

金門地區第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：隔熱探究

關 鍵 詞：熱像儀、隔熱材料、導熱係數

編 號： Bp-2

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由金門縣教育處與承辦單位統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

隔熱探究

摘要：

熱像儀是最近很夯的測溫儀器，我們利用熱像儀快又精準的將紙杯或塑膠杯的外層溫度瞬間測量，同時探討影響物質隔熱效果的因素：容器厚度、容器材質、材質顏色、雙層容器之間介質種類、雙層容器之間間隔距離、隔熱紙材質、接觸時間等。

本研究以簡易材料設計實驗探討物質的隔熱效果。物質隔熱效能和導熱係數有關，導熱係數越低，物質隔熱效能越好。研究得知：容器厚度越厚，隔熱效果越佳、紙杯的隔熱效果比塑膠杯佳、杯子容量越大，裝的熱飲越多則隔熱效果越差、白色的紙杯或塑膠杯，隔熱效果較佳、空氣的導熱係數約 $0.02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，容器內空氣夾層距離越大，隔熱效果越佳、保麗龍的導熱係數約 $0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，保麗龍材質隔熱效果佳、廚房隔熱手套隔熱效果很好、隔熱效果較佳的是非金屬膜材質隔熱紙，選擇好的隔熱材料不僅可以將物質保溫，也避免我們使用時被燙傷。

壹、研究動機：

有時候買熱飲時，預防燙手，超商會提供隔熱杯套。隔熱杯套大多使用瓦楞紙製作，紙漿耗量大，不符合環保，而且杯套添加了化學物質，對環境造成影響，我們想探究影響紙杯或塑膠杯隔熱效果的因素有那些？此外，膨鬆的棉被裡空氣較多易保暖，雙層玻璃杯裝熱水不易燙，原因何在？隔熱紙隔熱效果和那些因素有關。我們一方面搜尋資

料，並利用簡易材料設計實驗探討物質的隔熱效果。

貳、研究目的：

- (一) 容器厚度對隔熱效能探討。
- (二) 材質顏色對隔熱效能探討。
- (三) 中間間隔空氣距離對隔熱效能探討。
- (四) 中間間隔材質種類對隔熱效能探討。
- (五) 廚房常見物質隔熱效能探討。
- (六) 隔熱紙材質對隔熱效能影響。
- (七) 接觸時間對隔熱效能影響。

參、研究設備器材：

溫度計、熱像儀、燒杯、量筒、紙杯、塑膠杯、抹布、隔熱手套、棉手套、隔熱紙、加熱器、色紙、玻璃、玻璃紙、透明膠帶、膠帶、剪刀、保麗龍、紙屑、木屑、直尺



肆、文獻探討：

一、熱的傳播方式：熱的傳播方式包含熱傳導、熱對流、熱輻射，熱

傳導為固體與固體間的接觸，熱量由高溫物體流向低溫物體的過程、熱對流是液體或氣體之間的熱量流動、熱輻射是不需介質的熱量流動。

二、紅外線熱像儀原理：物體熱輻射能量的大小，直接和物體表面的溫度相關，凡是絕對溫度不為零的物質，都會自然的放射出輻射能量，這些熱輻射是肉眼看不到的，需要特殊的感測器才能測知，例如紅外線熱像儀拍攝，將熱輻射透過穿透率 99% 鍍 GE 鏡片對焦至熱阻式感測器(氧化釩)上，接收熱輻射後溫度改變，阻抗也改變，通電後接收後端電訊號變化，就可以知道接收之熱輻射所代表之溫度大小。

三、人體對溫度的感覺：人體的體感溫度約在 20°C ~ 47°C 之間，當溫度超過 36°C ，手觸摸時會有溫覺，當溫度超過 45°C 時會有熱的感覺，當溫度超過 50°C 會有燙的感覺，一般而言當溫度超過 60°C 之後會造成燙傷。

伍、研究過程與結果：

過程一：容器厚度對隔熱效能探討

步驟：

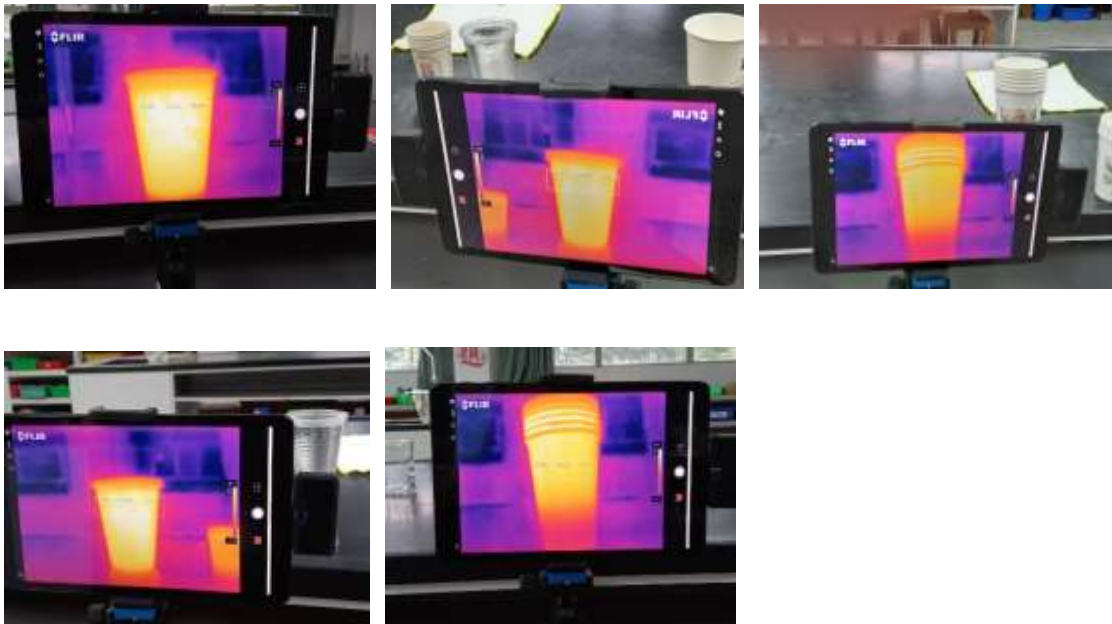
1. 以生活中常見免洗紙杯、免洗塑膠杯如下圖裝置實驗。



2. 用 180ml 小型紙杯裝入熱水，固定紙杯和熱像儀距離。

3. 測量紙杯外層溫度。

4. 分別加套紙杯至 6 層，每次測量紙杯外層溫度。



5. 改用不同規格 (360ml 中型、500ml 大型) 紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

1. 結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)

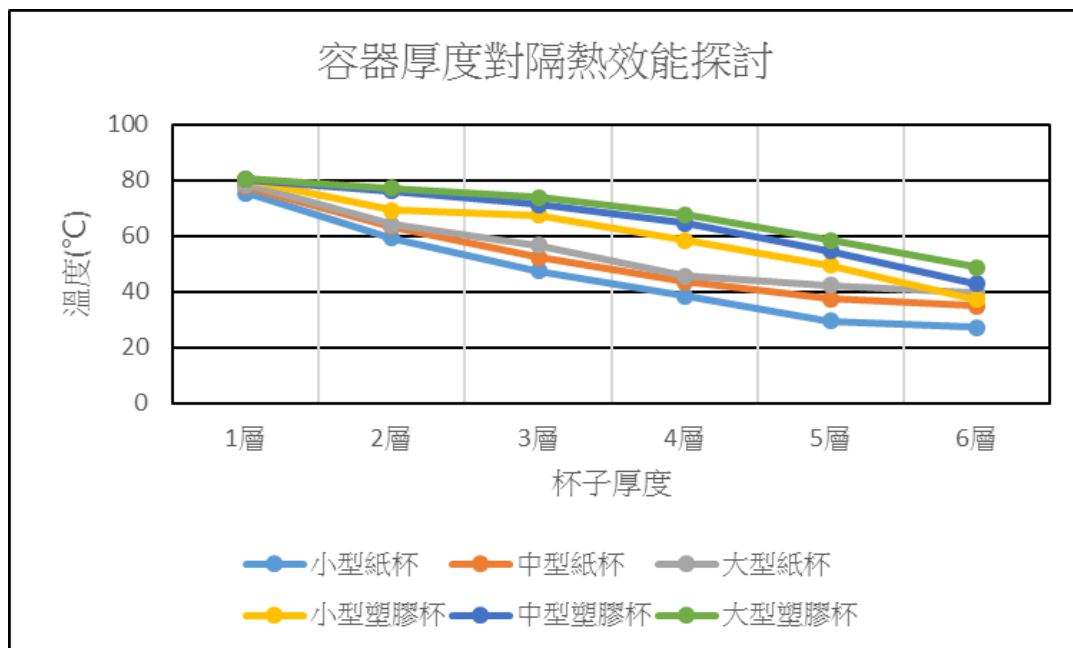
杯內水溫： 81.3°C 、實驗室氣溫： 21.1°C

厚度	1 層	2 層	3 層	4 層	5 層	6 層
小型紙杯	75.2	59.2	47.3	38.4	29.4	27.2
中型紙杯	77.5	63.2	52.3	43.5	37.4	34.8
大型紙杯	78.4	64.1	56.7	45.7	42.3	39.6
小型塑膠杯	80.1	69.2	67.3	58.4	49.4	37.2
中型塑膠杯	80.2	76.2	71.3	64.5	54.5	42.8
大型塑膠杯	80.4	77.1	73.7	67.7	58.3	48.6

2. 由上表可知，免洗杯加套越多層，厚度越厚隔熱效果越好，因為紙及

塑膠均為熱的不良導體，厚度增厚能夠有效阻隔熱的傳導。

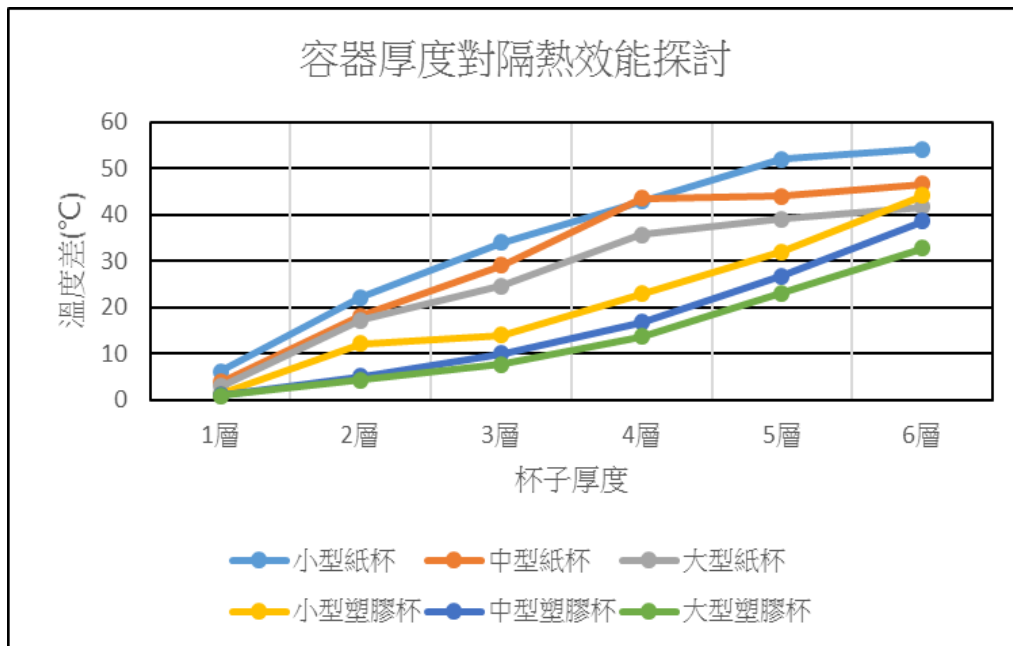
3. 由表中也發現，塑膠杯的隔熱效果比紙杯差，塑膠杯不適合裝熱飲，套 6 層塑膠杯的隔熱效果和套 4 層紙杯隔熱效果相當接近。
4. 比較不同容量紙杯或塑膠杯，杯子容量越大、裝的熱飲越多則隔熱效果越差，這可能和接觸的面積有關。



5. 我們將表格作圖，以杯子層數當橫坐標、最外層溫度當縱座標，發現紙杯套 4 層時，溫度已降到一半，塑膠杯套 6 層時，溫度也明顯下降。
6. 我們將杯中溫度和外層測得的溫度相減，比較溫度差（降低的溫度）並將溫度差對杯子層數作圖：

厚度	1 層	2 層	3 層	4 層	5 層	6 層
小型紙杯	6.1	22.1	34.0	42.9	51.9	54.1
中型紙杯	3.8	18.1	29.0	43.5	43.9	46.5
大型紙杯	2.9	17.2	24.6	35.6	39.0	41.7

厚度	1層	2層	3層	4層	5層	6層
小型塑膠杯	1.2	12.1	14.0	22.9	31.9	44.1
中型塑膠杯	1.1	5.1	10.0	16.8	26.8	38.5
大型塑膠杯	0.9	4.2	7.6	13.6	23.0	32.7

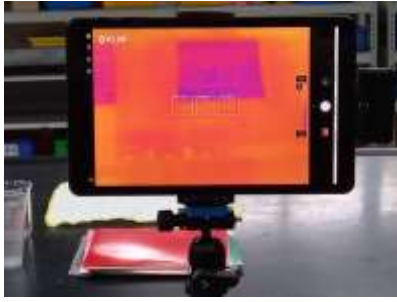


由圖中得知，紙杯套3層至4層時，隔熱效果比塑膠杯大很多。

過程二：材質顏色對隔熱效能探討

步驟：

1. 如下圖裝置。
2. 用貼不同顏色紙杯裝入熱水，固定紙杯和熱像儀距離。



3. 測量紙杯外層溫度。

4. 改用不同規格紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

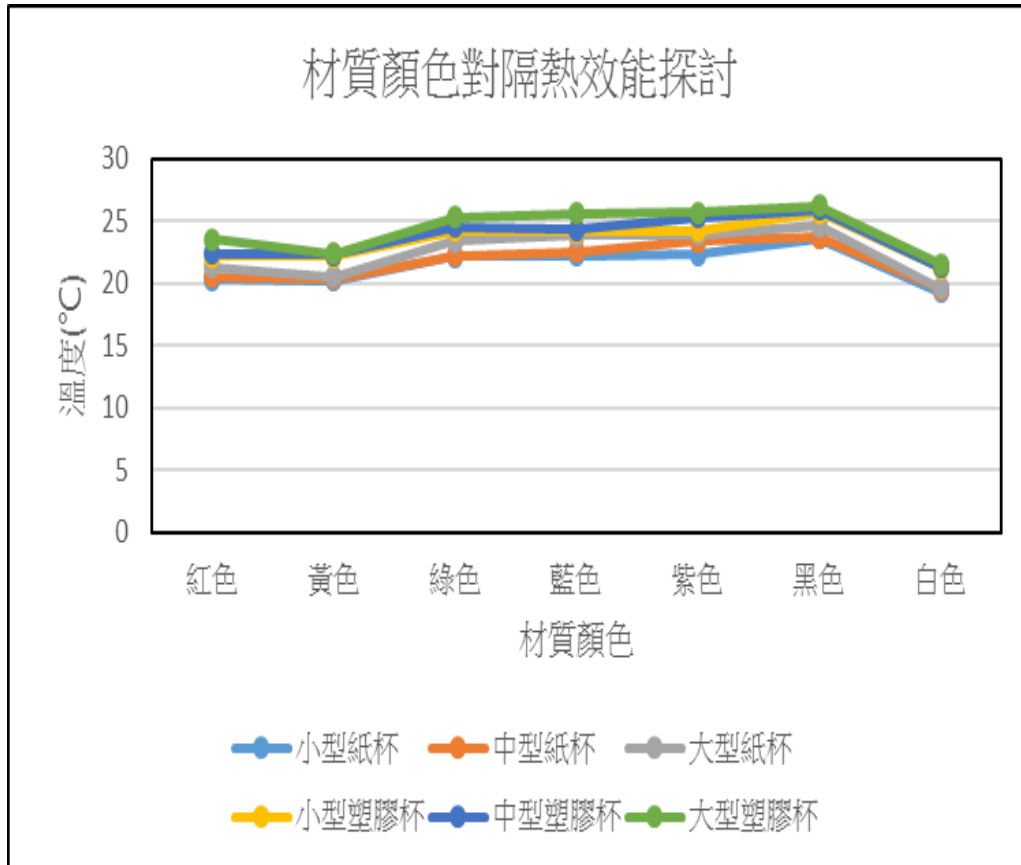
1. 結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)。

杯內水溫： 78.1°C 、實驗室氣溫： 19.1°C

顏色	紅色	黃色	綠色	藍色	紫色	黑色	白色
小型紙杯	20.3	20.2	22.1	22.2	22.3	23.6	19.3
中型紙杯	20.5	20.4	22.2	22.5	23.4	23.7	19.5
大型紙杯	21.3	20.5	23.4	23.8	23.9	24.6	19.6
小型塑膠杯	22.1	22.1	24.2	24.1	24.2	25.7	21.2
中型塑膠杯	22.4	22.3	24.5	24.3	25.3	25.9	21.3
大型塑膠杯	23.5	22.4	25.3	25.6	25.7	26.2	21.5

由表中得知，外層不同顏色的杯子，隔熱效果不一樣，白色的杯子隔熱效果最好，溫度下降最多，紅色或黃色的杯子，隔熱效果次之，藍色或綠色的杯子，隔熱效果再次之，紫色和黑色的杯子隔熱效果最差，溫度下降最慢。

2. 我們將表格作圖，以杯子顏色當橫坐標、外層溫度當縱座標，得到以下圖形：



由圖中可看出，白色的杯子隔熱效果最好，溫度很快就會接近實驗室氣溫。

過程三：中間間隔空氣距離對隔熱效能探討

步驟：

1. 如下圖裝置。
2. 固定兩個不同規格紙杯之間距離，紙杯裝入熱水。



3. 測量紙杯外層溫度。
4. 改變紙杯間距離，測量外層紙杯溫度。
5. 改用不同規格紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

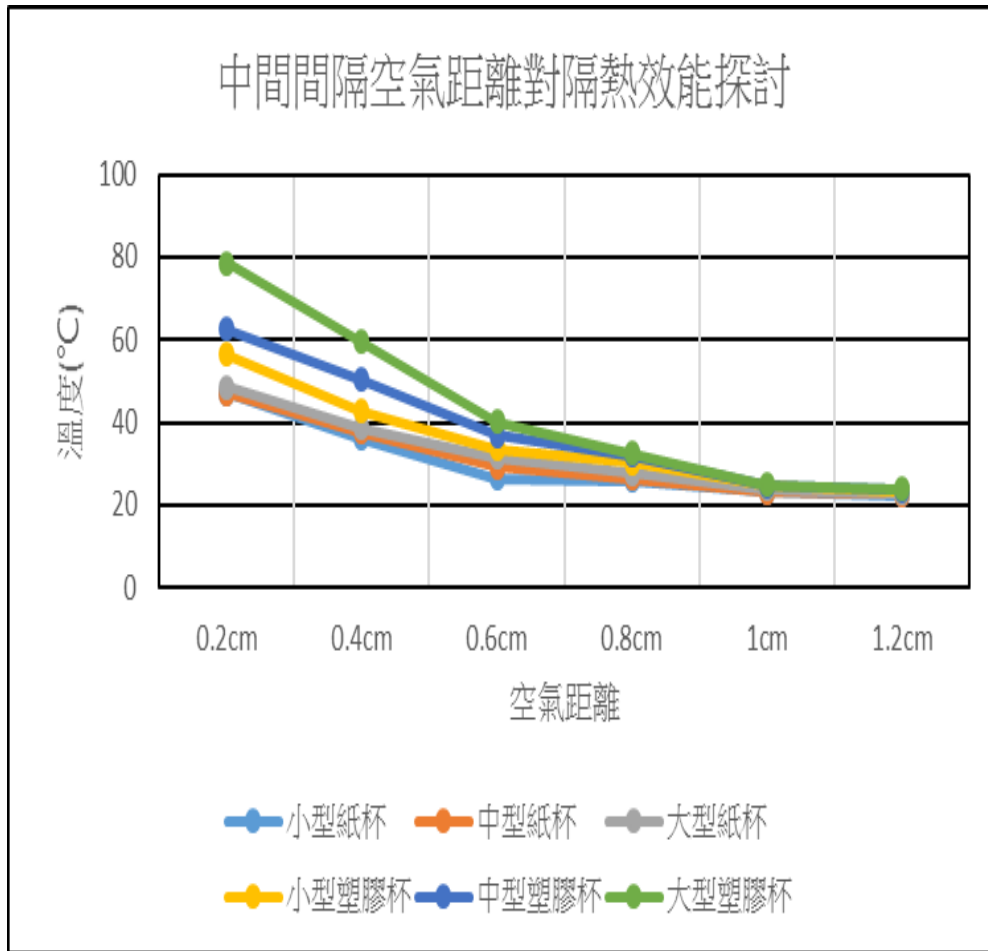
1. 結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)：

杯內水溫： 80.1°C 、實驗室氣溫： 21.1°C

空氣距離	0.2cm	0.4cm	0.6cm	0.8cm	1cm	1.2cm
小型紙杯	46.9	36.1	26.3	25.9	23.0	22.3
中型紙杯	47.1	37.6	29.1	26.4	23.1	22.5
大型紙杯	48.6	38.5	31.5	27.8	23.8	22.8
小型塑膠杯	56.3	42.7	33.5	30.3	24.5	23.3
中型塑膠杯	62.5	50.4	36.8	31.9	24.7	23.5
大型塑膠杯	78.5	59.6	40.1	32.6	24.9	23.8

2. 由表中，我們發現不流動的空氣是很好的隔熱材料，兩層杯子中間如果有不流動的空氣，熱量就會被隔絕，空氣的距離越遠，隔熱效果越好，紙杯的效果比塑膠杯的隔熱效果更好。

3. 我們將表格作圖如下，以杯子夾層空氣距離當橫坐標、外層溫度當縱座標，得到以下圖形：



4. 由圖中得知，紙杯在雙層空氣距離約 0.6 公分時隔熱效果幾乎就維持相當好的程度，塑膠杯大約要在雙層空氣距離約 1 公分時才能有很好的隔熱效果，不管紙杯或塑膠杯，雙層空氣距離約 0.6 公分之後，溫度都會下降到 40 度 C 以下。

過程四：中間間隔材質種類對隔熱效能探討

步驟：

1. 如下圖裝置。

2. 在兩個不同規格紙杯之間填充不同物質，紙杯裝入熱水。



3. 測量紙杯外層溫度。

4. 改用不同規格紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

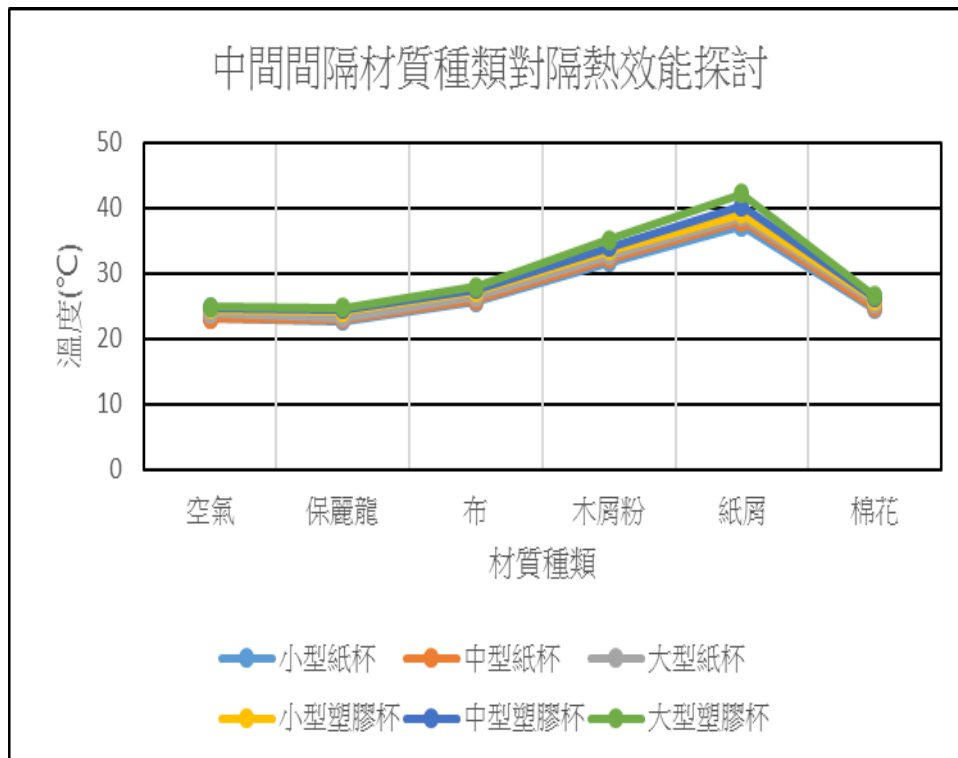
1. 結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)

杯內水溫： 80.5°C 、實驗室氣溫： 21.1°C

材質種類	空氣	保麗龍	布	木屑粉	紙屑	棉花
小型紙杯	23.0	22.7	25.6	31.6	37.2	24.5
中型紙杯	23.1	22.9	25.9	32.1	37.9	24.7
大型紙杯	23.8	23.2	26.4	32.7	38.5	25.3
小型塑膠杯	24.5	24.1	27.1	33.4	39.1	25.9
中型塑膠杯	24.7	24.5	27.5	33.9	40.2	26.2
大型塑膠杯	24.9	24.7	27.9	35.1	42.2	26.5

2. 表中得知，空氣和保麗龍隔熱效果較好，棉花和布的隔熱效果居中，木屑粉和紙屑的隔熱效果較差。

3. 我們將表格作圖如下，以材質種類當橫座標，外層溫度當縱座標，如下圖所示：



4. 由上圖得知，空氣或保麗龍，很容易將溫度隔絕，所以如果要達到好的保溫效果，保麗龍盒子也是不錯的選擇。

過程五：廚房常見物質隔熱效能探討

1. 如下圖裝置。
2. 將紙杯裝入熱水，測水溫，密封加蓋。
3. 用廚房常見不同物質包覆紙杯。



4. 用熱像儀測量溫度。
5. 改用不同規格紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

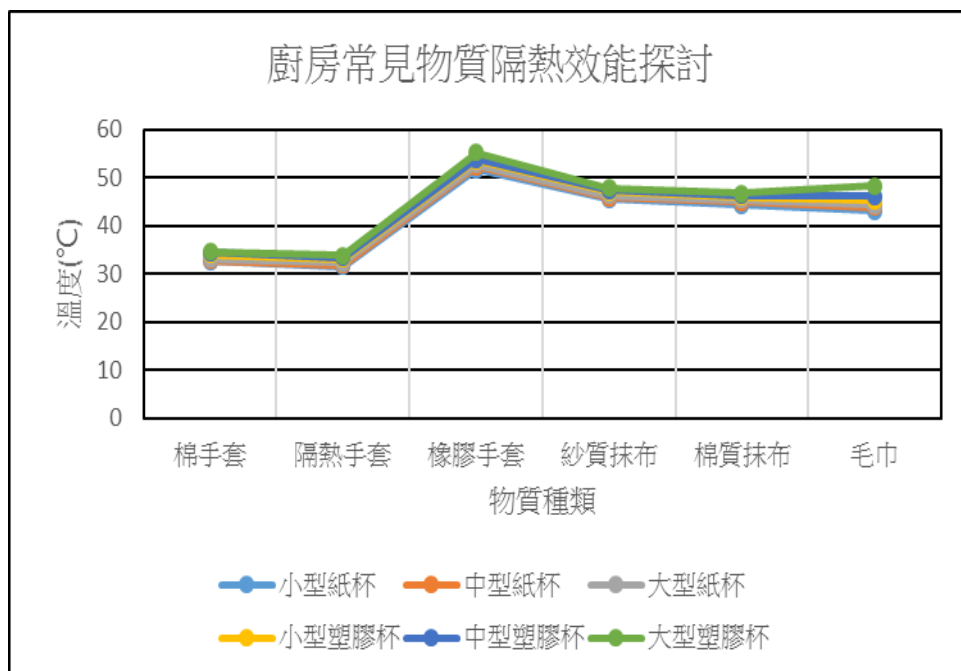
1. 結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)

杯內水溫：80.5 $^{\circ}\text{C}$ 、實驗室氣溫：21.1 $^{\circ}\text{C}$

物質	棉手套	隔熱手套	橡膠手套	紗質抹布	棉質抹布	毛巾
小型紙杯	32.6	31.5	51.7	45.5	44.3	43.1
中型紙杯	32.8	31.8	52.2	45.8	44.9	43.8
大型紙杯	33.1	32.3	52.8	46.3	45.3	44.3
小型塑膠杯	34.0	33.1	53.5	47.0	45.9	45.2
中型塑膠杯	34.4	33.4	53.8	47.4	46.3	46.1
大型塑膠杯	34.6	33.8	55.2	47.8	46.8	48.2

2. 由表中可知，隔熱效果最好的是隔熱手套，棉手套隔熱效果次之，毛巾、抹布的隔熱效果再次之，橡膠手套的隔熱效果最差。

3. 將上表作圖如下，以物質種類為橫座標，溫度為縱座標，結果如下：



4. 由圖中看出，隔熱效果較好的是隔熱手套、棉手套，溫度下降幅度超

過 50%，橡膠手套的隔熱效果最差，溫度下降幅度很小。

過程六：隔熱紙材質對隔熱效能影響

步驟：

1. 如下圖裝置。
2. 在紙杯外黏貼不同材質隔熱紙，杯中裝入熱水，固定紙杯和熱像儀距離。



3. 測量外層溫度。
4. 改用不同規格紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

1. 研究結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)

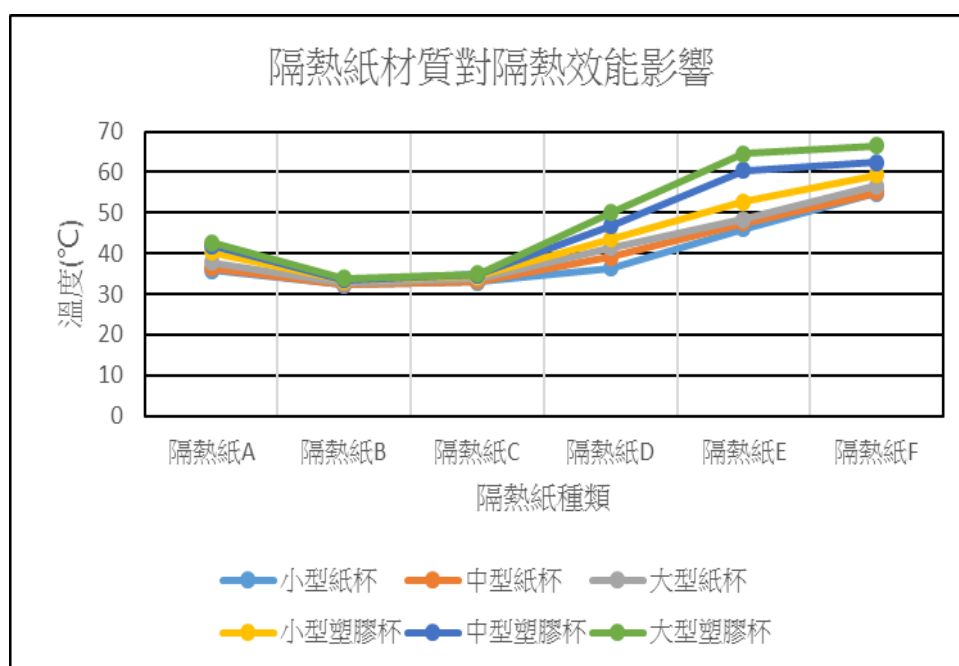
杯內水溫： 80.5°C 、實驗室氣溫： 21.1°C

隔熱紙種類	隔熱紙 A	隔熱紙 B	隔熱紙 C	隔熱紙 D	隔熱紙 E	隔熱紙 F
小型紙杯	35.9	32.3	32.9	36.3	46.1	54.9
中型紙杯	36.4	32.5	33.1	39.1	47.6	55.1
大型紙杯	37.8	32.8	33.8	41.5	48.5	56.6

隔熱紙種類	隔熱紙 A	隔熱紙 B	隔熱紙 C	隔熱紙 D	隔熱紙 E	隔熱紙 F
小型塑膠杯	40.3	33.3	34.5	43.5	52.7	59.3
中型塑膠杯	41.9	33.5	34.7	46.8	60.4	62.5
大型塑膠杯	42.6	33.8	34.9	50.1	64.6	66.5

2. 由表得知，各種隔熱紙的隔熱效果不相同，隔熱效果佳者可以很快將溫度下降，其中隔熱紙 B、C 的隔熱效果較好，是非金屬膜材質隔熱紙，隔熱效果最差者為隔熱紙 F，是金屬膜材質的隔熱紙。非金屬膜材質隔熱紙，熱量穿透率很低，可以在短時間達到有效的隔熱效果，很多窗戶或車窗都會貼上這種隔熱紙，隔熱效果較佳的隔熱紙 B、C，看起來顏色差別很大，前者較黑，後者較亮，黑的隔熱紙，主要吸收可見光，亮的隔熱紙，主要反射可見光。

3. 將上表作圖，以隔熱紙種類為橫座標，溫度為縱座標，結果如下：



4. 由圖中看出，隔熱紙 B、C 的隔熱效果較好，溫度下降幅度超過 50%，

隔熱紙 F 的隔熱效果最差，溫度下降幅度很小。

過程七：接觸時間對隔熱效能影響

步驟：

1. 如下圖裝置。
2. 在紙杯中裝入熱水。



3. 測量紙杯外層溫度。
4. 每隔 1 分鐘記錄一次溫度，直至 6 分鐘。
5. 改用不同規格紙杯、塑膠杯，重複步驟。

結果與分析：

1. 結果如下表所示：(單位 $^{\circ}\text{C}$)

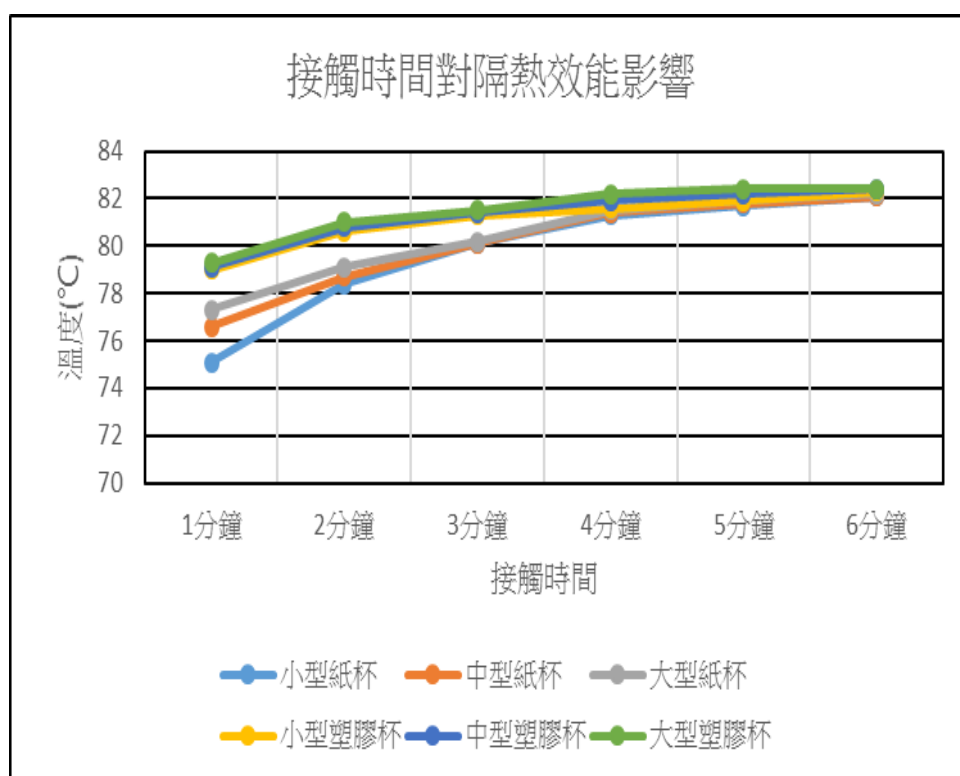
杯內水溫： 82.7°C 、實驗室氣溫： 23.1°C

接觸時間	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘
小型紙杯	75.1	78.4	80.1	81.3	81.7	82.1
中型紙杯	76.6	78.7	80.1	81.4	81.8	82.1
大型紙杯	77.3	79.1	80.2	81.5	81.9	82.2

接觸時間	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘
小型塑膠杯	79.0	80.6	81.3	81.6	81.9	82.3
中型塑膠杯	79.1	80.8	81.4	81.9	82.2	82.4
大型塑膠杯	79.3	81.0	81.5	82.2	82.4	82.4

2. 由表得知，裝熱水的杯子隔熱效果會隨著時間快速遞減、每一種杯子外層的溫度會隨時間越來越高。

3. 將上表作圖，以接觸時間為橫座標，溫度為縱座標，結果如下：



4. 由圖中看出，紙杯大約經過 3 分鐘，溫度曲線就很高，塑膠杯大約經過 2 分鐘，溫度曲線就很高，所以塑膠杯不適合裝熱水或熱茶，紙杯即使裝熱水或熱茶，3 分鐘之後也會覺得很燙，要預防燙傷還是需要其他的隔熱杯套。

陸、討論：

1. 物質隔熱效能和導熱係數有關，導熱係數與材料的組成、結構、密度、含水率等因素有關。非晶體結構、密度較低的材料，導熱係數較小。材料的含水率低，導熱係數較小。非金屬材質，導熱係數較小。固體熱導率比液體大，液體熱導率比氣體大，這種差異程度是由於狀態分子間距不同所導致的，導熱係數越低，物質隔熱效能越好。
2. 在過程一得知，免洗杯加套越多層，厚度越厚隔熱效果越好，因為紙及塑膠均為熱的不良導體，厚度增厚能夠有效阻隔熱的傳導，但是塑膠杯的隔熱效果比紙杯差，杯子容量越大，裝的熱飲越多則隔熱效果越差。
3. 在過程二中，我們得知，外層不同顏色的杯子，隔熱效果不一樣，白色的杯子隔熱效果最好，紅色或黃色的杯子，隔熱效果次之，紫色和黑色的杯子隔熱效果最差，溫度下降最慢，我們在查資料時，發現國外有大學研究發現，紅色衣服隔熱效果最佳，也有大學研究發現，黑白斑馬紋衣服隔熱效果才是最佳，但是在我們實驗中，貼白色紙的紙杯或塑膠杯，隔熱效果才是最好的。
4. 在過程三中，我們發現不流動的空氣是很好的隔熱材料，兩層杯子中間如果有不流動的空氣，熱量就會被隔絕，空氣的距離越遠，隔熱效果越好，在我們實驗中，發現夾層空氣距離約在 0.6 公分之後，雙層杯隔熱效果就維持相當好的程度，所以家裡的棉被，如果越膨鬆，內含不流動的空氣越多，保溫效果就會越好。市場上賣的不燙手的雙層玻璃杯，中間的空氣間隔距離只要超過 0.6 公分，平常裝熱飲手也不會

覺得燙，不流動的空氣是非常好的隔熱材料，空氣的導熱係數約 $0.02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，因此雙層玻璃有良好隔熱效果、部分保溫容器內夾層也是用空氣作為隔熱材料，與其導熱係數很低有關係。

5. 在過程四得知，空氣和保麗龍隔熱效果較好，棉花和布的隔熱效果居中，木屑粉和紙屑的隔熱效果較差，經查資料，空氣的導熱係數約 $0.02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，保麗龍的導熱係數約 $0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，棉的導熱係數約 $0.05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。如果要達到好的保溫效果，保麗龍盒子也是不錯的選擇，很多快餐店在天氣寒冷時，會將客人外叫的便當放在保麗龍箱中保溫。
6. 在過程五中，我們發現隔熱效果最好的是隔熱手套，棉手套隔熱效果次之，隔熱手套和棉手套溫度下降幅度都超過 50%，橡膠手套的隔熱效果最差，溫度下降幅度很小，廚房用隔熱手套，通常是加厚的棉手套，用純棉布製成，隔熱效果比普通棉手套好，棉的導熱係數約 $0.05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。如果要達到更好的隔熱效果，加強純棉厚度和細密度。
7. 由過程六得知，各種隔熱紙的隔熱效果不相同，隔熱效果佳者可以很快將溫度下降，其中隔熱效果較好是非金屬膜材質隔熱紙，非金屬膜材質隔熱紙，熱量穿透率很低，可以在短時間達到有效的隔熱效果，隔熱效果佳者顏色也有很大差異，顏色較深的隔熱紙，主要吸收可見光，顏色較亮的隔熱紙，主要反射可見光。隔熱紙為多層不同物質組成，隔熱紙基本結構可分為耐磨層、隔熱塗層、感壓式膠膜。耐膜層是外保護膜，隔熱塗層主要是PET聚酯材料，在此聚酯材料上塗佈非金屬有機染料或是金屬塗層，皆可達到隔熱效果，感壓式膠膜層為黏貼於玻

璃上的黏著劑，一般隔熱效果較好是非金屬膜材質隔熱紙。

8. 由過程七得知，裝熱水的杯子隔熱效果會隨著時間快速遞減、每一種杯子外層的溫度會隨時間越來越高，紙杯大概經過 3 分鐘，溫度曲線就很高，塑膠杯大概經過 2 分鐘，溫度曲線就很高，所以塑膠杯不適合裝熱飲。

柒、結論：

1. 熱像儀是最近很夯的測溫儀器，我們利用熱像儀快又精準的將紙杯或塑膠杯的外層溫度瞬間測量，同時探討影響物質隔熱效果的因素：容器厚度、容器材質、材質顏色、雙層容器之間介質種類、雙層容器之間間隔距離、隔熱紙材質、接觸時間等。
2. 物質隔熱效能和導熱係數有關，導熱係數越低，物質隔熱效能越好。研究得知：容器厚度越厚，隔熱效果越佳、紙杯的隔熱效果比塑膠杯佳、杯子容量越大，裝的熱飲越多則隔熱效果越差、白色的紙杯或塑膠杯，隔熱效果較佳、空氣的導熱係數約 $0.02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，容器內空氣夾層距離越大，隔熱效果越佳、保麗龍的導熱係數約 $0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，保麗龍材質隔熱效果佳、廚房隔熱手套隔熱效果很好、隔熱效果較佳的是非金屬膜材質隔熱紙，選擇好的隔熱材料不僅可以將物質保溫，也避免我們使用時被燙傷。

捌、參考資料：

(一) 國民中學自然科學課本第三冊 康軒出版社 110 年版

(二) 中華民國中小學科學展覽優勝作品專輯 國立臺灣科學教育館

(三) 導熱率與導熱係數 2022 年 2 月 1 日

<https://reurl.cc/jg30R2>

(四) 導熱塑膠發展現況與未來運用 財團法人塑膠工業技術發展中心

2022 年 2 月 11 日

https://www.pidc.org.tw/news_column_show.php?id=4

(五) 導熱率 維基百科 2022 年 2 月 11 日

<https://reurl.cc/WXR9v0>

評語

組別：國中組

科別：物理

作品名稱：隔熱探究

名次：第三名

編號：Bp-2

優點：

利用不同材質、介質、厚度等研究隔熱效果，結論為導熱係數愈小，隔熱效果愈好。

建議：

目前只有定性的比較，如果能用理論數值與實驗數據的比較，就可以加以定量的分析。