中華民國 第49屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　物理科

030115

地球也「熱透」

—溫室效應與光熱現象的模擬探討

學校名稱：金門縣立金沙國民中學

作者：	指導老師：
國三 黃彥瑋	楊玉林
國二 張綺驛	張宏彬
國二 陳孝淋	
國二 何宗洋	

關鍵詞：溫室效應、隔熱材料、陽傘

地球也「熱透」

—溫室效應與光熱現象的模擬探討

摘　　要

「溫室效應」是大家耳熟能詳的名詞，但大多人對它一知半解。新聞常常會報導：溫室效應已很嚴重，專家表示，幾年之後，一些小島嶼將會被海水掩沒，極洲生物將失去牠們的土地。在考試時，題目寫著：深色及淺色對光吸散熱效果不同，所以市面上的陽傘都有固定的顏色配置；再者，我們常使用的建築材料中，哪一種最符合「吸熱慢又散熱快」的效果呢？我們經由簡單的實驗來比較，獲得淺薄的認識。日常生活中諸多現象都與熱相關，我們藉由模擬「溫室效應」來了解其原理與效應。

壹、研究動機：

每年夏天，當你進入車子時，天啊！怎麼這麼熱！難怪新聞常報導小孩被悶死的事，就算停在陰影下，也比外面熱很多，常常要花很時間及汽油錢來開冷氣，這到底是爲什麼呢？自視天才的爸爸說：這現象就像溫室效應，車窗玻璃讓輻射進得來出不去，久而久之，熱量排不出去，所以很熱！真的是這樣嗎？我們迫不及待的討論，利用實驗來證實一下，並且上網、問老師、上圖書館去尋找源由，在尋找資料時，另外也發現一些相關問題，例如：建材不同對房子的冷熱之影響，陽傘顏色的配置，我們針對上述問題做了實驗，極其歡迎大家跟我們來探索。

貳、研究目的：

一、照光於不同厚度的玻璃在密閉與開放空間產生溫度高低的影響

二、覆蓋不同厚度的玻璃在密閉與開放空間散熱效果的比較探討

三、不同顏色材料的吸散熱效果探討

四、比較『各種常見建材』對照光增溫效果的探討

參、研究器材：

厚保麗龍板(厚 2cm)	壓克利顏料(黑、白)	
白熾燈 200W	溫度計	
鐵片 30×30cm	吊架	
木板(厚 1.2cm、30×30cm)	碼表	
瓦片(約 30×30cm)	黑色墊布料（30×30cm）	
玻璃片(30×30cm 厚 0.2cm、0.4cm、0.6cm、0.8cm、1.0cm)		

肆、研究流程與方法：

我們以不同厚度的玻璃片模擬溫室氣體，用保麗龍圍成四方形的空間當作密閉車箱或屋子，用高功率的白熾燈代替太陽光。研究的重點分為：探討影響溫室效應的原因—覆蓋不同厚度的玻璃在密閉空間與開放空間的吸散熱效果、深淺不同顏色材質對光的吸散熱效果，及常見建材對光的吸散熱效果等四大主題做以下的比較研究：

一、照光於不同厚度玻璃的密閉空間（模擬汽車車箱）

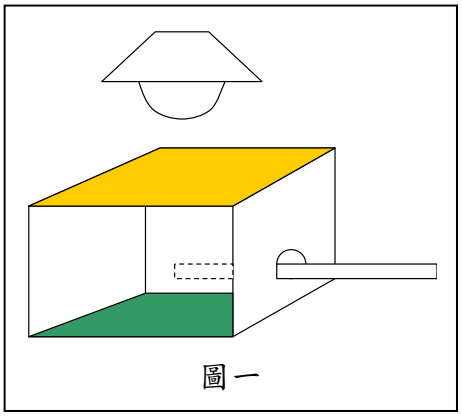
控制變因：白熾燈亮度、距離、照光時間

操作變因：玻璃厚度

A. 裝置如右<圖一>，用厚保麗龍板製成長寬各為 30cm、高 25cm 的長方體。

B. 將與面積相等的黑布鋪放於底層，並從側面鑽一小孔置入一溫度計。

C. 利用吊架將白熾燈垂掛於玻璃板上 10cm 處，打開白熾燈開關，每分鐘記錄一次溫度，連續測量至 10 分鐘。



圖一

D. 關閉白熾燈開關，每分鐘記錄一次溫度，連續測量至 10 分鐘，並重複實驗一次。

E. 分別蓋上厚 0.2cm、0.4cm、0.6cm、0.8cm、1.0cm 不同厚度的玻璃板，重複以上步驟。

二、照光於不同厚度玻璃的開放空間（模擬溫室效應）

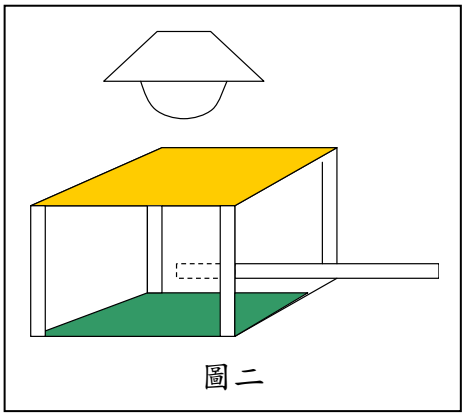
控制變因：白熾燈亮度、距離、照光時間

操作變因：玻璃厚度

A. 同 1.裝置如右<圖二>，改用厚保麗龍條立於桌面上使成長寬各為 30cm、高 25cm 的鏤空長方體。

B. 將與面積相等的黑布鋪放於底層，並從側面置入一溫度計。

C. 同 1.步驟 C-E，連續測量至 10 分鐘，並重複實驗各一次。



圖二

三、 不同顏色材料的吸散熱效果探討（模擬陽傘）

控制變因：白熾燈亮度、距離、照光時間、玻璃厚度

操作變因：玻璃上下層顏色

A. 裝置同<圖二>。

B. 取 0.2cm 的玻璃板 4 片，在上下層分別以廣告原料塗上(1)黑-黑(2)黑-白(3)白-黑(4)白-白 顏色。

C. 依次將四片玻璃板置於保麗龍架上重複以上實驗，記錄並比較溫度關係。

四、各種常見建材對照光增溫效果的比較(模擬房屋）

控制變因：白熾燈亮度、距離、照光時間

操作變因：遮光材料

A. 裝置同<圖一>。

B. 準備大小均為 30×30cm 的屋頂建材(1)鐵皮屋用鐵板(2)陶質瓦片(3)建材木板。

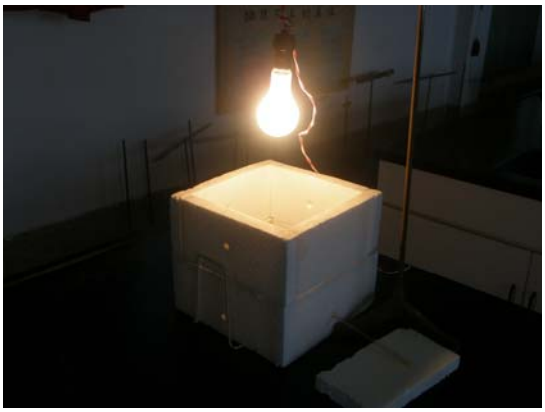
C. 依次將以上材料放置於保麗龍盒上重複上述實驗，但記錄時間改為每 5 分鐘一次，比較溫度關係。

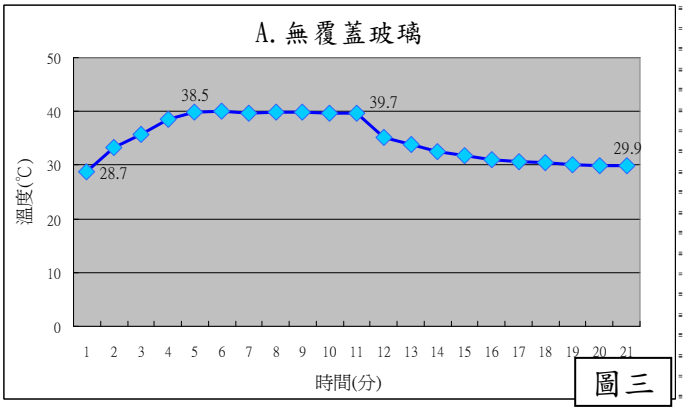
伍、結果與分析：

一、照光於不同厚度玻璃的密閉空間（模擬汽車車箱）

A.無覆蓋玻璃

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	28	33	35.5	38	39.5	40	40	39.5	40	40	40	35.5	34	32	31.5	31	30.5	30	30	29.8	29.8
	第二次	29	33	36	38.5	40	40	40	39.8	39.8	39	39	35	33.5	32.5	32	31	30.5	30.3	30	30	30
	第三次	29	34	36	39	40	40	39	40	40	40	40	35	34	33	32	31	31	31	30.1	30	30
	平均	28.7	33.3	35.8	38.5	39.8	40	39.7	39.8	39.9	39.7	39.7	35.2	33.8	32.5	31.8	31	30.7	30.4	30	29.9	29.9





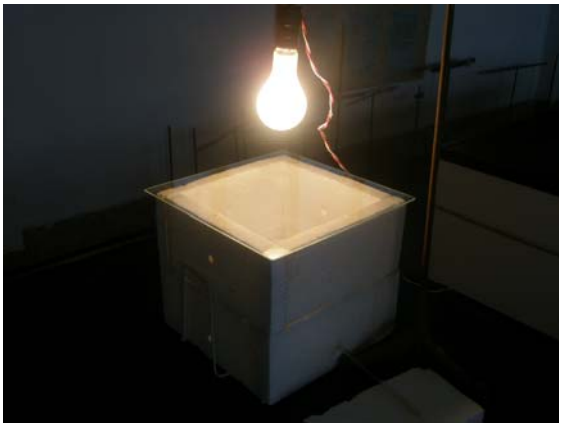
圖三

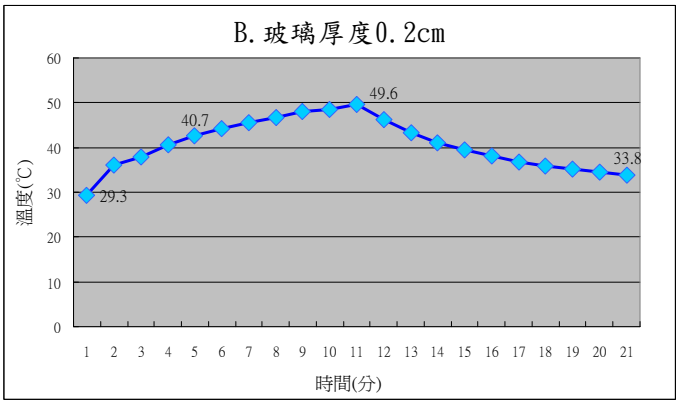
1.以保麗龍盒模擬汽車車箱，無覆蓋玻璃爲一開放空間，如同汽車打開所有車窗與天窗。照光時溫度急速增加，但 4 分鐘後即達穩定，持續照光下溫度亦維持不變。

2.關燈後溫度緩慢下降，降溫速度不似增溫時快速，末溫與初溫接近。

B.玻璃厚度 0.2cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	30	35	38	41	42.8	44.5	46	46.9	48	48.5	50	46	43	41	39.5	38	36.8	36	35	34.8	34
	第二次	29	34	37	40	42	43.5	44.9	46	47	47.9	48.9	45.5	43	40.5	39	37.5	36.5	35.5	35	34.1	33.5
	第三次	29	34.5	39	41	43	45	46	47	49	49.5	50	47	44	41.5	40	39	37	36	35.5	35	34
	平均	29.3	36	38	40.7	42.6	44.3	45.6	46.6	48	48.6	49.6	46.2	43.3	41	39.5	38.2	36.8	35.8	35.2	34.6	33.8



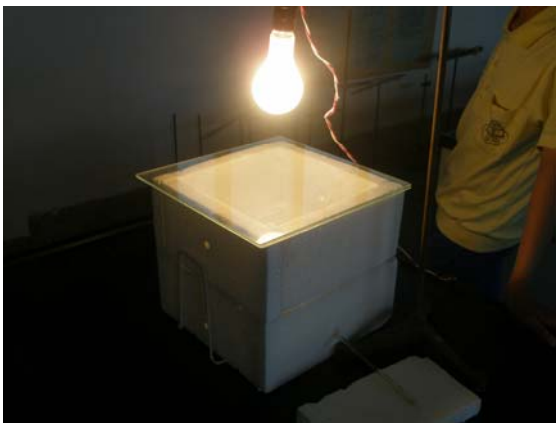


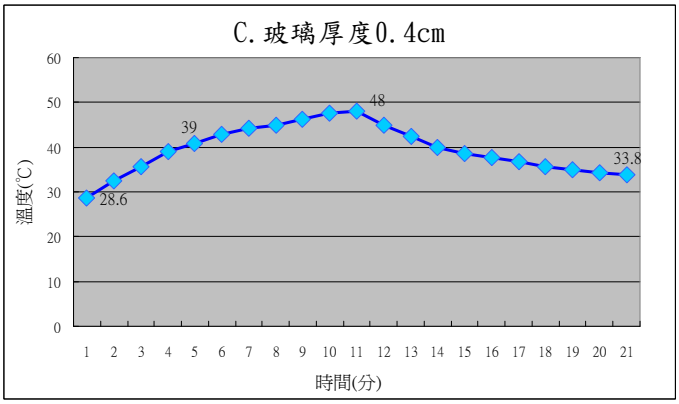
1.玻璃厚 0.2cm 爲我們使用最薄的厚度，剛開始照光時溫度急遽上升，後增溫速率漸緩，照光 10 分鐘後溫度增高達 20.3℃

2.降溫速率較慢，10 分鐘後終端溫約爲 33.8℃，降溫差爲 15.8℃。

C.玻璃厚度 0.4cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	28.8	32.2	35.8	38.9	41	43	44.2	45.1	46	47.6	48	45	42	40	38.2	37.2	36.1	35.2	34.8	34	33.5
	第二次	29	32	35.5	39	40.5	42.5	44	45	46	47.5	48	45	42.5	40	39	38	37	36	35	34.5	34
	第三次	28	33	35.5	39	41	43	44.5	45	47	47.5	48	45	42.5	40	38.5	37.5	37	35.5	35	34.5	34
	平均	28.6	32.4	35.6	39	40.8	42.8	44.2	45	46.3	47.5	48	45	42.3	40	38.6	37.6	36.7	35.6	34.9	34.3	33.8



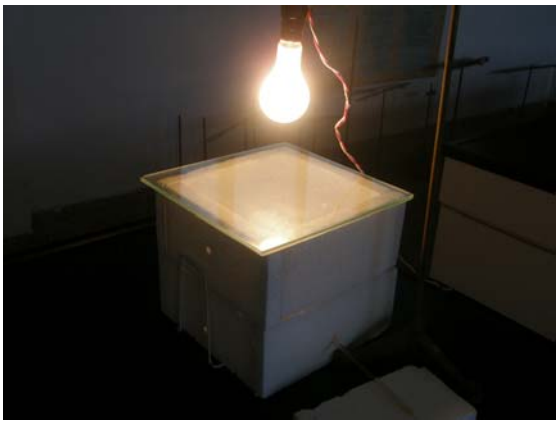


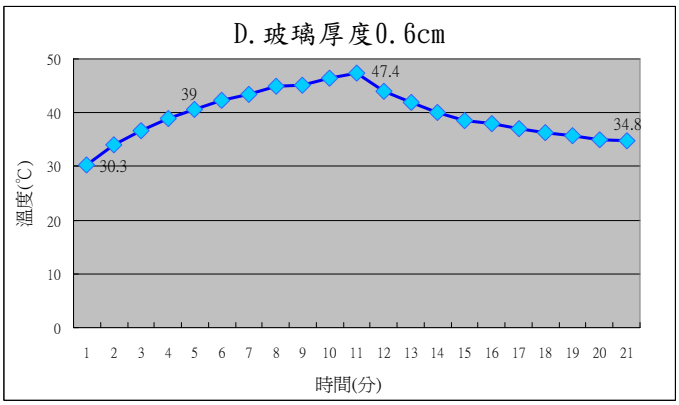
1.玻璃厚度 0.4cm 照光實驗，溫度變化圖形與(B)0.2cm 玻璃類似，增溫幅度略減，溫增爲 19.4℃。

2.降溫幅度亦略小，降溫差爲 14.2℃。

D.玻璃厚度 0.6cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	30.8	34	36.8	39	40.9	42	43.2	44.8	45.2	46.8	47.6	44	41.5	40	38	38	37	36	35.5	35	34.5
	第二次	30	34	36	39	40	42	43	45	45	46	47	44	42	40	39	38	37	36	35.5	35	35
	第三次	30	34	37	39	41	42.5	44	45	45	46.5	47.5	44	42.5	40	38.5	38	37	37	36	35	35
	平均	30.3	34	36.6	39	40.6	42.2	43.4	44.9	45.1	46.4	47.4	44	42	40	38.5	38	37	36.3	35.7	35	34.8



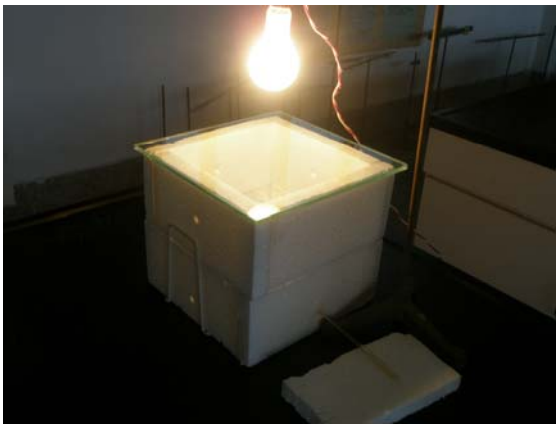


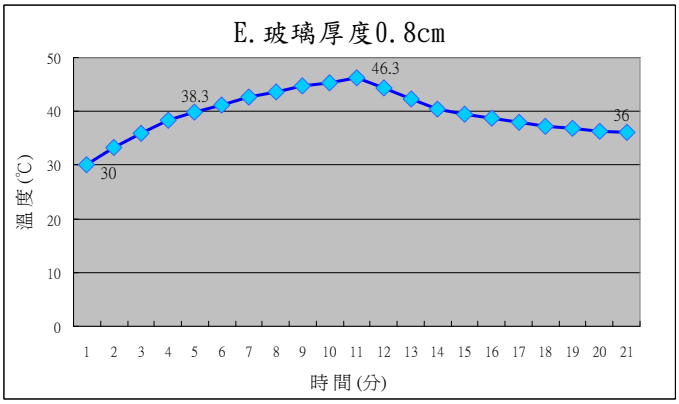
1.玻璃厚度 0.6cm 實驗，增溫幅度又較 0.4cm 略減，溫增爲 17.1℃。

2.降溫幅度同步略減，降溫差爲 12.6℃。

E.玻璃厚度 0.8cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	30.5	33	36	38	40	41.5	43	44	45	45.5	46.5	44.5	42	41	39.5	38.5	38.5	37	37	36.5	36
	第二次	30	33	35.8	37.8	39.5	41	42	43.1	44.1	45	46	44	42	40.5	39.1	38.5	37.5	37	36.8	36	35.5
	第三次	29.5	34	36	39	40	41	43	44	45	45.5	46.5	44.5	43	40.5	40	39	38	38	37	36.5	36.5
	平均	30	33.3	35.9	38.3	39.8	41.2	42.7	43.7	44.7	45.3	46.3	44.3	42.3	40.4	39.5	38.7	38	37.3	36.9	36.3	36

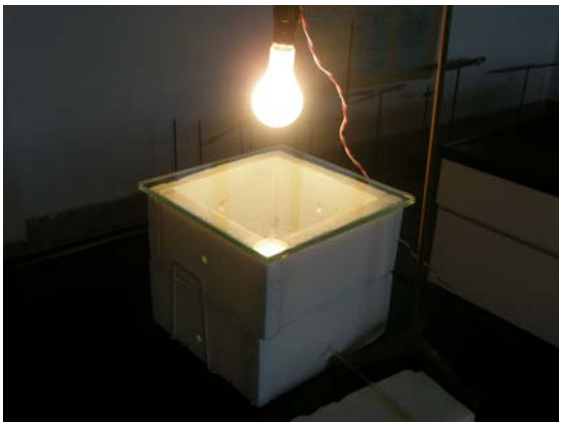


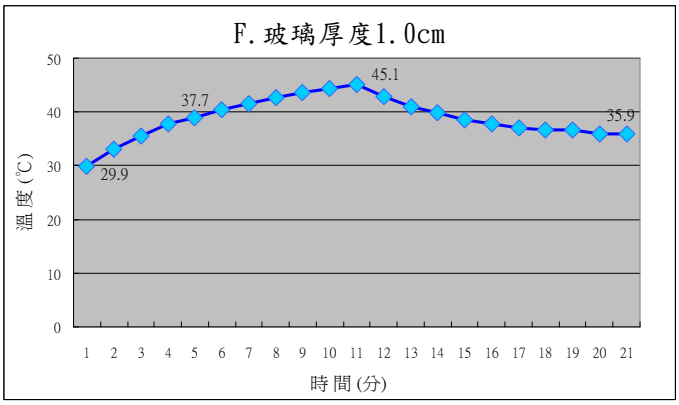


1.玻璃厚度 0.8cm，升溫差 16.3℃。
2.降溫差 10℃，又較前者爲小。

F.玻璃厚度 1.0cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	30	33	36	38	39.1	41.1	41.8	43	44	44.2	45.2	43	41	40	38	38	37.2	36	36.8	36	36
	第二次	29.8	32.9	35	37	38.9	40	41	42	43.1	43.9	45	42.5	40.8	39.7	38.5	37	37	37	36.5	35.8	35.8
	第三次	30	33	35.5	38	39	40	42	43	44	45	45	43	41	40	39	38	37	37	36.5	36	36
	平均	29.9	33	35.5	37.7	39	40.4	41.6	42.7	43.7	44.4	45.1	42.8	40.9	39.9	38.5	37.7	37.1	36.7	36.6	35.9	35.9



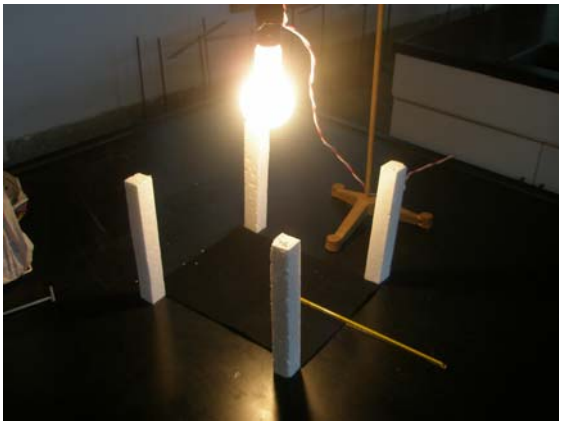


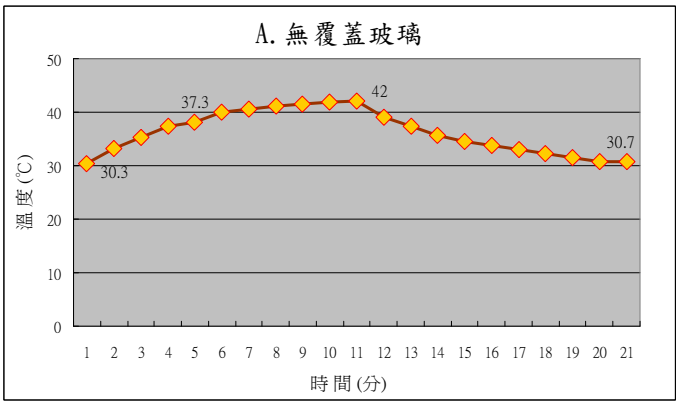
1.玻璃厚度 1.0cm，升溫差 15.2℃，降溫差 9.2℃，均較前者爲小。
2.玻璃愈厚，升溫愈慢，降溫也愈慢，但保麗龍盒內最後的溫度（20 分鐘末）卻漸高。0.8cm 與 1.0cm 的玻璃最後溫度大約相等都在 36℃附近。

二、照光於不同厚度玻璃的開放空間（模擬溫室效應）

A.無覆蓋玻璃

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	31	34	35.8	38	38.8	40	41	41.5	42	42	42.1	39.2	38	35.8	35	34	33	32.5	31.8	30.6	31
	第二次	30	33	35	37	37.5	40	40.5	41	41.5	41.9	41.9	39.2	37	36.1	34.9	34	33	32.1	31.9	31.2	31
	第三次	30	33	35	37	38	40	40.1	41	41.1	41.5	42	39	37	35	34	33	33	32	31	30.5	30
	平均	30.3	33.3	35.3	37.3	38.1	40	40.5	41.2	41.5	41.8	42	39.1	37.3	35.6	34.6	33.7	33	32.2	31.6	30.8	30.7



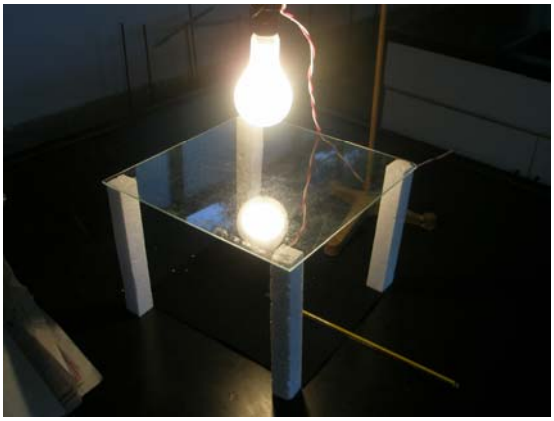


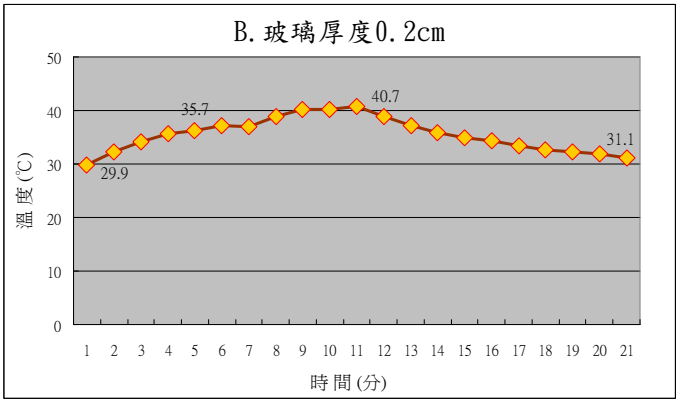
1.僅以保麗龍柱搭一中空開放空間，模擬無溫室氣體的太陽底下，照光時溫度變化與 1.(A) 結果雷同，但因實驗的日期不同，初溫與末溫略有差異。

2.燈照時溫度會上升到某一高點即停止，降溫速度不似增溫時快速，末溫與初溫接近。

B.玻璃厚度 0.2cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	30	32	33	35	35	35.1	37	38	39	40	40.8	38.8	37	36	35	34.5	33.5	33	32.5	32	31.2
	第二次	29.9	32.5	34.8	36	37	38.1	39	39.8	40.3	40.3	41	39	37.5	36	35.1	34.8	33.8	32.5	32	31.8	31
	第三次	29.8	32.5	34.5	36	37	38	38	39	40	40	40.2	39	37	35.5	35	34	33	32.5	32	32	31
	平均	29.9	32.3	34.1	35.7	36.3	37.1	37	38.9	40.1	40.1	40.7	38.9	37.2	35.8	35	34.4	33.4	32.7	32.2	31.9	31.1



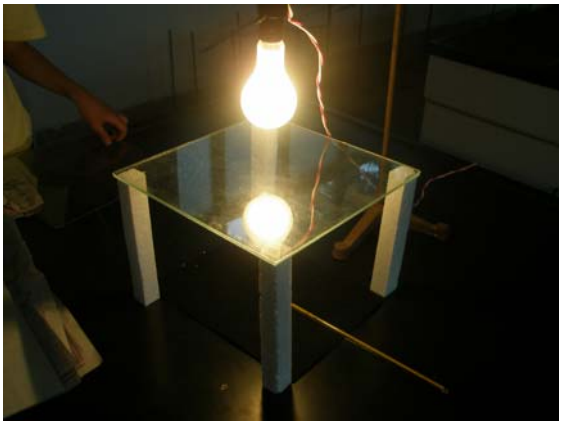


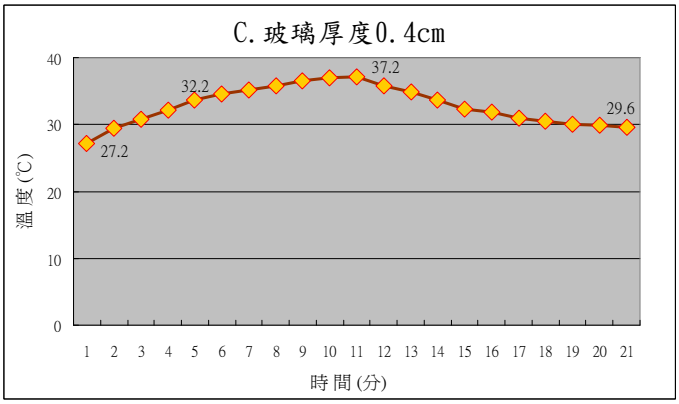
1.玻璃厚度 0.2cm，升溫差 10.8℃ ，降溫差 9.6℃ 。

2.此與 1.(B)的實驗比較，覆蓋相同厚度的玻璃，密閉空間與開放空間溫差效果差異非常大，前者幾乎爲後者兩倍。

C.玻璃厚度 0.4cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	27	29.5	31	32	33.2	34.1	35	35.5	36	36.5	37	35.5	34.5	33	32	31.5	31	30.5	30	29.8	29.8
	第二次	27.5	29.5	30.5	32	33.5	34.5	35	35.5	36.5	37	37	35.5	35	34	32.5	32	31	30.5	30	30	29.5
	第三次	27	29.5	31	32.5	34	35	35.2	36	37	37.5	37.5	36	35	34	32.5	32	31	30.5	30	30	29.5
	平均	27.2	29.5	30.8	32.2	33.6	34.5	35.1	35.7	36.5	37	37.2	35.7	34.8	33.7	32.3	31.8	31	30.5	30	29.9	29.6



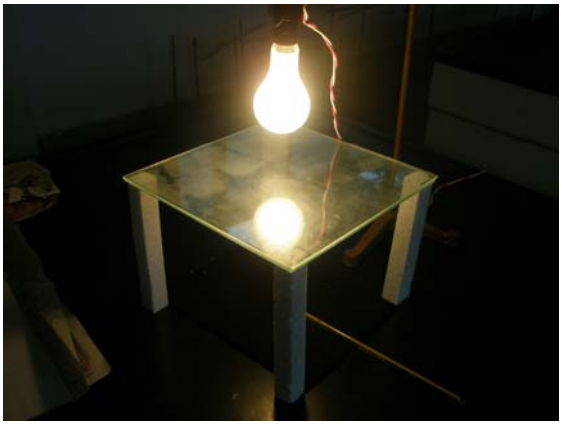


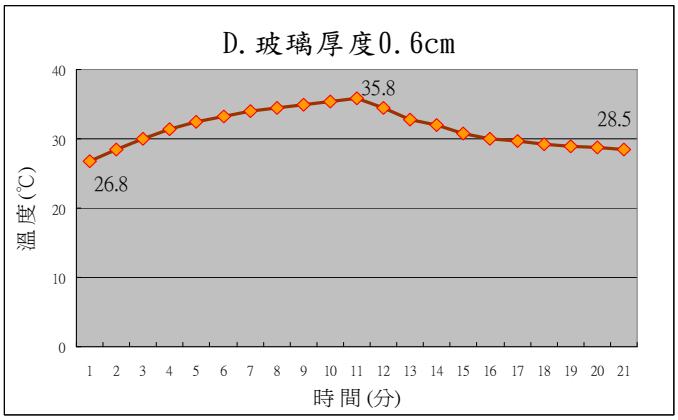
1.玻璃厚度 0.4cm，升溫差 10.0℃，較前者為小。

2.降溫差 7.6℃，亦較前者為小。

D.玻璃厚度 0.6cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	27	28.1	30	31.2	32	33	33.5	34	34.5	35	35.5	33.9	32	31.5	30.2	30	29.5	29	28.5	28.9	28.1
	第二次	26.5	28.5	30	31	32.5	33	34	34.5	35	35.2	36	34.5	33	32	31	30	29.5	29	29	28.5	28.5
	第三次	27	29	30	32	33	34	34.5	35	35.1	36	36	35	33	32.5	31	30	30	29.5	29.2	29	29
	平均	26.8	28.5	30	31.4	32.5	33.3	34	34.5	34.9	35.4	35.8	34.5	32.7	32	30.7	30	29.7	29.2	28.9	28.8	28.5



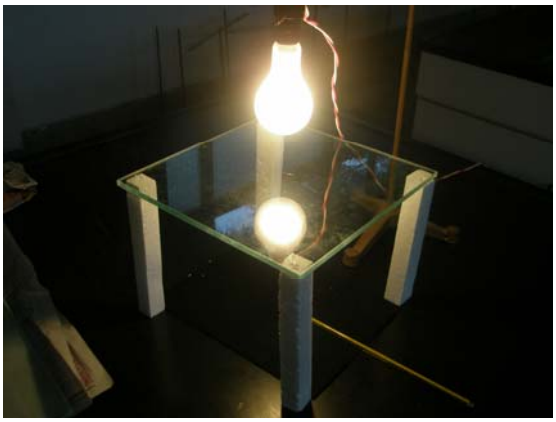


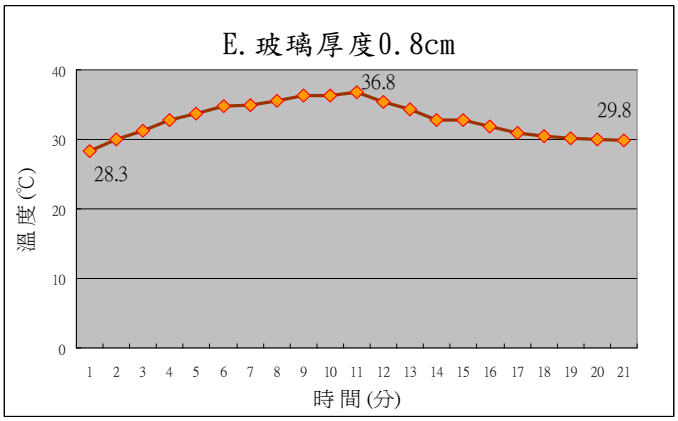
1.玻璃厚度 0.6cm，升溫差 9.0℃。

2.降溫差 7.3℃，又較前者為小。

E.玻璃厚度 0.8cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	28	29.9	31	32.5	34	34.8	35	35.5	36	36	36.5	35.2	33.9	32.1	32	31.8	31	30.5	30.2	30	29.8
	第二次	28.5	30	31.5	33	33.5	34.5	35	35.5	36.5	36.5	37	35.5	34.5	33	33	32	31	30.5	30	30	29.8
	第三次	28.5	30	31.5	33	33.5	35	35	35.5	36.5	36.5	37	35.5	34.5	33	33	32	31	30.5	30	30	29.8
	平均	28.3	30	31.3	32.8	33.7	34.8	35	35.5	36.3	36.3	36.8	35.4	34.3	32.7	32.7	31.9	31	30.5	30.1	30	29.8

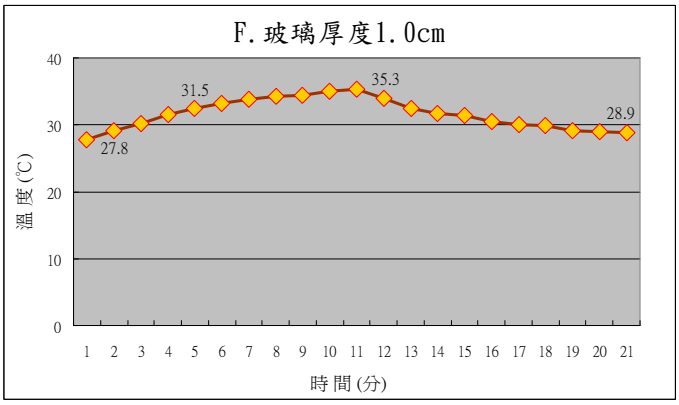




1.玻璃厚度 0.8cm，升溫差 8.5℃。
2.降溫差 7.0℃，均較前者爲小

F.玻璃厚度 1.0cm

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	27.8	29	30	31	32	33	33.2	34	34	34.8	35	33.8	32	31.2	30.8	30.1	29.8	29.8	29.1	29	28.8
	第二次	28	29	30	31.5	32.5	33	34	34	34.2	35	35	34	32.5	32	31.5	30.5	30	30	29	29	29
	第三次	27.5	29.5	30.5	32	33	33.5	34.2	34.5	35	35.2	36	34	33	32	32	31	30.5	30	29.5	29	29
	平均	27.8	29.2	30.2	31.5	32.5	33.2	33.8	34.2	34.4	35	35.3	33.9	32.5	31.7	31.4	30.5	30.1	29.9	29.2	29	28.9

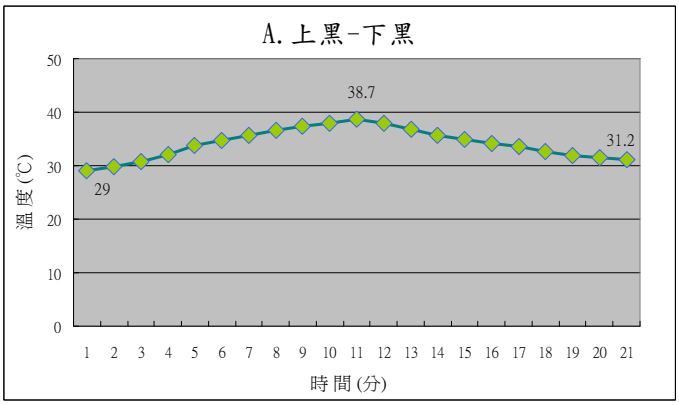


1.玻璃厚度 1.0cm，升溫差 7.5℃，降溫差 6.4℃，均較前者爲小。
2.此溫差幅度與密閉空間的差異頗大，明顯小了很多。原因可能爲在開放的系統下，玻璃愈厚愈易阻礙輻射熱的吸收，此時對流對散熱效果影響反而較輻射爲大。

三、不同顏色材料的吸散熱效果探討（模擬陽傘）

(1)上黑-下黑

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	29	30	31.2	32.1	34	35.2	36.2	37	38	38.5	39.2	38.3	37.2	36.2	35.2	34.5	33.2	33	32.1	32	31.5
	第二次	29	30	30.8	32	34	35	36	36.8	38	38.5	39.5	38	37	36	35	34	33.8	33.2	32	31.9	31.2
	第三次	29	29.5	30	32	33	34	35	36	36.5	37	37.5	37	36	35	34.5	34	33.5	32	31.5	31	31
	平均	29	29.8	30.7	32	33.7	34.7	35.7	36.6	37.3	38	38.7	38	36.7	35.7	34.9	34.2	33.5	32.7	31.9	31.6	31.2

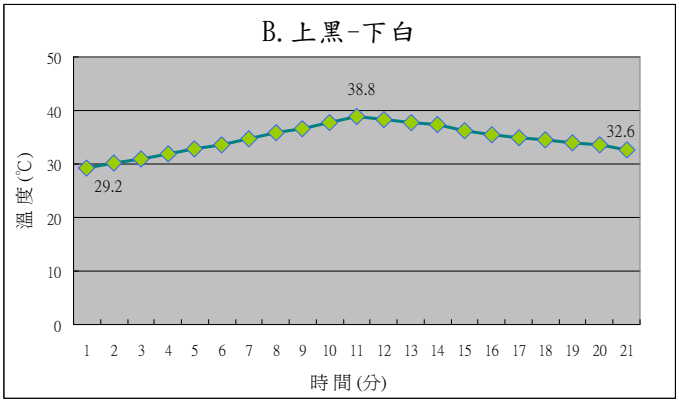


1.將玻璃兩面塗以不同色料用以模擬陽傘設計，本實驗將厚 0.2cm 玻璃上下層皆塗黑。

2.照光時溫度均勻上升，10 分鐘溫升為 9.7℃；關燈溫度亦均勻下降，10 分鐘溫降為 7.5℃，與同厚度透明玻璃比較升降溫值略小。

(2)上黑-下白

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	29.5	30.2	31	32	33	33.5	35	36	36.8	37.5	39	38.5	38.5	38	37	36.5	36	35.5	35	34.8	33.8
	第二次	29.2	30.2	31.2	32	33.1	34	35	36	36.5	38	39	39	38.8	38	37.1	36.2	36	35.8	34.8	34	33
	第三次	29	30	30.5	31.5	32.5	33	34.5	35.5	36.5	38	38.5	37.5	36	35	34.5	33.5	33	32.5	32	32	31
	平均	29.2	30.1	30.9	31.8	32.9	33.5	34.8	35.8	36.6	37.8	38.8	38.3	37.8	37.3	36.2	35.4	35	34.6	33.9	33.6	32.6

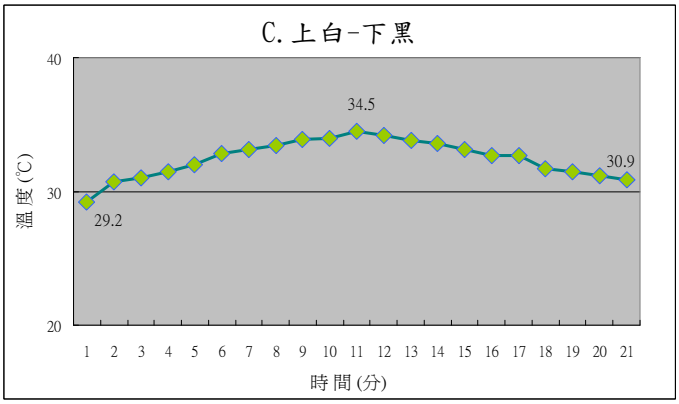


1.本實驗將厚 0.2cm 玻璃上層塗黑下層塗白。

2.10 分鐘溫升為 9.6℃，與前者大約相同，溫降為 6.2℃，則比前者略小。

(3)上白-下黑

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	29	31	31.2	31.5	32	33.1	33.2	33.5	34	34	34.5	34.2	34	34	33.8	33	32.8	32	31.8	31.5	31.2
	第二次	29.5	31	31.5	32	32.5	33.2	33.5	33.8	34.2	34.5	35	34.8	34.5	34	33.5	33	32.5	32	31.8	31.7	31.5
	第三次	29	30	30.2	31	31.5	32	32.5	33	33.5	33.5	34	33.5	33	32.8	32	32	32.8	31	31	30.5	30
	平均	29.2	30.7	31	31.5	32	32.8	33.1	33.4	33.9	34	34.5	34.2	33.8	33.6	33.1	32.7	32.7	31.7	31.5	31.2	30.9

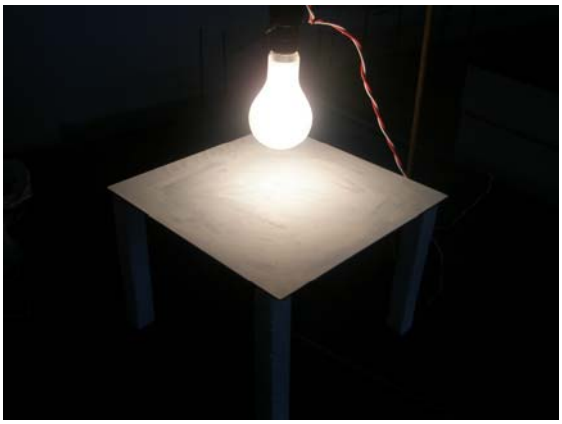


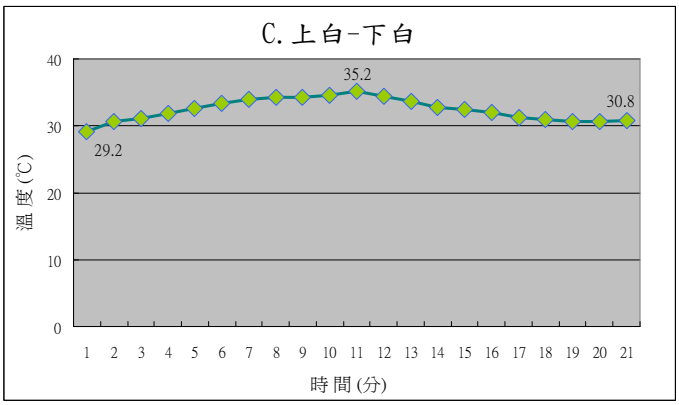
1.本實驗將厚 0.2cm 玻璃上層塗白下層塗黑。

2.10 分鐘溫升爲 5.3℃，與前二者比較下降幅度頗巨；溫降爲 3.6℃，也因上升減少下降程度亦比前二者大幅增加。

(4)上白-下白

時間(分)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
溫度	第一次	29	30.8	31	32	32.8	33.2	34	34.2	34.1	34.5	35	34.5	34	33	33	32.5	32	31.5	31.2	30.8	31.2
	第二次	29.5	31	31.8	32.5	33	34	34.3	34.5	34.6	35	35.5	34.8	34	33.2	32.9	32.5	31.8	31.2	31	31	31.2
	第三次	29	30	30.5	31	32	33	33.5	34	34	34.1	35	34	33	32	31.5	31	30.2	30	30	30	30
	平均	29.2	30.6	31.1	31.8	32.6	33.4	33.9	34.2	34.2	34.5	35.2	34.4	33.7	32.7	32.5	32	31.3	30.9	30.7	30.6	30.8





1.本實驗將厚 0.2cm 玻璃上下兩層均塗白。

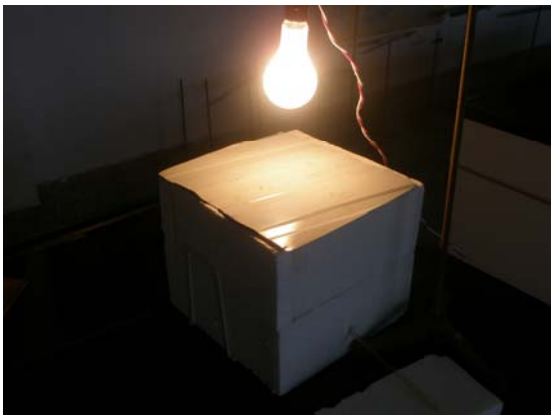
2.10 分鐘溫升爲 6.0℃，溫降爲 4.4℃，與前者(3)實驗比較均小幅增加。

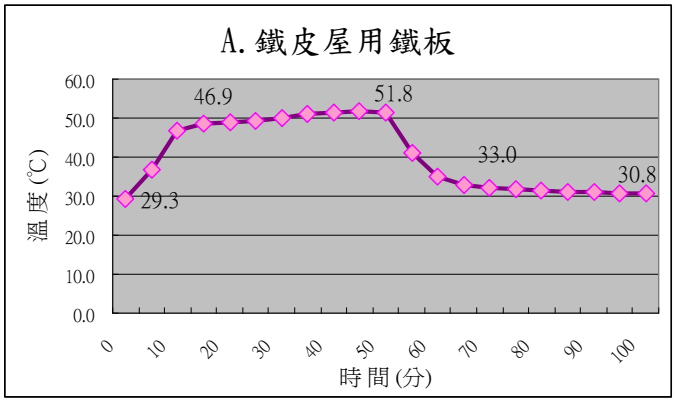
3.最後一組數據爲不明原因干擾，略有些微增加。

四、各種常見建材對照光增溫效果的比較（模擬房屋）

(1)鐵皮屋用鐵板

時間(分)		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
溫度	第一次	29	40	46.8	48	47	47.1	48.1	49	49.2	50	50.1	40	34	32	31.1	31	30.8	30.5	30.2	30	30
	第二次	30	30	48	50	50.5	51.8	52.5	53.8	53.8	54.1	53.5	42	36	34	33	32.8	32.2	32	32	31.8	31.7
	第三次	29	40	46	48	49	48.8	49.5	50.8	51	51.2	51.2	41	35	33	32	31.8	31.5	31.2	31	30.8	30.8
	平均	29.3	36.7	46.9	48.7	48.8	49.2	50.0	51.2	51.3	51.8	51.6	41.0	35.0	33.0	32.0	31.9	31.5	31.2	31.1	30.9	30.8



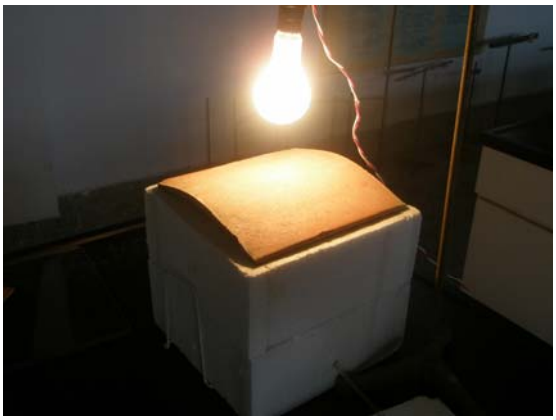


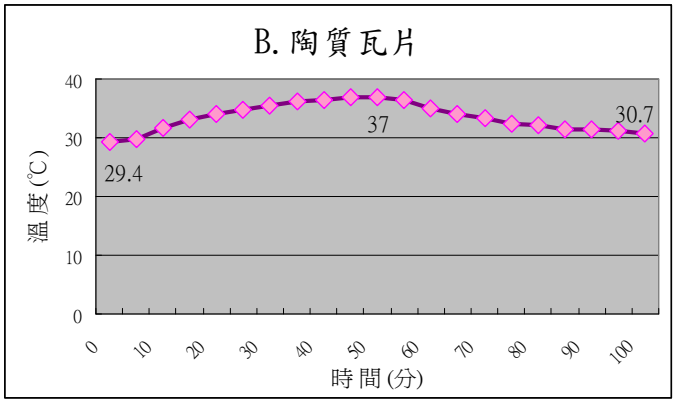
1.本實驗利用建築用鐵板(厚度約 0.03cm，單面烤漆)，切割成適當大小並敲平表面，覆蓋保麗龍盒模擬密閉房屋空間。

2.照光 10 分鐘內溫度快速爬升，約 15 分鐘後呈緩慢上升，最高升溫達 22.5℃；停止照光後溫度急遽陡降，降溫 15 後溫度漸成穩定狀態，末溫與初溫相差不多。

(2)陶質瓦片

時間(分)		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
溫度	第一次	29.5	30	32	33	34	35	35.5	35.5	36.5	37	37	36	35	34	33	32	32	31.5	31	30.8	30.5
	第二次	29.2	29.5	31	32	33.5	34.2	35	36	36	36.5	36.8	36	35	33.2	33	32	31.5	31	31	31	30.5
	第三次	29.5	30	32	34	35	35	36	37	37	37	37.2	37	35.2	34.8	34	33.4	33	32	32	31.5	31
	平均	29.4	29.8	31.6	33	34.1	34.7	35.5	36.1	36.5	36.8	37	36.3	35.0	34	33.3	32.4	32.1	31.5	31.3	31.1	30.6



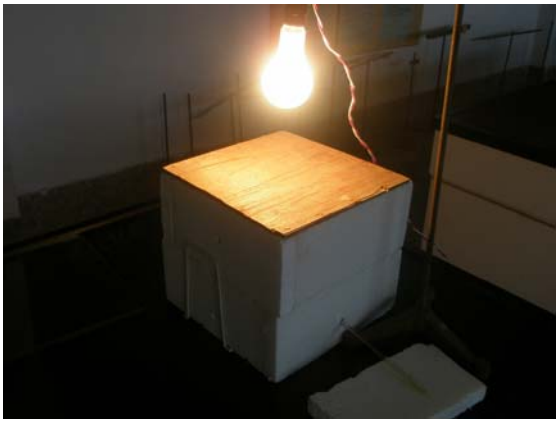


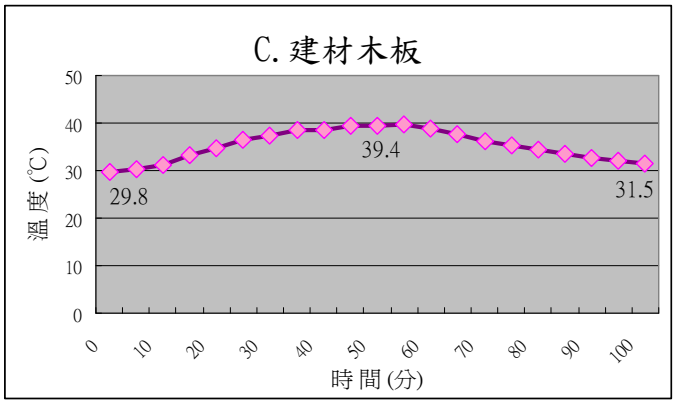
1.本實驗採用古建築用瓦片(厚度約 0.9cm 紅土陶質，表面略呈弧狀)實驗時空隙處以保麗龍塊填滿，使成密閉空間。

2.開始照光溫度緩慢上升，最高升溫 7.6℃；關燈後溫度呈小幅降，後段溫度略呈恆定，溫度升幅為鐵板三分之一左右。

(3)建材木板

時間(分)		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
溫度	第一次	29.8	30	31	32.5	34.5	35.6	36.8	37.5	38	38.2	39	39.2	38	37	35.8	35	34	33	31.5	31	30.5
	第二次	29.5	29.5	30.6	32.6	34.2	36	37	38	38	39	39.1	39.5	38.8	37.2	35.7	35	34	33	32	31.7	31.2
	第三次	30	31	32	34	35.5	37	38	39	39.5	39.8	40	40	39	38	37	35.5	35	34	33.5	32.5	32
	平均	29.8	30.2	31.2	33	34.7	36.2	37.3	38.2	38.5	39	39.4	39.6	38.6	37.4	36.2	35.2	34.3	33.3	32.3	31.7	31.2

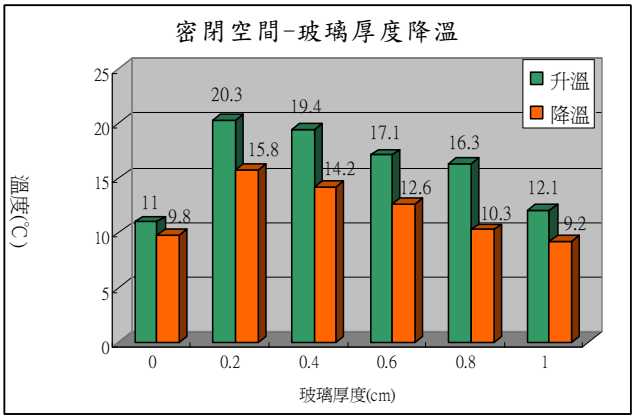


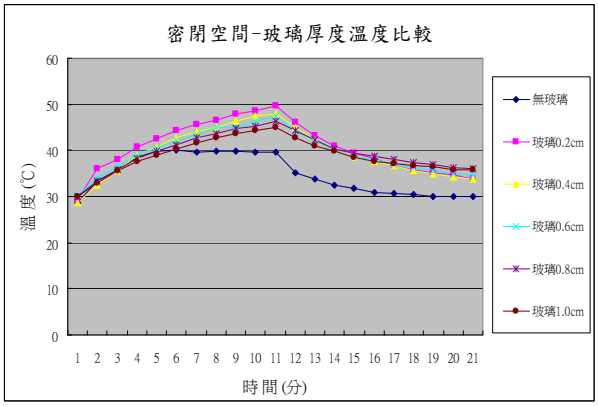


1.本實驗採用建材用合板(厚度約 1.2cm)，模擬木質屋頂之密閉空間。
2.照光部分溫度升幅 9.8℃(最大值)，關燈後溫度均勻下降，溫降 8.4℃，溫度升降幅比瓦片稍大。

陸、討論：

一、在實驗 1 中，若將玻璃厚度與照光溫度變化的關係作圖，我們發現所覆蓋的玻璃愈薄，溫度的升降愈快也愈多，顯現玻璃厚度會影響輻射熱的吸收與發散，且與厚度大約成相反的關係。總體來看，升溫速率均比降溫速率快，此與光照的距離與集中程度相關，而大氣的溫度高低亦會造成影響。至於未覆蓋玻璃實驗溫度升降最小，變化也最小，可爲比照。

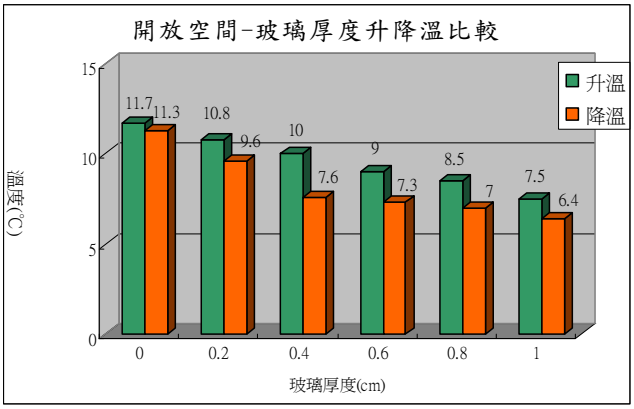


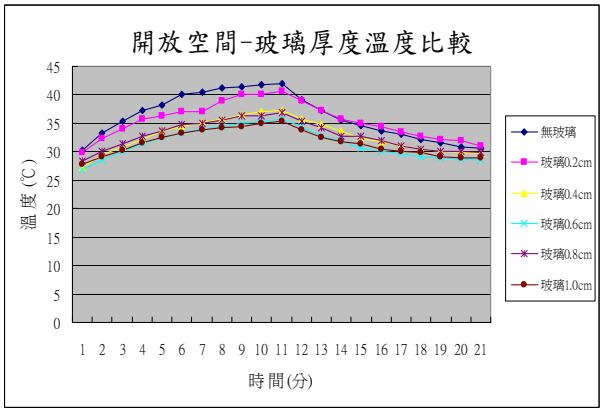


二、玻璃愈厚，雖然溫度上升較少，然下降相對也較小，觀察降溫 10 分鐘末溫可發現厚度 1.0cm 的玻璃溫度維持較高，可見其保溫的能力最佳。本實驗以玻璃模擬溫室氣體，玻璃愈厚則表示溫室氣體愈厚愈多，防止輻射熱散失的功能愈強，可從本實驗得到印證；汽車車箱常爲密閉空間，在戶外獲得輻射熱後，轉爲波長較長的紅外線型式能量，但受玻璃阻隔而不易散出，因此爲何大太陽底下的車箱內「酷熱難奈」可獲初步了解。

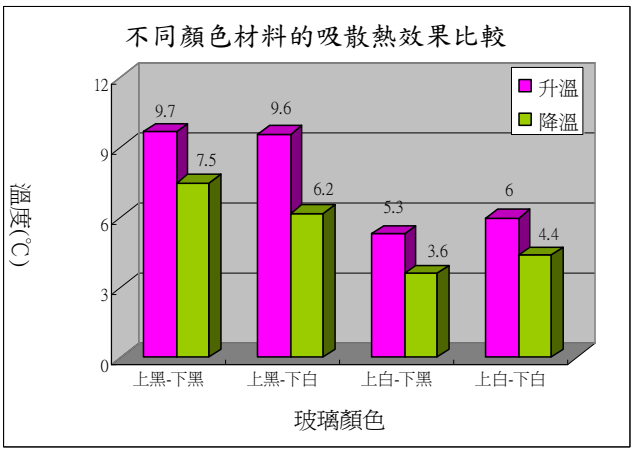
三、實驗 2 中，開放空間的結果如下圖，與密閉系統比較發現升降溫都明顯較小，且升降溫的差距、各不同厚度的玻璃最高溫最低溫也都變小。我們判斷應是在開放系統中，空氣藉對流

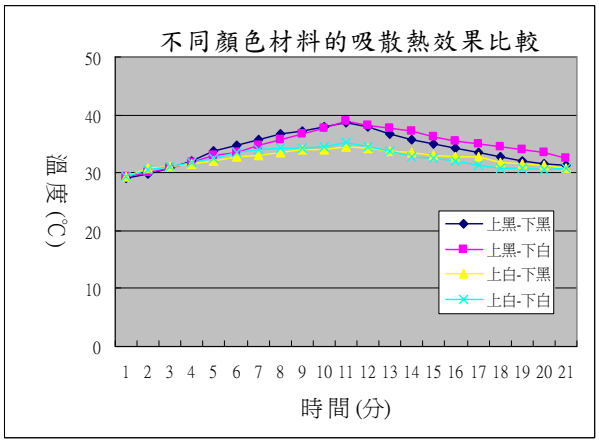
方式不斷與周圍環境交換熱量，而當時室溫（28℃左右）比盒內低很多，快速的對流是造成溫度升降變慢的主因。另外，無覆蓋玻璃的結果溫差反而最大，可知在開放空間下，不同厚度的玻璃其阻擋輻射熱的效果與厚度正相關。



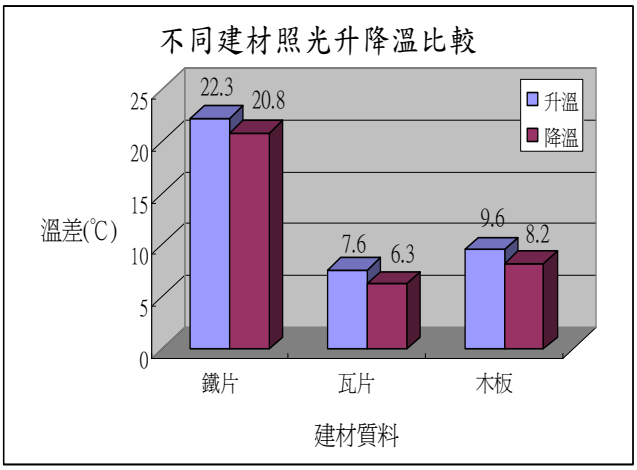


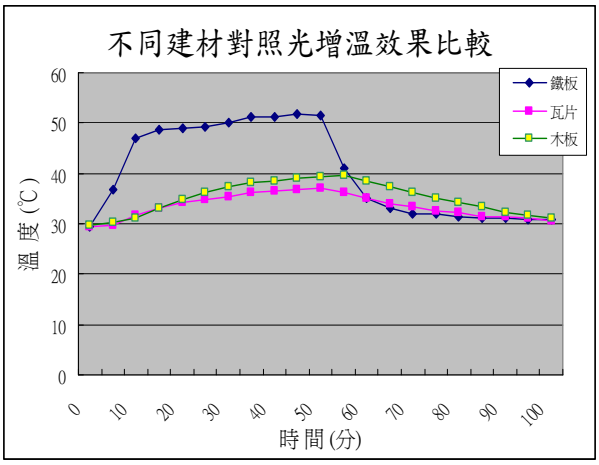
四、實驗 3 中，四種不同顏色組合的實驗結果比較如下圖：其中兩組上層塗黑的溫度上升較為快速，吸熱速率約為白色的 1.5 倍以上，吸熱效果亦受下層顏色所影響，下層黑色略較白色升溫為少，可見其在背光面有發揮散熱較強的功能；若考慮散熱方面，兩面均塗黑的效果優於其他組合，一黑一白與兩面塗白則無顯著關係。若從升降溫曲線圖中來觀察，上層塗黑比上層塗白最高溫皆高出 3-4℃左右；降溫部分的末端溫度前二組實驗比較，以上黑下白溫度較高，後二組無明顯差異，大約可見白色材料較不具散熱效果的趨勢。





五、實驗四中，在列舉的三種常見建材作照光的吸散熱比較實驗中，因材料限制無法控制樣品的厚度、顏色、平整度等變因，只能就其本身的吸散性質作一般測試。原本我們的實驗設計測量時距與前面實驗相同(每分鐘測一次，升降溫各測 10 次)，但結果發現鐵板與瓦片在停止照光後溫度仍持續小幅上升，且無明顯降溫的現象。原因應是測量時距太短，測量時間也不夠長（常規建築物白天的日照時間均為數小時以上），於是我們改變測量方式（每 5 分鐘測一次，測量時間拉長為 100 分鐘），結果終於成功的得到完整升降溫曲線圖。由下分析圖可見鐵板的升降溫差與最高溫皆遠大於其他二者，木板次之，瓦片最小，但木板與瓦片相差不大。由此推論若以隔熱效果考量屋頂材料的選擇，瓦片最優，其次木板，鐵皮板最差。然以材料的物理性質來說，導熱效果以金屬最佳，陶土質次之，木質最慢；比熱則以木質最大，金屬最小。比熱小的鐵板吸熱快散熱也快，加以其厚度（約 0.03cm）遠小於木板（1.2cm）與瓦片（0.9cm），因此造成其有如此快速吸放熱及快速的導熱效果。對密閉的建築空間且無對流的情況下，鐵板建材是最差的選擇。





六、車子放到大太陽底下，會有可見光進來，當然太陽出來的光不只有可見光，還有很多看不見的光，叫紫外線。不過車子的玻璃設計（隔熱紙）都會把紫外線擋掉，所以在車子裡面，其實紫外線是比較進不來，但是可見光一定會進來。這個可見光進來就是一個熱量的傳輸，譬如說照到人的身上，照到車椅上，照到車子裡面用具上，就被吸收掉了，這些物體吸收了之後，能量就會提高。任何有溫度的物體都會放出輻射，當溫度提的愈高的時候，放出來的輻射頻率就會愈高。通常在室溫的時候，假如有個物體是在室溫的溫度，放出來的輻射是紅外線的波長。這些發射出來的紅外線部分被車窗玻璃所阻隔，再度反射回車內而被吸收，如此週而復始，熱量進來多出去少，溫度自然不斷升高。甚至有時我們發現汽車停在無太陽光照射的戶外，時間久了車內溫度仍會比外部氣溫高出許多，也是同樣的道理，當可見光不斷進入車內累積熱量，形成紅外線後無法散發所致。

七、如果以抵擋紫外線的功能而言，一般市面上陽傘的設計考量則有些不同，布內面塗有銀膠（不透光，色淺）的陽傘抵擋紫外線的能力較佳，外層顏色方面則以紅色系優於藍色系。因此，選擇深色系內面塗布銀膠的陽傘，紫外線的遮蔽效果較令人滿意。此顏色安排顯然與我們的實驗結果完全相反，我們使用的光源（白熾燈）主要以可見光譜爲主，沒有太多的紫外線成分，因此對於波長較長範圍的光來說，深淺顏色的透光性反而不是影響溫度的關鍵，在使用不透光材質的原則下，淺色外層的陽傘防曬的效果比黑色(深色)傘要好，傘面有做反光材質的也就是能將陽光反射回去淺的顏色比較不會吸熱（像有些阿桑的機車椅上都會放一片亮銀色的遮版，它的功效就是將陽光反射回去才避免椅墊吸熱），並採用深色系來做傘內顏色，應有較好的遮涼效果。

八、就我們所查到的資料顯示，建築物在隔熱設計上的考量主要以空氣的流通爲重點，舉凡屋頂挑高、氣窗、閣樓設計等都能收降溫散熱之功效。正常的建物與空間的比例來說，建材所佔的體積依然是比能夠流通空氣的空間體積小很多。所以輻射熱的熱能散熱對空氣的加溫速度，遠低於空氣流通時將它稀釋的速度，只要能保持空氣的流通，它的影響就很輕微。而施作隔熱工程的目的，是在日曬強烈的時候，讓幅射的傳導速度降慢，且讓日間的溫度不會加熱得太迅速（隔熱建材的選用）。當然，這相對的會造成散熱的速度變慢，但是只要保持空氣的流通，它的影響就很低，所以這樣的做法依然是有正面的有益的效果。散熱的重點，在於通風量，隔熱材本身若具有良好的通風性能，除了隔熱效果佳之外，散熱也就不會造成任何問題，所以用架空方式作隔熱處理是最佳建議。

柒、結論：

一、在照光於不同厚度的玻璃，覆蓋的玻璃愈薄，溫度的升降愈快也愈高；玻璃愈厚，雖然溫度上升較少，然下降也較小，且末溫維持較高，保溫的能力最佳（與溫室效應性質相近）。若無覆蓋玻璃溫度上升最少，降溫也最低。

二、在開放空間照光於不同厚度的玻璃，因對流因素影響與密閉空間相較，升降溫都明顯縮小，且升降溫差、最高溫最低溫也都大幅變小。若無覆蓋玻璃溫度上升最高，下降最快，愈厚的玻璃其阻擋輻射熱的效果愈佳。

三、玻璃的上下層深淺顏色不同，影響照光吸散熱的效果明顯，可歸納如下表：

顏色配置	升溫速率	降溫速率	最高溫（℃）	散熱效果評價
上黑-下黑	快	快（77.3%）	38.7	★★
上黑-下白	快	慢（64.6%）	38.8	★
上白-下黑	最慢	慢（67.9%）	34.5	★★★★
上白-下白	慢	快（73.3%）	35.2	★★★★
★★★★：良好　★★★：普通　★★：稍差　★：差				

四、實驗中所列舉三種常見建材，對照光的升降溫以瓦片最小，木板稍大，鐵板則遠大於二者。其對照光的吸散熱效果與材質特性比較，可歸納如下表：

建材種類	升降溫比較	優缺點	評價
鐵板	最大	使用方便，持久耐用(有防繡處理)，隔熱效果差。	★
瓦片	最小	價格便宜，隔熱效果佳，易碎不利搬運。	★★★★
木板	小	價格稍貴，隔熱效果佳，易受蟲蟻侵蝕及雨水腐損。	★★★

捌、參考資料：

1.地球的變遷　陳明德/王正松 著　臺灣書店印行

2.能與能源　吳誠二 著　幼獅文化事業公司印行

3.國中自然與生活科技康軒版第三冊

4.維基百科http://zh.wikipedia.org/w/index.php

5.師大物理系 http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/index.php

6.朱敬平http://elixirr.myweb.hinet.net/Chapter20-radiation.pdf

【評語】030115

優點:

1. 實驗設計及數據均明確、完整。

2. 表現市面上現有陽傘並未依最佳狀況設計，尚有改良空間。

3. 實用性佳。

缺點:

1. 所有結果並未脫離已知之原理，且僅符合預測。

2. 實驗可繼續深入，例如車內顏色之影響等。