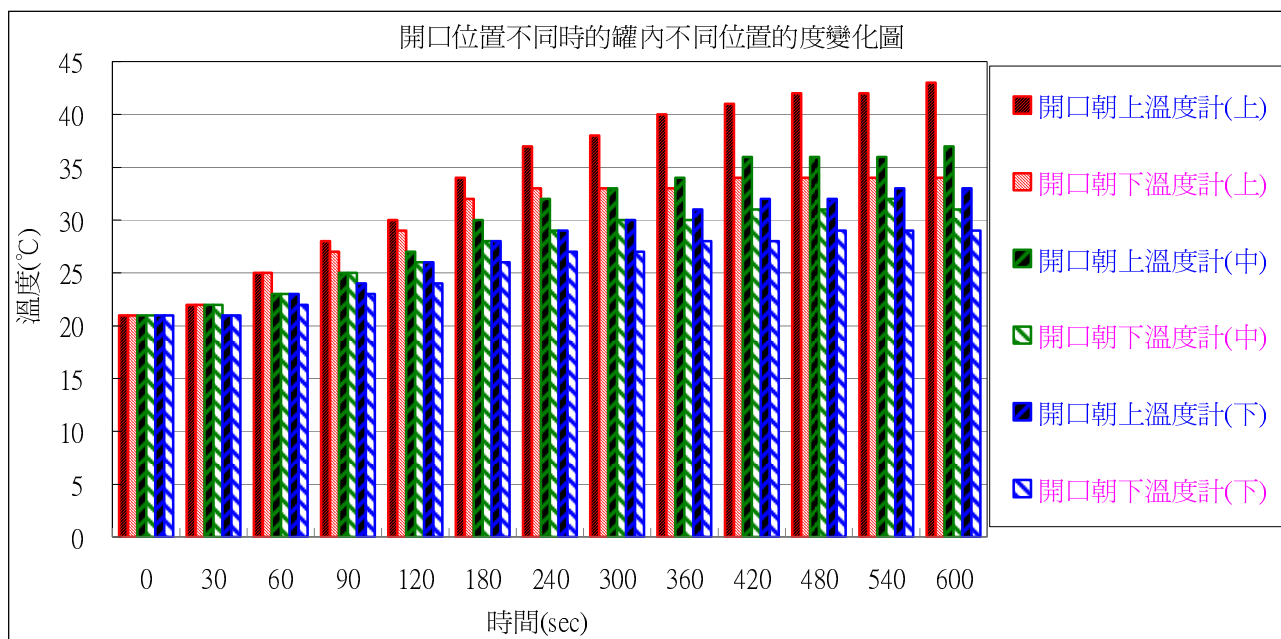
圖十六

結果：

- (一) 開口朝上的鋁罐所測得的罐內溫度，比開口朝下的高。
- (二) 罐內位置較高所測得的溫度，比位置較低的高。

表八：鋁罐開口朝上和朝下時，罐內不同位置(上、中、下)的溫差變化

開口朝上溫度計(上)	時間(sec)	0	34	65	94	123	182	243	302	362	423	483	544	605
	溫度(°C)	21	22	25	28	30	34	37	38	40	41	42	42	43
開口朝上溫度計(中)	時間(sec)	0	32	63	92	121	180	240	300	360	420	480	543	603
	溫度(°C)	21	22	23	25	27	30	32	33	34	36	36	36	37
開口朝上溫度計(下)	時間(sec)	0	30	61	91	119	178	239	298	357	418	478	540	601
	溫度(°C)	21	21	23	24	26	28	29	30	31	32	32	33	33
開口朝下溫度計(上)	時間(sec)	0	30	59	91	119	180	240	299	359	420	480	539	600
	溫度(°C)	21	22	25	27	29	32	33	33	33	34	34	34	34
開口朝下溫度計(中)	時間(sec)	0	32	62	93	121	182	241	301	362	422	481	541	603
	溫度(°C)	21	22	23	25	26	28	29	30	30	31	31	32	31
開口朝下溫度計(下)	時間(sec)	0	34	64	95	123	184	243	304	364	425	484	544	605
	溫度(°C)	21	21	22	23	24	26	27	27	28	28	29	29	29



圖十七

研究討論：

- (一) 當鋁罐開口朝上時，熱可以直接射入罐內，而開口朝下時，熱會先被擋住。所以鋁罐開口朝上所測得的罐內溫度，比開口朝下的還高。
- (二) 罐內較上方的位置，離熱源較近，所以測得的溫度較高。

問題九：在燈泡照射下，改變鋁罐鑽孔的擺放位置，其罐內不同位置及表面的溫度變化情形如何？

構想：由以上實驗結果顯示，鋁罐開口的方向會影響罐內溫度變化情形，於是我們想在罐身鑽孔，並改變鑽孔擺放的位置，來觀測罐內不同位置和表面的溫度變化情形。

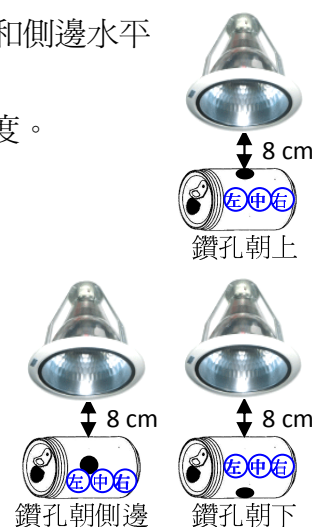
實驗九、改變鋁罐鑽孔擺放的位置，測量罐內不同位置及表面的溫度變化情形

過程與方法：

- (一) 將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡。
- (二) 在鋁罐鑽上一個直徑 1.5 cm 的孔，然後依序將鑽孔朝上、下和側邊水平方向，並懸置於燈罩下 8 cm 處，右圖十八。
- (三) 利用熱電偶和紅外線溫度計測量罐內不同位置及表面的溫度。
- (四) 以攝影機記錄燈泡照射 10 分鐘內的溫度變化情形。

結果：

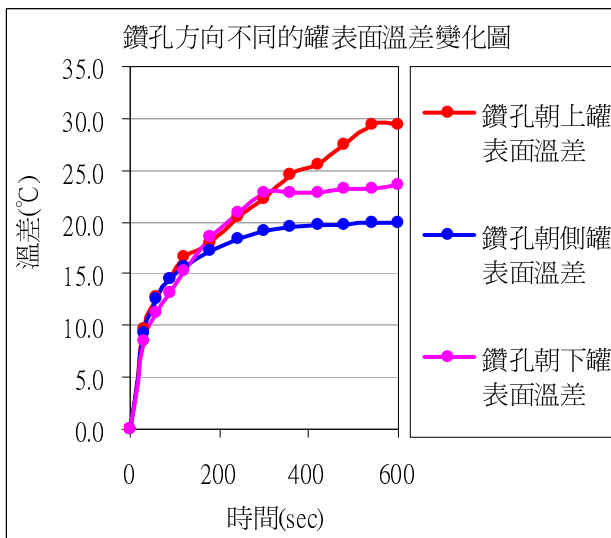
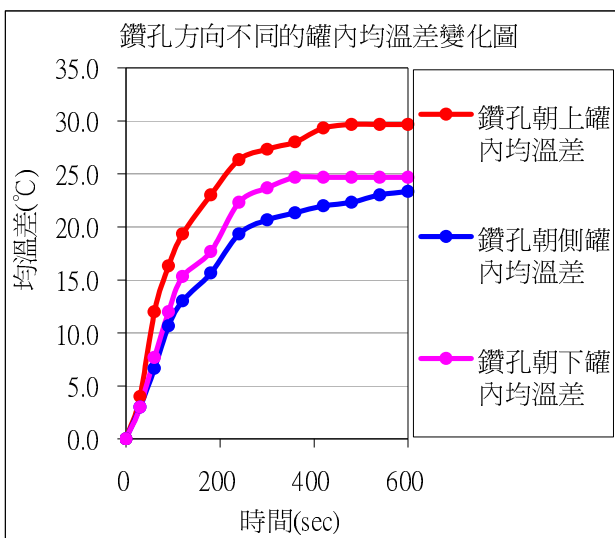
- (一) 鋁罐鑽孔朝上的罐內均溫差較大，而鑽孔朝側邊的罐內均溫差較小。
- (二) 鋁罐鑽孔朝上的罐表面的最後溫差較大，而鑽孔朝側邊的罐表面的最後溫差較小。



圖十八

表九：改變鋁罐鑽孔的方向時，罐內不同位置(左、中、右)及表面的溫度變化情形

時間(sec)		0	30	60	90	120	180	240	300	360	420	480	540	600
鑽孔朝上	罐內溫度計左(°C)	17.0	17.0	30.0	35.0	38.0	44.0	45.0	45.0	47.0	48.0	49.0	49.0	49.0
	罐內溫度計中(°C)	17.0	24.0	30.0	34.0	38.0	44.0	45.0	46.0	46.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	罐內溫度計右(°C)	17.0	22.0	27.0	31.0	33.0	32.0	40.0	42.0	42.0	43.0	43.0	43.0	43.0
	罐內平均溫度(°C)	17.0	21.0	29.0	33.3	36.3	40.0	43.3	44.3	45.0	46.3	46.7	46.7	46.7
	罐內平均溫差(°C)	0.0	4.0	12.0	16.3	19.3	23.0	26.3	27.3	28.0	29.3	29.7	29.7	29.7
	罐表面溫度(°C)	20.9	30.5	33.7	35.4	37.5	38.8	41.4	43.2	45.5	46.5	48.4	50.3	50.3
	罐表面溫差(°C)	0.0	9.6	12.8	14.5	16.6	17.9	20.5	22.3	24.6	25.6	27.5	29.4	29.4
鑽孔朝側	罐內溫度計左(°C)	17.0	19.0	24.0	29.0	32.0	34.0	38.0	39.0	40.0	40.0	41.0	41.0	41.0
	罐內溫度計中(°C)	18.0	22.0	24.0	27.0	29.0	32.0	36.0	37.0	37.0	38.0	38.0	40.0	40.0
	罐內溫度計右(°C)	17.0	20.0	24.0	28.0	30.0	33.0	36.0	38.0	39.0	40.0	40.0	40.0	41.0
	罐內平均溫度(°C)	17.3	20.3	24.0	28.0	30.3	33.0	36.7	38.0	38.7	39.3	39.7	40.3	40.7
	罐內平均溫差(°C)	0.0	3.0	6.7	10.7	13.0	15.7	19.3	20.7	21.3	22.0	22.3	23.0	23.3
	罐表面溫度(°C)	20.5	29.8	33.0	35.0	36.2	37.7	38.9	39.7	40.1	40.3	40.3	40.5	40.5
	罐表面溫差(°C)	0.0	9.3	12.5	14.5	15.7	17.2	18.4	19.2	19.6	19.8	19.8	20.0	20.0
鑽孔朝下	罐內溫度計左(°C)	16.0	19.0	25.0	29.0	33.0	36.0	40.0	41.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
	罐內溫度計中(°C)	16.0	19.0	23.0	29.0	31.0	33.0	38.0	39.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	罐內溫度計右(°C)	16.0	19.0	23.0	26.0	30.0	32.0	37.0	39.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	罐內平均溫度(°C)	16.0	19.0	23.7	28.0	31.3	33.7	38.3	39.7	40.7	40.7	40.7	40.7	40.7
	罐內平均溫差(°C)	0.0	3.0	7.7	12.0	15.3	17.7	22.3	23.7	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7
	罐表面溫度(°C)	19.4	28.0	30.6	32.6	34.6	38.0	40.2	42.3	42.3	42.3	42.6	42.6	43.0
	罐表面溫差(°C)	0.0	8.6	11.2	13.2	15.2	18.6	20.8	22.9	22.9	22.9	23.2	23.2	23.6



圖十九

研究討論：

- (一) 我們在鋁罐內測量左、中、右三個位置的溫度，然後取平均值當做罐內的均溫。
- (二) 鋁罐鑽孔朝上的罐內溫度較高，這和實驗八的結果一樣，是因為熱可以通過鑽孔而直接射入罐內所致。
- (三) 鋁罐鑽孔朝上的表面溫度也較高，這可能是因為罐內空氣溫度較高所致。
- (四) 一開始未開燈泡時，紅外線溫度計無法從錄影中讀出。當燈泡打開後，因為燈光強弱對比的因素，反而使得熱電偶溫度計無法從錄影中讀出。此時，必須再外加一 LED 燈照射三用電表螢幕，才能順利讀出熱電偶溫度計，如圖二十。

(五) 鋁罐鑽孔朝側邊所測得的罐內溫度和表面溫度都較低，所以我們就不要把鑽孔朝上，而盡量朝向側邊來進行以下實驗。



圖二十

問題十：在燈泡照射下，改變鋁罐鑽孔的數目，其罐內不同位置的溫度變化情形如何？

構想：因為鋁罐鑽孔的位置會影響罐內及表面的溫度變化，所以我們想進一步了解鑽孔的數目，如何影響罐內的溫度變化情形。

實驗十、改變鋁罐鑽孔的數目，測量罐內不同位置的溫度變化情形

過程與方法：

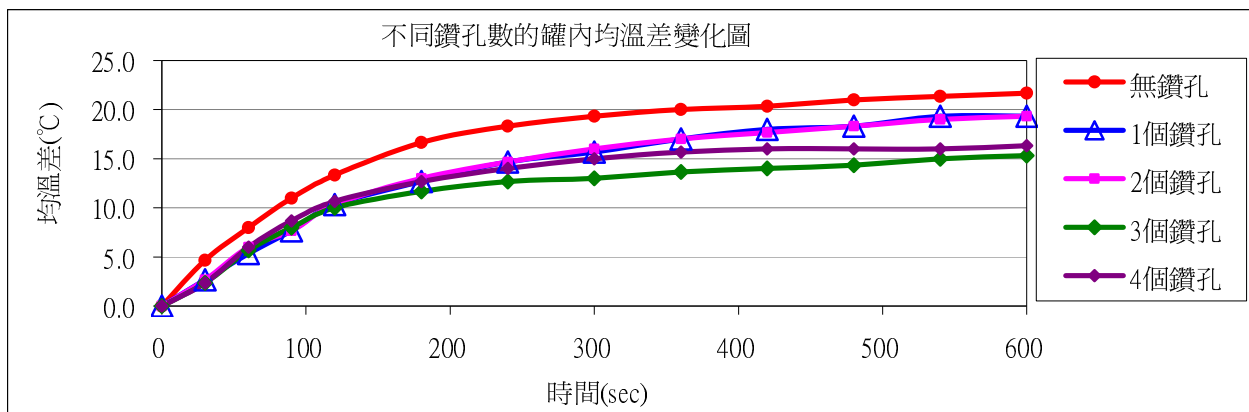
- (一) 將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡。
- (二) 分別將無鑽孔以及鑽了 1、2、3、4 個直徑 1.5 cm 的孔的鋁罐懸置於燈罩下 8 cm 處。
- (三) 利用熱電偶溫度計測量罐內不同位置的溫度。
- (四) 以攝影機記錄燈泡照射 10 分鐘內的溫度變化情形。

結果：

- (一) 鑽孔數為 1 個和 2 個的鋁罐，其所測得的罐內均溫差很接近，差異很小。
- (二) 無鑽孔鋁罐的罐內均溫差最大。而 3 個鑽孔的鋁罐，其所測得的罐內均溫差最小。

表十：鋁罐鑽孔數目為 1、2、3、4 個時，罐內不同位置(左、中、右)的溫度變化情形

時間(sec)		0	30	60	90	120	180	240	300	360	420	480	540	600
無鑽孔	罐內溫度計左(°C)	28.0	32.0	36.0	40.0	43.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0	49.0	50.0	50.0
	罐內溫度計中(°C)	28.0	31.0	35.0	38.0	40.0	44.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0	49.0	50.0
	罐內溫度計右(°C)	28.0	35.0	37.0	39.0	41.0	44.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0	49.0	49.0
	罐內平均溫度(°C)	28.0	32.7	36.0	39.0	41.3	44.7	46.3	47.3	48.0	48.3	49.0	49.3	49.7
	罐內平均溫差(°C)	0.0	4.7	8.0	11.0	13.3	16.7	18.3	19.3	20.0	20.3	21.0	21.3	21.7
1 個鑽孔	罐內溫度計左(°C)	28.0	31.0	34.0	37.0	40.0	42.0	44.0	45.0	46.0	47.0	47.0	48.0	48.0
	罐內溫度計中(°C)	28.0	30.0	33.0	35.0	37.0	40.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	47.0
	罐內溫度計右(°C)	28.0	31.0	33.0	35.0	38.0	40.0	42.0	43.0	45.0	46.0	46.0	47.0	47.0
	罐內平均溫度(°C)	28.0	30.7	33.3	35.7	38.3	40.7	42.7	43.7	45.0	46.0	46.3	47.3	47.3
	罐內平均溫差(°C)	0.0	2.7	5.3	7.7	10.3	12.7	14.7	15.7	17.0	18.0	18.3	19.3	19.3
2 個鑽孔	罐內溫度計左(°C)	28.0	31.0	35.0	37.0	40.0	42.0	44.0	46.0	46.0	47.0	47.0	48.0	48.0
	罐內溫度計中(°C)	28.0	30.0	33.0	35.0	37.0	40.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	46.0	47.0
	罐內溫度計右(°C)	28.0	31.0	34.0	35.0	38.0	41.0	42.0	43.0	45.0	45.0	46.0	47.0	47.0
	罐內平均溫度(°C)	28.0	30.7	34.0	35.7	38.3	41.0	42.7	44.0	45.0	45.7	46.3	47.0	47.3
	罐內平均溫差(°C)	0.0	2.7	6.0	7.7	10.3	13.0	14.7	16.0	17.0	17.7	18.3	19.0	19.3
3 個鑽孔	罐內溫度計左(°C)	29.0	31.0	35.0	38.0	40.0	42.0	43.0	43.0	43.0	44.0	44.0	45.0	45.0
	罐內溫度計中(°C)	29.0	31.0	34.0	36.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	43.0	43.0	44.0	44.0
	罐內溫度計右(°C)	29.0	32.0	35.0	37.0	38.0	40.0	41.0	41.0	42.0	42.0	43.0	43.0	44.0
	罐內平均溫度(°C)	29.0	31.3	34.7	37.0	39.0	40.7	41.7	42.0	42.7	43.0	43.3	44.0	44.3
	罐內平均溫差(°C)	0.0	2.3	5.7	8.0	10.0	11.7	12.7	13.0	13.7	14.0	14.3	15.0	15.3
4 個鑽孔	罐內溫度計左(°C)	29.0	32.0	35.0	38.0	40.0	42.0	43.0	44.0	44.0	45.0	45.0	45.0	45.0
	罐內溫度計中(°C)	29.0	31.0	34.0	37.0	39.0	41.0	42.0	43.0	44.0	44.0	44.0	44.0	45.0
	罐內溫度計右(°C)	29.0	31.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	45.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
	罐內平均溫度(°C)	29.0	31.3	35.0	37.7	39.7	41.7	43.0	44.0	44.7	45.0	45.0	45.0	45.3
	罐內平均溫差(°C)	0.0	2.3	6.0	8.7	10.7	12.7	14.0	15.0	15.7	16.0	16.0	16.0	16.3



圖二十一

研究討論：

- (一) 我們以對稱的方式來決定鑽孔的位置，且參照實驗九的結果，盡量將鑽孔朝向側邊進行實驗測量。
- (二) 當鋁罐鑽孔數愈多，罐內空氣愈能流通，所以罐內溫差會愈小。但是當鑽孔數由3增至4個時，所測得的溫差反而增加，我們認為是當鑽孔愈多，則愈容易使得燈泡的熱直接透過鑽孔射入罐內，如圖二十二，所以反而使得罐內的溫度增加。



圖二十二 鋁罐俯視圖

- (三) 由實驗結果得知，3個鑽孔的鋁罐罐內溫度會較低，所以我們打算把鋁罐全部鑽成3個孔，來進行另一個實驗。

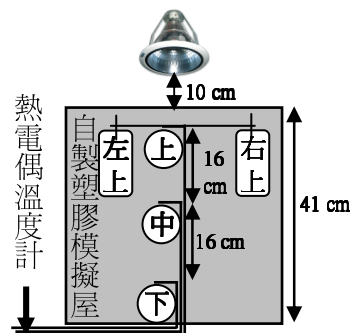
問題十一：在燈泡照射下，改變模擬屋頂部的材質時，屋內不同位置的氣溫變化情形如何？

構想：為了瞭解真實屋內受太陽照射後的溫度變化情形，我們自製了一個塑膠模擬屋，用燈泡照射模擬太陽光，並利用水泥、磁磚、玻璃、不銹鋼盤和鋁盤等不同材質當作屋頂，來測量模擬屋內不同位置的溫度變化情形。

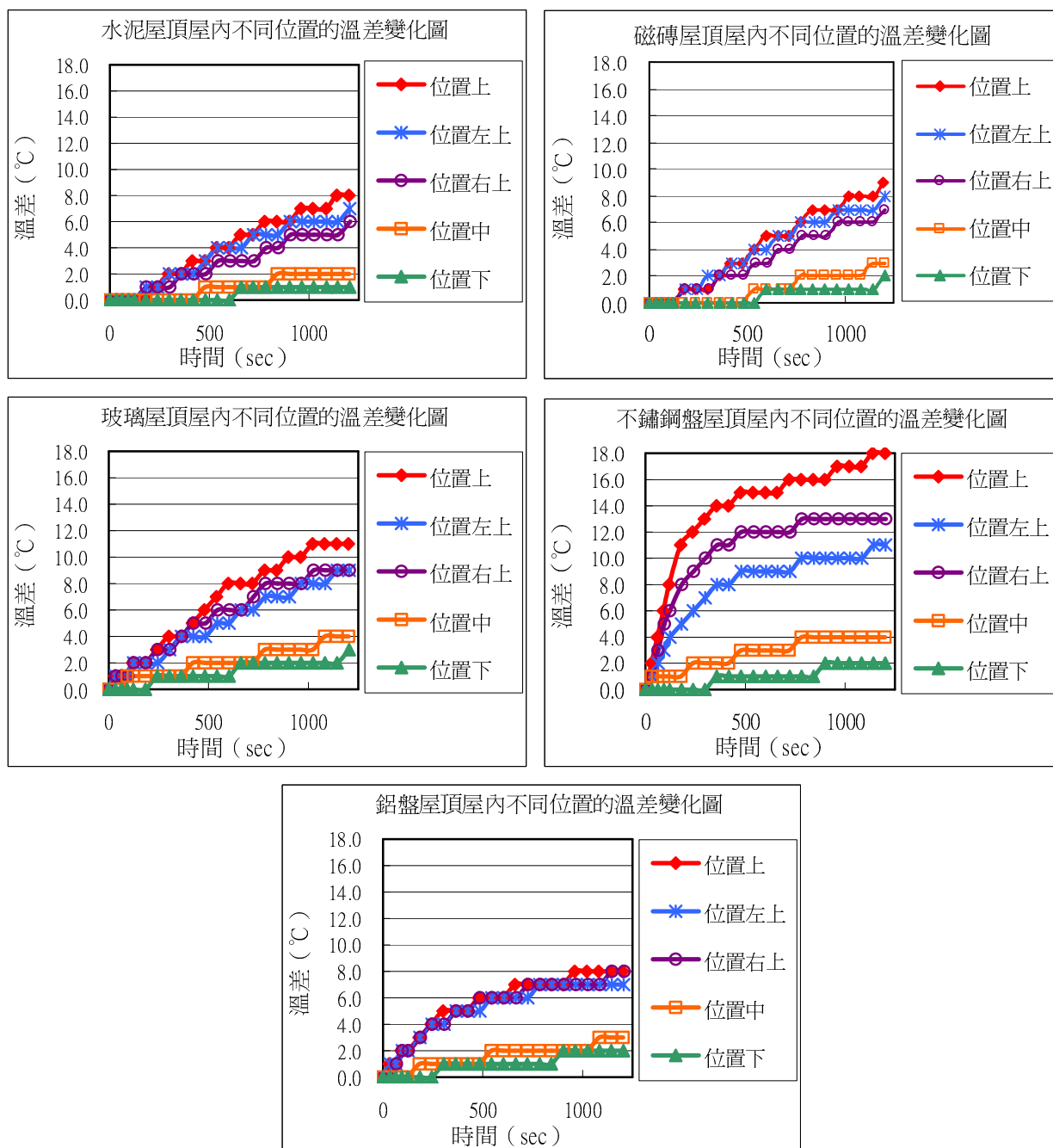
實驗十一、利用不同材質的屋頂蓋住模擬屋，測量屋內不同位置的溫度變化情形

過程與方法：

- (一) 分別將水泥、磁磚、玻璃、不銹鋼盤和鋁盤等不同材質的屋頂蓋住模擬屋頂部。
- (二) 將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡，並懸吊於塑膠屋頂上方 10 cm 處。
- (三) 利用熱電偶溫度計置入模擬屋內上、左上、右上、中和下五個位置。
- (四) 以攝影機記錄燈泡照射 20 分鐘內各處的溫度變化情形。



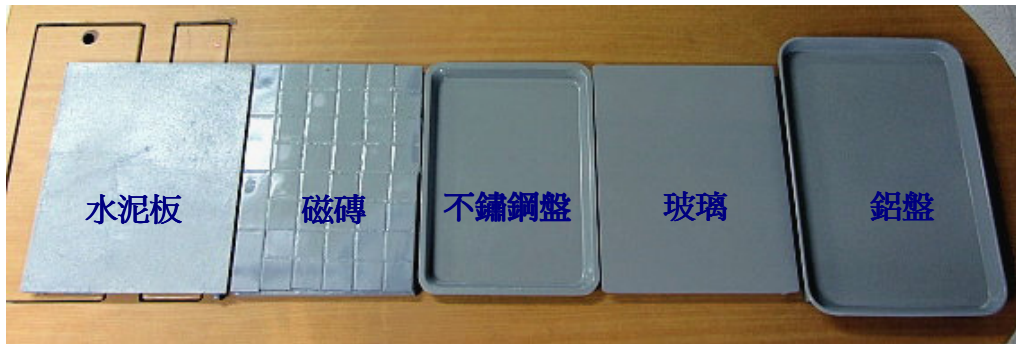
圖二十三



圖二十四

研究討論：

- (一) 爲了確實能討論在不同材質的屋頂下的溫差變化，我們將各種材質的屋頂顏色都固定噴成鼠灰色，以避免顏色影響實驗結果，如圖二十五。
- (二) 模擬屋內上方的位置，因距熱源較近，且因熱空氣向上升，所以溫差會最大。
- (三) 我們盡量將水泥和磁磚材質屋頂的厚度控制一樣，但是因爲水泥質地較疏鬆有空隙，而磁磚較緊密，所以水泥的溫度上升比磁磚稍不易。
- (四) 水泥材質因有縫隙，雖然會使得屋內溫度稍低些，但一旦下起雨來，反而容易造成漏水問題。



圖二十五

問題十二：在模擬屋頂部鋪設不同型式的易開罐，在燈泡照射下，觀測其屋內上方位置的氣溫變化情形如何？

構想：我們將不鏽鋼盤屋頂模擬成鐵皮屋頂，並依據實驗四和實驗十的結果，在模擬屋頂部鋪設不同型式的易開罐，來觀測量屋內溫度變化情形。

實驗十二、把不鏽鋼盤屋頂蓋在模擬屋頂部，然後在頂部鋪設不同型式的易開罐，測量屋內上方位置的溫度變化情形

過程與方法：

- (一) 將不鏽鋼盤蓋在模擬屋頂部，並將 100W 白熾燈泡置入燈罩裡，然後懸吊於上方 10 cm 處。
- (二) 依序在不鏽鋼盤上不要鋪設任何鋁罐，以及鋪設各種不同型式的易開罐，然後利用熱電偶溫度計測量屋內上方位置溫度。
- (三) 以攝影機記錄打開燈泡照射 20 分鐘以及隨即關閉燈泡 20 分鐘，觀測屋內上方位置的溫度變化情形。

結果：

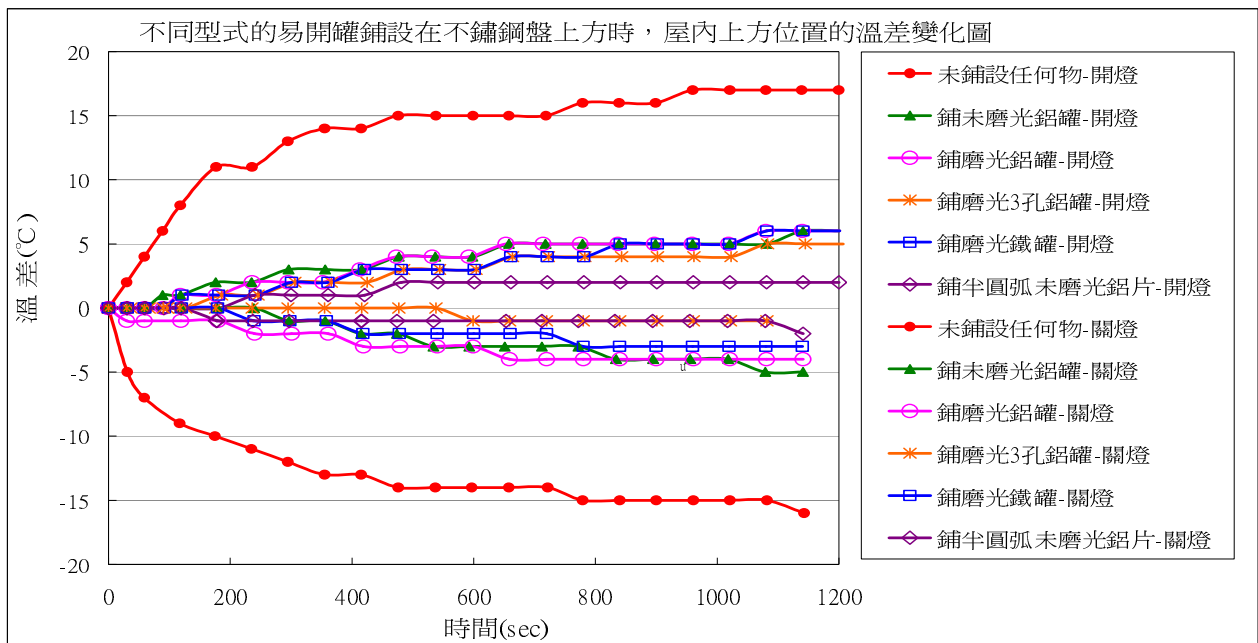
- (一) 不鏽鋼盤上未鋪設任何東西時，屋內溫度上升最多，下降也最多。
- (二) 鋪滿半圓弧未磨光鋁片時，屋內溫度上升最少，下降也最少。
- (三) 將表面未磨光的鋁罐、磨光鋁罐、磨光 3 鑽孔鋁罐以及磨光鐵罐等鋪滿在不鏽鋼盤上，屋內溫差變化都很相近，其中以鋪滿磨光有 3 鑽孔的鋁罐，所測得的屋內溫差變化稍小。
- (四) 鋪滿磨光有 3 鑽孔的鋁罐比未鋪設任何東西時，所測得的屋內最大溫差少了 12℃；而鋪滿半圓弧未磨光的鋁片比未鋪設任何東西時，所測得的屋內最大溫差少了 15℃。



圖二十六 鋪滿半圓弧未磨光鋁片

表十二：不同型式的鋁罐鋪設在不鏽鋼盤上時，屋內上方位置的溫度變化情形

未鋪任何物	開燈	時間(sec)	0	30	59	89	118	177	236	295	355	415	476	538	599	658	719	779	839	899	960	1021	1080	1139	1200	
	開燈	溫度(°C)	32	34	36	38	40	43	45	46	46	47	47	47	47	47	47	47	48	48	48	49	49	49	49	49
	開燈	溫差(°C)	0	2	4	6	8	11	11	13	14	14	15	15	15	15	15	15	16	16	16	17	17	17	17	17
	關燈	時間(sec)	0	31	59	117	175	235	295	355	415	476	537	597	658	722	779	840	900	961	1021	1082	1143			
	關燈	溫度(°C)	49	44	42	40	39	38	37	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	33		
	關燈	溫差(°C)	0	-5	-7	-9	-10	-11	-12	-13	-13	-14	-14	-14	-14	-14	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-16		
鋪未磨光鋁	開燈	時間(sec)	0	31	60	89	118	176	235	296	356	416	477	537	598	658	718	779	839	899	960	1021	1081	1141	1201	
	開燈	溫度(°C)	33	33	33	34	34	35	35	36	36	36	37	37	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	39	39
	開燈	溫差(°C)	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
	關燈	時間(sec)	0	31	59	120	179	239	297	356	415	474	534	593	651	712	772	834	895	956	1018	1079	1141			
	關燈	溫度(°C)	38	38	38	38	38	38	37	37	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	33	33		
	關燈	溫差(°C)	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5		
鋪磨光鋁罐	開燈	時間(sec)	0	30	59	90	118	177	236	295	352	413	473	532	592	653	714	775	837	897	959	1019	1080	1140	1201	
	開燈	溫度(°C)	32	32	32	32	33	33	34	34	34	35	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38
	開燈	溫差(°C)	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
	關燈	時間(sec)	0	30	59	119	180	240	301	361	419	479	540	599	659	720	780	840	900	961	1021	1081	1141			
	關燈	溫度(°C)	38	37	37	37	37	36	36	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	關燈	溫差(°C)	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
鋪磨光3孔	開燈	時間(sec)	0	37	67	97	127	186	246	306	366	425	485	544	604	664	723	783	843	902	962	1023	1083	1145	1207	
	開燈	溫度(°C)	32	32	32	32	33	33	34	34	34	34	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37
	開燈	溫差(°C)	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
	關燈	時間(sec)	0	30	59	90	117	176	236	295	355	416	477	538	599	659	720	780	840	901	961	1022	1082			
	關燈	溫度(°C)	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33		
	關燈	溫差(°C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
鋪磨光鐵罐	開燈	時間(sec)	0	31	60	92	121	181	241	301	361	421	481	541	601	661	721	781	841	902	961	1021	1082	1141	1201	
	開燈	溫度(°C)	31	31	31	31	32	32	32	33	33	34	34	34	34	35	35	35	36	36	36	36	36	36	37	37
	開燈	溫差(°C)	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
	關燈	時間(sec)	0	31	59	120	179	239	298	358	418	478	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140			
	關燈	溫度(°C)	37	37	37	37	37	36	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	關燈	溫差(°C)	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
鋪半圓弧未	開燈	時間(sec)	0	31	61	91	120	181	241	300	361	421	481	541	601	661	721	781	841	901	961	1021	1081	1141	1200	
	開燈	溫度(°C)	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	開燈	溫差(°C)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	關燈	時間(sec)	0	30	59	119	178	237	297	356	415	474	534	593	653	712	772	832	894	955	1017	1079	1141			
	關燈	溫度(°C)	33	33	33	33	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	31	31
	關燈	溫差(°C)	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2



圖二十七

研究討論：

- (一) 媒體報導有鋪鑽孔鋁罐的倉庫屋頂溫度下降約 20°C，所指的是屋頂表面溫度，而我們是測量屋內溫度，且照射燈泡時間只有 20 分鐘，結果溫度下降約 12~15°C。可見有鋪鑽孔鋁罐造成溫度下降的效果是滿好的。
- (二) 實驗結果顯示沒鋪鋁罐的屋頂的屋內溫度上升較多，下降也較多。而有鋪鋁罐的屋頂的屋內溫度上升較少，下降也較少。說明了造成屋內溫度不高的原因，主要是由於鋁罐本身材質的隔熱效果好。但由實驗七得知，鋁罐在高溫時的散熱效果也不錯。

- (三) 從實驗四和實驗十的結果顯示，鋁罐表面有無磨光或是有無鑽孔，對於鋁罐表面和罐內溫度有明顯的差異。但是本實驗結果顯示，不論是鋁罐表面有無磨光或是有無鑽孔，所測得屋內溫差變化都很相近。我們認為是因之前的實驗只是針對單一個鋁罐進行實驗比較，而本實驗是用 12 個鋁罐進行實驗，造成結果差異不大。
- (四) 本實驗的新發現是，鋪滿半圓弧未磨光鋁片時的效果最佳，這和一般屋頂常會鋪設的隔熱鐵皮有異曲同工之效，不過鐵皮容易生鏽造成鏽蝕，不建議使用，而鋁雖然也會生鏽，不過反而會形成保護層，使用年限久且又保持美觀。
- (五) 我們學校裡有些老師，對本實驗的初步結果感到很有興趣，因為他們教室在頂樓感覺很熱，想在屋頂鋪鋁罐來降低室內氣溫。於是，我們又進行一個在屋頂鋪鋁罐的實驗。雖然鋪半圓弧未磨光鋁片的效果較佳，但是非常耗工費時，所以改鋪未磨光鋁罐，因其效果與其它型式相近，且較不需加工處理，但是也花了我們一個多小時的時間來鋪設。



圖二十八

- (六) 承上，降溫效果不如預期的好，可能是因為我們在一個月內只收集到約 900 個鋁罐，而鋪滿一間教室至少需 9000 個，我們只好鋪在靠近教室前方屋頂上，然後比較教室前後天花板附近的氣溫，因教室前後仍屬於同一個空間，結果教室前後氣溫最多只 1°C，有時甚至都相同沒有差別。所以還需要再努力。

伍、 研究結論

- 一、 空氣的傳熱主要是藉由熱輻射的方式來進行，而熱輻射通量與熱源的距離平方成反比，所以距離熱源較近的位置所測得的溫差變化較大，而距離熱源較遠的位置所測得的溫差變化較小。
- 二、 我們自行並接的熱電偶溫度計，可以在短時間內和空氣達成熱平衡，並可經由三用電錶很快、很容易地讀取到測量值，節省了許多測量判讀的時間。
- 三、 距離功率較大的 200W 白熾燈泡最近的溫度計 1，所測得的氣溫是最高的。
- 四、 鋁罐的表面溫差變化比鐵罐的低，且表面磨光的鋁罐的表面溫差變化又較低，其中以表面磨光的可樂鋁罐的表面溫差變化較低。
- 五、 黑色鋁罐的表面溫差變化最大，其次為紅、藍、黃色鋁罐，再來是白色鋁罐，而裸鋁罐的表面溫差變化是最小的。
- 六、 放進高溫的沸水中，鋁罐溫度上升的速率比鐵罐慢。
- 七、 從沸水中拿出時，鋁罐溫度下降的速率比鐵罐快。
- 八、 開口朝上的鋁罐，因熱可以直接射入罐內，所以測得的罐內溫度較高。且因熱空氣上升的原因，罐內較高位置所測得的溫度也較高。
- 九、 鑽孔朝上的鋁罐，因熱可以直接射入罐內，所以罐內均溫差和表面溫差都較大，而鑽孔朝側邊的鋁罐罐內均溫差和表面溫差都較小。
- 十、 無鑽孔鋁罐的罐內均溫差最大。而 3 個鑽孔的鋁罐，所測得的罐內均溫差最小。

- 十一、不論是哪一種材質當做屋頂，上方位置的溫差變化最大，而中、下方位置都較小。且不鏽鋼盤屋頂上方位置的溫差最大，玻璃屋頂次大，而水泥屋頂最小，鋁盤次小。
- 十二、鋪滿半圓弧未磨光鋁片時，屋內溫度上升最少，比未鋪設任何東西時的屋內最大溫差少了 15°C。而鋪未磨光的鋁罐、磨光鋁罐、磨光 3 鑽孔鋁罐以及磨光鐵罐等不同型式的易開罐，其屋內上方位置溫差變化相近。但不建議鋪鐵罐，因其很容易鏽蝕，造成環境汙染又不美觀。

陸、 未來展望

我們台灣位處亞熱帶，夏天時的溫度還滿高的。所以本研究主要是針對鋁罐的隔熱與散熱效果來進行探究，結果顯示鋁罐對隔熱與散熱有相當的成效。但是現今全球各地的氣候呈現兩極性的劇變，熱的愈熱，冷的也愈冷。所以也可針對鋁罐的保冷作用進行探究，看看鋁罐對保冷是否也有不錯的成效。

柒、 參考資料

- 一、申愛景、黃新榮、鄭智淑（民 100）。科學王物理實驗課—熱的溫度、熱的傳播。新北市：幼福文化事業股份有限公司。
- 二、自然科學大百科。第 16 冊 聲、光、熱 (58-59 頁)。台北市：綠地球國際有限公司。
- 三、林麗霞（民 86）。小博士教室 27 物理篇(3)—溫度、熱量、物態、變化、熱能 (10-16,32-33,45-46,70-76 頁)。台北市：國際少年村。
- 四、林宏明（民 99 年 4 月）。戰勝科展的第 1 本書—溫度與熱 (102-115 頁)。貓頭鷹出版。
- 五、高源清（民 82）。牛頓科學研習百科（物理）—熱的世界。臺北市：牛頓出版股份有限公司。
- 六、董俊良、戴明鳳（民 98 年 11 月 25 日）。熱電偶式與熱敏式電子溫度器。取自：
<http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/file/thermocouple.pdf>
- 七、鄒弘（民 100 年 7 月 30 日）。節約能源新法寶鋁製易開罐建奇功。WPM 世界民報。取自：
<http://www.worldpeoplenews.com/news/10/2011-07/15001?page=2>

【評語】 080115

1. 這是個環保實用的綠色主題。同學們用心的探究鋁罐散熱或隔熱的功效。除了以各種如磨光、打洞等不同的鋁罐，實驗溫度差的效果，並且建造了模型小屋，具體模擬各種鋁罐的隔熱效果。在研究不同材質罐頭與散熱功能時，對於材質比熱與罐頭質量的變因控制可更嚴謹。
2. 實驗報告的傳達能力頗佳。