

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031616

一包在手，希望無窮「不同活性金屬氧化放熱程度及對鐵的影響」

私立薇閣高中(附設國中)

作者姓名：

國二 周晶華 國二 林艾德 國二 郭宇頻

指導老師：

留慶隆

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書封面

科 別：理化

組 別：國中

作品名稱：一包在手，希望無窮「不同活性金屬氧化放熱程度及對鐵的影響」

關 鍵 詞：金屬燃燒放熱反應、活性大小、氧化時間

編 號：

製作說明：

- (一) 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- (二) 編號由國立臺灣科學教育館統一編列。
- (三) 封面編排由參展作者自行設計。

作品名稱：不同活性金屬氧化放熱程度及對鐵的影響

壹、摘要：

- 一、由鐵粉在催化劑碳、電解質氯化鈉、水份及氧氣下進行氧化還原反應，探討其放熱程度及溫度的持久性。
 - (一)、鐵粉的量愈多對熱敷包溫度上升的速度愈快,所能達到的最高溫愈高，且可推斷鐵粉的量是影響實驗的主因。
 - (二)、碳粉及食鹽含量對熱敷包溫度上升的速度及最高溫略有影響，但影響有限並非主因，有可能只是催化劑用。其中碳粉太少(本實驗小於3克)時，溫度的上升即明顯受影響。
 - (三)、以攪拌或揉搓材料方式，提高材料相互間的碰撞及接觸，可有效的提昇熱敷包溫度上升的速度及最高溫度。
 - (四)、當鐵粉、活性炭及食鹽同時增量所產生的放熱效果最好，會比固定增加其中一項原料，而另二項原料維持不變時所達之效果來得好。
- 二、改變不同活性的金屬(Mg、Zn、Fe、Pb、Cu)下，觀察比較放熱程度及溫度的持久性。
- 三、我們知道碳對整個反應的重要性，故藉著不同活性金屬及碳之間混合重量比例添加至鐵粉中，探究影響其放熱程度及溫度的持久性。

貳、研究動機：

今年冬天似乎特別冷，寒流來襲，氣溫驟降，班上每一個同學都裹得像粽子一樣，仍然冷的發抖，卻有一位同學手心很溫暖，她偷偷告訴我，她拿了一個會發熱的東西來學校，它不用插電、加熱，只要撕開塑膠袋，稍微拍打搓揉一下，就會產生熱度，哇！好溫暖耶！大家一人一下搶來搶去，一不小心就把它包裝弄破，把裡面黑黑一粒粒的不知名東西露出來。此刻理化課也正上到氧化反應，金屬與空氣中氧氣反應會放熱，且鐵的生鏽須在氧氣及水條件下為緩慢的反應。想想我們自己一定也可以，想辦法用科學的原理變出更便利、舒適又安全的暖包。所以我們就跑去問理化老師，請老師告訴我們它的成分跟原理，我們一定能做出比市面上更好的暖包！並藉此探討不同活性的金屬添加在鐵粉中影響放熱及速率程度的狀況。



↑ 日本製的熱包，成分有鐵粉、食鹽、吸水聚合物、砂、活性炭。

參、研究目的：

- 一、探討溶液—水之多寡，是否會影響結果。
- 二、探討天氣之冷熱、乾濕，是否影響結果。
- 三、探討如何製造出既舒適、便利又安全的成品。
- 四、探討添加不同活性大小金屬在鐵粉中的影響。
- 五、探討磨的次數的多寡，是否會影響結果。
- 六、探討食鹽與活性炭的量之多寡，是否會影響結果。



↑ 研磨次數的差別實驗。

肆、研究設備與器材：

一、藥品：鐵粉、鋅粉、鉛粉、鎂粉、銅粉、活性炭、食鹽、水、砂。



↑ 實驗所使用的藥品。

二、器材：電子秤、刮勺、杵、砵、燒杯、溫度計、攪拌棒、鋁箔。



↑ 食鹽份量不同之實驗。

伍、研究過程與方法：

經過查書發現，暖包主要成分有：鐵粉、活性碳、食鹽。因為利用的是氧化反應，因此第一個就想到金屬活性大小的不同及對鐵反應放熱程度的影響。

一、我們先找出活性大小不同的金屬五種（鐵、鋅、鉛、銅、鎂）

二、再用不同金屬的替換看其效果（溫度高低與時間持久性）如何？步驟如下：

- (一)、使用電子秤分別取鐵粉 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克、及 30 克，固定加上 5 克活性碳及 10 克食鹽混合，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。(如**研究結果表一**)
- (二)、同上步驟(一)，將鐵粉改成鋅粉(如**研究結果表二**)
- (三)、同上步驟(一)，將鐵粉改成鉛粉(如**研究結果表三**)
- (四)、調整其中其他成分（食鹽、活性碳）的比例，使用電子秤分別取活性碳 5 克、10 克、15 克、20 克及 25 克，固定加上 5 克鐵粉及 5 克食鹽混合，每攪拌 300 下測量一次溫度，至其溫度不再上升，每隔一小時測量一次。(如**研究結果表四**)
- (五)、使用電子秤分別取食鹽 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克、30 克及 35 克，固定加上 15 克鐵粉及 5 克活性碳，混合後，每攪拌 300 下測量一次溫度，至其溫度不再上升，再每隔一小時測量一次。(如**研究結果表五**)
- (六)、再來就是攪拌次數，使用電子秤分別取取鐵粉 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克重，固定加上 5 克食鹽及 5 克活性碳混合，分別磨 100 下、200 下、300 下、400 下及 500 下，每隔一小時測量其溫度。(如**研究結果表六**)
- (七)、使用電子秤分別取鐵粉 15 克，固定加上 10 克食鹽及水 4ml 混合，並添加
 1. 各為 5 克、4 克、3 克、2 克及 1 克鋅粉重及固定加上 5 克活性碳混合後，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。(如**研究結果表七**)
 2. 鋅粉及活性碳重混合比例，如下面配法：
 - (1) 鋅粉 1 克加活性碳 4 克。(1、2、3、4、5 以碳粉 + 鋅粉 = 5 克)
 - (2) 鋅粉 2 克加活性碳 3 克。(10、11、12、2、13 以碳粉 3 克配合鋅 5 至 1 克)
 - (3) 鋅粉 3 克加活性碳 2 克。(7、8、3、9 以碳粉 2 克配合鋅 5 至 2 克)
 - (4) 鋅粉 4 克加活性碳 1 克。(4、6 以碳粉 1 克配合鋅 4 及 5 克)
 - (5) 鋅粉 5 克加活性碳 0 克。
 - (6) 鋅粉 5 克加活性碳 1 克。
 - (7) 鋅粉 5 克加活性碳 2 克。

- (8) 鋅粉 4 克加活性碳 2 克。
- (9) 鋅粉 2 克加活性碳 2 克。
- (10) 鋅粉 5 克加活性碳 3 克。
- (11) 鋅粉 4 克加活性碳 3 克。
- (12) 鋅粉 3 克加活性碳 3 克。
- (13) 鋅粉 1 克加活性碳 3 克。
- (14) 鋅粉 5 克加活性碳 4 克。

混合後，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。(如**研究結果表七**)

(八)、使用電子秤分別取鐵粉 15 克，固定加上 10 克食鹽及水 4ml 混合，並添加

1. 各為 5 克、4 克、3 克、2 克及 1 克鉛粉重及固定加上 5 克活性碳混合後，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。(如**研究結果表八**)

2. 鋅粉及活性碳重混合，如下面配法：

- (1) 鉛粉 1 克加活性碳 4 克。
- (2) 鉛粉 2 克加活性碳 3 克。
- (3) 鉛粉 3 克加活性碳 2 克。
- (4) 鉛粉 4 克加活性碳 1 克。
- (5) 鉛粉 5 克加活性碳 0 克。

(九)、使用電子秤分別取鐵粉 15 克，固定加上 10 克食鹽及水 4ml 混合，並添加不同克數**鎂粉及活性碳重**混合後，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。
(如**研究結果表九**)

(十)、使用電子秤分別取鐵粉 15 克，固定加上 10 克食鹽及水 4ml 混合，並添加不同克數**鎂粉及鋅粉重**混合後，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。
(如**研究結果表十一**，本實驗不加入**活性碳**)

(十一)、使用電子秤分別取鐵粉 15 克，固定加上 10 克食鹽及水 4ml 混合，並添加各為 5 克、4 克、3 克、2 克及 1 克銅粉重及固定加上 5 克活性碳混合後，杵、臼磨 300 下，然後測量一次溫度，至其溫度不再上升之後每一小時測一次，看其溫度上升、下降之速度。(如**研究結果表十**)





↑ 實驗測量結果。

陸、研究結果：

【表一】鐵粉的溫度變化

固定食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鐵粉重	碳粉重	溫度℃							
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次
1	10g	5g	31	48	63	59	54	45	41	36
2	15g	5g	45	53	74	67	48	39	38	37
3*	20g	5g	46	59	69	67	59	41	39	38
4	25g	5g	47	64	72	66	53	41	39	38
5	30g	5g	47	65	75	66	62	58	54	36
6	10g	4g	36	49	61	59	54	53	51	36
7	15g	4g	38	49	58	61	54	52	48	35
8	20g	4g	36	59	59	65	61	56	49	35
9	25g	4g	37	56	60	65	61	57	55	37
10	30g	4g	41	67	69	68	59	56	51	36
11	15g	3g	28	50	56	55	53	52	48	34
12	15g	2g	26	27	27	26	26	24	24	24
13	15g	1g	26	26	25	25	24	24	24	24
14	15g	0g	26	26	25	25	24	24	24	24

【表二】 鋅粉的溫度變化

固定食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鋅粉重	碳粉重	溫度℃				
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
1	10g	5g	41	33	25	25	23
2	15g	5g	62	26	24	23	23
3*	20g	5g	65	48	27	25	23
4	25g	5g	69	48	38	26	23
5	30g	5g	69	47	40	25	23
6	15g	4g	56	52	45	25	23
7	15g	3g	45	41	38	25	23
8	15g	2g	37	29	28	25	23
9	15g	1g	30	26	26	25	23
10	15g	0g	27	26	25	23	23

【表三】 鉛粉的溫度變化

固定食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鉛粉重	碳粉重	溫度℃				
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
1	10g	5g	26	37	35	28	25
2	15g	5g	28	39	36	28	25
3*	20g	5g	28	39	36	29	25
4	25g	5g	30	40	40	32	25
5	30g	5g	32	41	40	33	25

以鉛粉為主實驗如表四、五、六步驟，其溫度變化太小。

【表四】 活性碳的溫度變化

活性碳 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克，固定加上 5 克食鹽及鐵粉 5 克混合，每攪拌 300 下測量一次溫度，至其溫度不再上升。

次數	鐵粉重	碳粉重	溫度℃				
			第一次	第二次	第三次	第四次	
1	5g	5g	35	38			
2	5g	10g	36	39	42		
3	5g	15g	37	41	44	46	
4	5g	20g	39	42	47	50	
5	5g	25g	28	31			

【表五】食鹽的溫度變化

取食鹽 5 克、10 克、15 克、20 克及 25 克固定加上 5 克鐵粉及 5 克活性碳混合後，每攪拌 300 下測量一次溫度，至其溫度不再上升。

次數	鐵粉重	食鹽重	溫度°C			
			第一次	第二次	第三次	
1	5g	5g	35	38	26	
2	5g	10g	36	39	26	
3	5g	15g	39	39	26	
4	5g	20g	40	39	26	
5	5g	25g	41	39	26	

【表六】攪拌次數的溫度變化

取鐵粉 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克重，固定加上 5 克食鹽及 5 克活性碳混合，分別磨 100 下、200 下、300 下、400 下及 500 下，測量其溫度。

次數	鐵粉重	碳粉重	溫度°C				
			100 下	200 下	300 下	400 下	500 下
1	5g	5g	27	30	35	37	38
2	10g	5g	31	34	41	43	43
3	15g	5g	32	44	48	50	51
4	20g	5g	34	46	51	52	53
5	25g	5g	37	50	59	61	62

【表七】鋅粉及活性碳重混合比例對鐵粉的溫度變化

固定鐵粉 15 克，食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鋅粉重	碳粉重	溫度°C							
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次
1*	5g	5g	75	85	63	47	30	26	26	26
2	4g	5g	75	82	60	46	29	26	26	26
3	3g	5g	73	83	55	43	27	26	26	26
4	2g	5g	67	68	51	49	35	26	26	26
5	1g	5g	49	61	50	49	35	26	26	26
6	1g	4g	54	57	57	55	38	30	26	26
7	2g	3g	62	60	61	39	39	31	26	26
8	3g	2g	50	47	43	39	38	30	26	26
9	4g	1g	39	32	30	28	26	26	26	26
10	5g	0g	28	29	29	29	26	26	26	26
11	5g	1g	26	26	26	26	26	26	26	26
12	5g	2g	60	37	39	40	38	30	26	26
13	5g	3g	63	68	55	45	37	30	26	26
14	5g	4g	74	80	56	48	39	31	26	26
15	4g	2g	50	40	36	32	30	26	26	26
16	4g	3g	65	65	54	44	35	29	26	26
17	3g	3g	62	64	62	40	38	32	26	26
18	2g	2g	32	36	31	31	30	26	26	26
19	1g	3g	50	44	40	40	31	30	26	26

【表八】鉛粉及活性碳重混合比例對鐵粉的溫度變化

固定鐵粉 15 克，食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鉛粉重	碳粉重	溫度°C							
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次
1	1g	4g	38	47	51	51	49	48	47	41
2	2g	3g	34	49	56	47	39	32	30	29
3	3g	2g	26	28	34	39	45	46	42	30
4	4g	1g	25	24	32	32	32	30	30	29
5	5g	0g	23	22	28	29	28	26	26	28
6	1g	5g	41	71	70	78	62	56	50	45
7	2g	5g	40	69	68	67	60	54	50	44
8	3g	5g	39	71	65	65	62	55	51	46
9	4g	5g	40	78	77	61	63	56	51	44
10*	5g	5g	41	81	77	63	61	57	53	45

【表九】鎂粉及活性碳重混合比例對鐵粉的溫度變化

固定鐵粉 15 克，食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鎂粉重	碳粉重	溫度°C							
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次
1	3g	0g	31	61	64	35	28	24	24	24
2	2g	0g	24	57	63	35	27	24	24	24
3	1.5g	0g	27	27	25	25	25	24	24	24
4	1g	0g	25	25	24	24	24	24	24	24
5	0.5g	5g	83	39	39	37	35	37	24	24
6	0.5g	4g	50	60	40	41	36	34	24	24
7	0.5g	3g	23	62	47	45	42	38	24	24

【表十】銅粉及活性碳重混合比例對鐵粉的溫度變化

固定鐵粉 15 克，食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

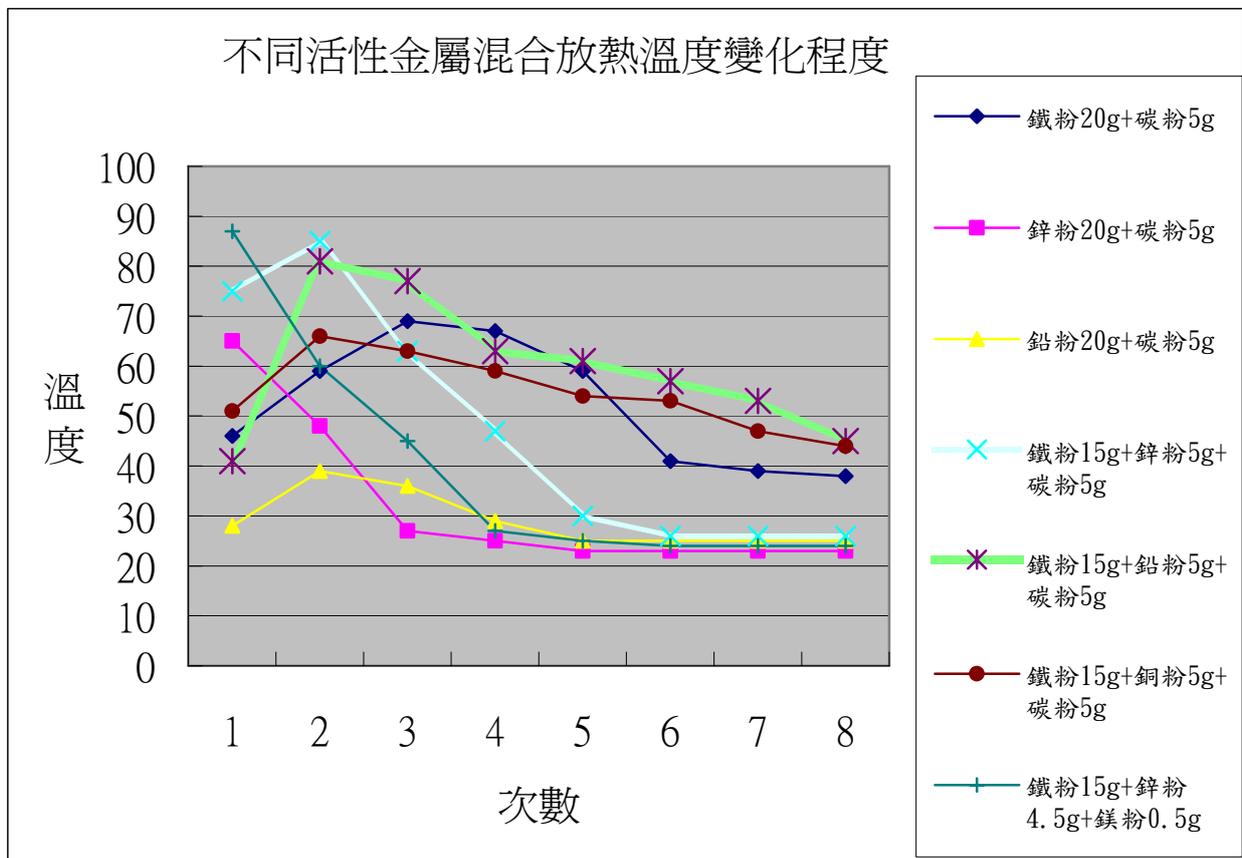
次數	銅粉重	碳粉重	溫度°C							
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次
1*	5g	5g	51	66	63	59	54	53	47	44
2	4g	5g	45	62	62	55	50	50	46	42
3	3g	5g	56	63	60	57	47	45	45	43
4	2g	5g	50	63	60	55	49	46	45	43
5	1g	5g	49	63	61	54	50	45	44	42
6	5g	4g	45	52	60	61	55	55	48	46
7	5g	3g	42	46	62	63	55	54	47	44
8	5g	2g	38	42	55	53	54	54	46	43
9	5g	1g	32	34	40	40	38	37	33	28

◎取銅粉 15 克及 25 克，各加活性碳 5 克，食鹽 10g，加水 4 cc，磨 300 下後，溫度幾乎不上升。

【表十一】鎂粉及鋅粉重混合比例對鐵粉的溫度變化(不加碳粉)

固定鐵粉 15 克，食鹽 10g，水 4 cc，加表中混合比例重量，磨 300 下，每小時記錄一次溫度

次數	鎂粉重	鋅粉重	溫度°C							
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次	第八次
1	1g	5g	98	45	29	27	25	25	24	24
2	0.5g	5g	88	49	28	24	24	24	24	24
3	1g	4g	84	72	34	27	25	24	24	24
4*	0.5g	4.5g	87	60	45	27	25	24	24	24
5	2g	3g	92	45	39	35	27	25	24	24
6	1g	3g	96	37	27	25	24	24	24	24
7	0.5g	3g	85	68	44	27	25	24	24	24
8	0.5g	2g	91	61	36	29	25	24	24	24



固定食鹽 10g，水 4 cc，加上圖中混合比例重量，磨 300 下後，每小時記錄一次溫度

柒、討論：

- 一、在沒有加水的情況下，溫度不會明顯上升。
- 二、所加的催化劑—炭粉質量(5 克以上)對溫度的升降沒有什麼影響(如表四)。但實驗中固定鐵 15 克時，使用**炭粉質量須 3 克以上**，溫度上升才顯現。其中**炭粉質量 4 克**溫度持久性效果最佳(如表一次數 2、7 及 3、8、表二次數 2、6)
- 三、鋅粉活性較大，故氧化較快，溫度升高的速度較快但溫度下降的速度也比較快，使用炭粉質量須 3 克以上，溫度上升才顯現。(如表二)
- 四、鐵粉、鉛粉活性較鋅粉小，所以氧化速度較慢，溫度上升的速度較慢，下降的速度也較慢。使用炭粉質量須 3 克以上，溫度上升才顯現。(如表一、三、八)
- 五、鉛粉活性較鐵粉小，故溫度上升較慢且不高，當熱包較鐵粉差(如表三)。但鐵粉中添加**適量的鉛粉**及適當催化劑碳下，**可使溫度下降緩慢，及高溫維持時間較久**(如表八次數 10，並與表一次數 3 比較溫度變化關係)。
- 六、鋅粉的比熱較小，鐵粉和鉛粉的比熱較大。純鐵粉和鐵粉中添加適量鉛粉較純鋅粉穩定，所以較適合用來做熱包。
- 七、溶液—水所加的多寡對溫度的升降沒有很大的影響。
- 八、水不添加，將材料配好，放置的時間對溫度的變化很大，放置越久溫度上升越快。
- 九、食鹽的多寡對溫度的升降沒有很大的影響(如表五)。
- 十、磨的次數跟溫度的上升明顯的關係(如表六)。
- 十一、先攪拌均勻再研磨比不攪拌直接磨效果佳。
- 十二、由少量鋅 Zn 和碳 C 混合比例，添加至以鐵粉為主材料中，可得：(如表七)
 - (一) 碳維持 5 克，鋅 0—5 克，鐵粉 15 克中，溫度上升較快、高，但溫度下降易較快些。
 - (二) 混合比例中，活性碳的量至少要 2 克，溫度明顯會較高。只加鋅不加碳，溫度不易上升。
 - (三) 實驗中活性碳的量，維持 5 克溫度上升及持久性最佳，添加**鋅**可使反應加快，並升高溫度到較高的溫度。
 - (四) 混合比例中，活性碳的量至少要 2 克，鋅的量至少要 3 克，溫度明顯會較高。
 - (五) 表七結果與表一次數 2、3 對照比較溫度關係。

十三、以鎂粉 Mg 完全取代碳 C 或 鎂和碳 C 混合比例添加至以鐵粉為主材料中，可得：(如表九)

- (一) 實驗中以鎂粉 Mg 完全取代碳 C，鎂粉至少 2 克，溫度上升較快且高。
- (二) 以鎂粉 0.5 克為標準，再加入活性碳 3—5 克，發現溫度上升相當高，但下降速度也很快，乃活性大鎂加快了反應速率。

十四、銅粉活性太小，故以銅粉取代鐵粉，溫度幾乎不上升。但鐵粉中添加**適量**的銅粉及適當催化劑碳下，**可使溫度下降緩慢，及高溫維持時間較久**(如表十次數 1，並與表一次數 3 比較溫度變化關係)。

十五、不添加活性碳，以少量**鎂和鋅**混合取代，添加至以鐵粉為主材料中，可得：(如表十一)實驗中可得很高的溫度，比以鎂粉完全取代碳 C 佳，但溫度持久性較差。



↑ 對照組與實驗組之比較。

捌、結論：

在我們的努力下，探討出反應物用量的多寡，能發揮出物質本身的溫度升高和維持良好的極限了!

- 一、鐵粉劑量愈多愈好，上升的溫度較高且上升速度愈快，並且可維持較久時間。
- 二、溶劑「水」，以 4c.c.最佳，太高或太低於皆不佳，當然溫度、濕度亦會有影響。
- 三、經混合物質、在未加水時，放置的時間愈久，經研磨後上升的溫度愈高，維持的時間也較久。
- 四、碳粉及食鹽的含量對熱敷包溫度上升的速度及最高溫略有影響，但影響有限並非主因，有可能只是當成催化劑用。固定鐵粉或鋅粉 15 克時，碳粉太少(本實驗小

3 克)時，溫度的上升即明顯受影響。且**炭粉質量 4 克**溫度持久性效果最佳。

五、以攪拌或揉搓材料方式，提高材料相互間的碰撞及接觸，可有效的提昇反應溫度上升的速度及最高溫度。

六、天氣之冷熱、乾濕，略有影響實驗中溫度的上升。

七、以鋅粉做此實驗，發現其溫度上升較快，溫度下降的也快，持久性差。可能是產生氧化鋅後，在整個混合物質中有保護作用，即抑制氧化反應了，使溫度不易上升。

八、以少量鎂或鎂和鋅的混合比例取代碳及鎂和碳、鋅和碳的混合比例，各別添加至以鐵粉為主材料中實驗，發現均可加速反應，但持久性較差。可知活性大的金屬反應快，並由於放熱中加速整個(鐵)反應，而使溫度下降較快。

九、但鐵粉中添加**適量的鉛粉或銅粉**及適當催化劑碳下，**溫度上升快且維持時間較久**，即**溫度下降緩慢**。故此實驗可做為**熱包好的配方**。(如研究結果折線圖)

十、本實驗**活性碳**配合其它活性金屬混合比例加入鐵粉中**溫度上升及持久性**效果較佳。

玖、參考資料：

1. http://www.csghs.tp.edu.tw/student/90science/c/c_9.htm
2. http://content.edu.tw/primary/nature/ks_gc/game/htm/g28.htm
3. http://pei.cjrh.tc.edu.tw/chem_16_3.htm
4. http://pei.cjrh.tc.edu.tw/sci-exhibition/sci_2.htm
5. <http://www.bud.org.tw/answer/0002/000208.htm>
6. 郭梓，化學實驗，薪橋出版社，p95—105(鐵的生鏽)

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 理化科

031616

一包在手，希望無窮「不同活性金屬氧化放熱程度及對鐵的影響」

私立薇閣高中(附設國中)

評語：

實驗取量，資料處理宜留意其控制性及合理性，以增加可信性。