

摩擦生熱的探討

初小組物理科第一名

台北市國語實驗國民小學

作者：徐渝婷、張捷宇

指導教師：車崇珍、趙 萍

一、研究動機

天氣寒冷時，我們常把冷冰冰的一雙手來回摩擦，慢慢的雙手就暖和起來，如果我們拿鋸子鋸木板或用鑽子在木頭上鑽洞，然後觸摸鋸齒、鑽頭時，會覺得熱熱的，有些地方還很燙呢！

因此我們知道摩擦會生熱，可是摩擦所生的熱究竟有多少？要怎樣來測量呢？這些問題在我們的腦海裡盤旋了很久，終於在老師的指導下和同學一起開始研究。

二、研究目的

- (一)設計製作簡易測量計測定物質的摩擦熱。
- (二)探討物質顆粒的大小和質量的多少怎樣影響摩擦熱。
- (三)比較不同物質的摩擦熱。
- (四)探討熱量計的振動與摩擦熱及熱量計放出熱量的關係。

三、研究設備器材

天平、溫度計、廣口瓶、橡皮塞、玻璃試管、塑膠管、鐵管、木管、竹管、砂、岩石和礦物等小顆粒。

四、研究過程

〔實驗一〕利用廣口玻璃試管測量砂的摩擦熱。

方法一：1. 在直徑2.5公分，長15公分的廣口玻璃試管內放入30克的細砂，然後把裝有溫度計的橡皮塞，塞住管口，溫度計的下端球部插進砂堆裡並測定砂的溫度。

2. 把砂的溫度記下後，用手握著試管上下振動，每振動100次就很快的觀察記錄其上升溫度，接著繼續振動，如此振動到1000次為止。

結 果：

砂1~2公厘·30克

溫度℃

振 動 次 數		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	溫度變化	26.2	27.4	28.2	28.8	29.5	30.0	30.2	30.3	30.5	30.6	30.6
	上升溫度		1.2	0.8	0.6	0.7	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0
2	溫度變化	26.2	27.5	28.4	28.9	29.5	30.2	30.5	30.7	30.8	30.9	30.9
	上升溫度		1.3	0.9	0.5	0.6	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0
3	溫度變化	26.0	27.2	28.2	28.8	29.4	29.9	30.3	30.4	30.5	30.6	30.6
	上升溫度		1.2	1.0	0.6	0.6	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0

我們發現：

1. 振動的次數越多，溫度也隨著上升。
 2. 但振動玻璃試管中砂粒摩擦的上升溫度，為什麼參差不齊呢？是不是振動試管時，力量的大小或速度的快慢不一致所引起的？
 3. 爲了保持手振動的力量和速度一致，便配合節拍器的擺動來操作。
- 方法二：1. 配合節拍器1分鐘126回的速度，維持一定的力量和振幅上下振動。
2. 實驗材料、顆粒大小、質量等，和方法一相同。

結 果：

室溫：25.1℃

溫度℃

振 動 次 數		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	溫度變化	25.4	26.6	27.6	28.5	29.4	29.9	30.1	30.2	30.3	30.4	30.4
	上升溫度		1.2	1.0	0.9	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0
2	溫度變化	25.7	26.9	28.0	28.8	29.6	30.2	30.5	30.6	30.7	30.7	30.7
	上升溫度		1.2	1.1	0.8	0.8	0.6	0.3	0.1	0.1	0	0
3	溫度變化	25.5	26.6	27.6	28.4	29.2	29.7	29.9	30.1	30.2	30.3	30.3
	上升溫度		1.1	1.0	0.8	0.8	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0

我們發現：

1. 依節拍器的擺動速度，保持相同的振幅上下振動時，在100次到400次時，上升溫度會隨振動次數的增加有規則性的升高。（平均約爲1℃）。但500次以上時，上升溫度就逐漸的減少。
2. 是不是產生的摩擦熱從玻璃試管散發出去呢？因此收集一些不同材質的容器，做了下面的實驗。

〔實驗二〕利用不同材質的容器比較砂的摩擦熱。

方 法：1. 收集不同材質的容器：塑膠管、鐵管、木管、玻璃管、竹管等。

2. 實驗方法：同實驗一。

結 果：

氣溫：24.3℃

溫度℃

溫 度 次 數 容 器	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	上升 度數
塑 膠 管	25.0	26.2	27.3	28.2	29.1	29.7	30.0	30.3	30.4	30.5	30.5	5.5
鐵 管	24.8	26.0	27.1	27.9	28.7	29.2	29.6	29.8	29.9	30.0	30.0	5.2
木 管	24.6	25.7	26.7	27.6	28.4	29.0	29.3	29.4	29.5	29.5	29.5	4.9
玻 璃 管	24.6	25.7	26.7	27.5	28.3	28.7	29.0	29.2	29.3	29.4	29.4	4.8
竹 管	24.7	25.8	26.8	27.6	28.3	28.8	29.0	29.1	29.2	29.2	29.2	4.5

我們發現：

1. 塑膠管中的摩擦熱，都比其他容器升得高。
2. 但振動500次以上時，在任何一種容器裡，溫度的上升都非常少，甚至停止上升。
3. 在各容器裡，所產生的摩擦熱為什麼都不一樣呢？是不是和他的保溫度有關，因此做了下面的實驗。

〔實驗三〕比較各種容器的保溫度。

方 法：1. 準備塑膠管、鐵管、木管、玻璃管、竹管、保麗龍管等。

2. 在每個容器裡各倒進100cc，55℃的熱水，等溫度降到50℃時，每隔3分鐘記錄一次度數，比較各容器的保溫度。

結 果：

溫度℃

溫 度 時 間 容 器	0分	3分	6分	9分	12分	15分	18分	21分	24分	27分	30分
保麗龍	50	49.3	48.5	47.6	46.7	45.8	45.0	44.2	43.5	42.8	42.2
塑膠管	50	47.9	46.0	44.2	42.7	41.4	40.2	38.9	37.8	36.8	35.8
鐵管	50	47.6	45.7	43.7	41.9	40.2	38.7	37.8	36.7	35.6	34.6
木管	50	47.2	45.2	43.3	41.5	39.7	38.2	36.7	35.5	34.7	33.7
玻璃管	50	47.2	45.1	43.0	41.2	39.4	37.9	36.5	35.2	34.2	33.2
竹管	50	47.1	44.9	42.8	41.0	39.2	37.8	36.2	34.8	33.7	32.8

我們發現：

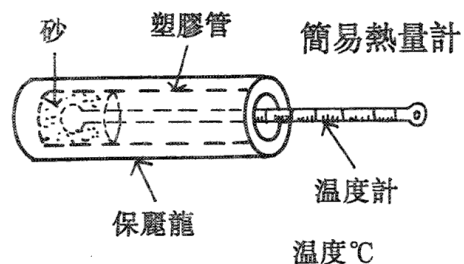
1. 保麗龍管的保溫度最好，竹管和玻璃管較差。
2. 因為保麗龍的隔熱性高，所以我們就利用它設計下面的實驗。

〔實驗四〕製作簡易熱量計測量保溫度。

方 法：1. 把厚2公分的保麗龍中央挖一條半圓形的凹槽，製做數塊。

2. 把各2塊凹槽的保麗龍夾住塑膠管，再用膠帶把它包紮起來，如右圖。

3. 實驗方法，同實驗三。



結 果：

溫 度 時 間 容 器	0分	3分	6分	9分	12分	15分	18分	21分	24分	27分	30分
熱 量 計 1	50	48.9	47.9	47.0	45.9	44.9	44.0	43.0	42.2	41.5	40.7
熱 量 計 2	50	48.8	47.8	46.7	45.8	44.8	43.8	42.9	42.0	41.3	40.5
塑 膠 管	50	47.7	45.8	44.1	42.6	41.2	40.0	38.6	37.5	36.5	35.6
玻 璃 管	50	47.5	45.4	43.2	41.5	40.0	38.6	37.1	35.7	34.6	33.5

我們發現：

1. 簡易熱量計的保溫度果然很高，因此我們就用它來測量各種物質的摩擦熱。

〔實驗五〕利用簡易熱量計測量砂的摩擦熱。

方 法：同實驗一。

結 果：

室溫：25℃

砂1~2公厘·30克

溫度℃

振 動 次 數		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	溫度變化	25.2	26.3	27.3	28.2	29.0	29.8	30.3	30.7	30.9	31.1	31.2
	上升溫度		1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1
2	溫度變化	25.4	26.5	27.5	28.4	29.2	30.0	30.5	30.8	31.0	31.2	31.3
	上升溫度		1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1

我們發現：

1. 振動次數增加時，摩擦熱也逐漸上升，尤其從開始振動到500次時，在每100次內上升的溫度大約相同，但超過600次時，在每增加100次內的上升溫度反而減少。

〔實驗六〕比較顆粒的大小與摩擦熱的關係。

- 方 法：1. 利用粗細孔的鐵絲網做成篩子，把砂粒分成0.5公厘以下，0.5公厘~1公厘，1~2公厘等三種粗細顆粒。
2. 各取30克，同實驗一的方法測定摩擦熱。

結 果：

室溫：24.4℃

溫度℃

溫 度 容 器	次 數	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	上升 溫度
0.5公厘以下	25	26.1	27.1	28.0	28.8	29.5	30.2	30.6	30.8	31.0	31.1	31.1	6.1
0.5~1公厘	24.7	25.8	26.8	27.6	28.4	29.2	29.7	30.1	30.4	30.6	30.7	30.7	6.0
1~2公厘	24.8	26.0	27.0	27.8	28.6	29.3	29.8	30.2	30.5	30.7	30.9	30.9	6.1

我們發現：

1. 質量相同時，顆粒的大小與摩擦生熱的上升，沒有顯著的差別，幾乎相同。

〔實驗七〕比較質量的多少與摩擦熱的關係。

- 方 法：1. 把顆粒同大的砂粒各取20克、40克倒入熱量計裡。
2. 同實驗一的方法測定。

結 果：

室溫：24.5℃

溫度℃

顆粒	溫度 質量	次數	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	上升 度數
0.5 ~ 1 公厘	20克	25	26.2	27.2	28.1	28.9	29.7	30.2	30.6	30.8	30.9	30.9	30.9	5.9
		40克	25	26.2	27.3	28.2	29.1	29.9	30.4	30.8	31.0	31.2	31.4	6.4
1 ~ 2 公厘	20克	25	26.1	27.1	28.0	28.8	29.6	30.1	30.5	30.8	30.9	31.0	31.0	6.0
		40克	25	26.2	27.3	28.3	29.2	30.0	30.5	30.9	31.1	31.3	31.4	6.4

我們發現：

1. 當質量多時，摩擦熱就會有顯著的提高。

〔實驗八〕比較各種物質的摩擦熱。

方 法：1. 收集岩石、礦物等實驗材料，塊狀的就把它敲碎用篩子篩出1~2公厘大的顆粒各100克。

2. 各取30克放入熱量計裡，同實驗一的方法測量各物質的摩擦熱。

結 果：

室溫：23.2℃

溫度℃

顆粒	溫度 質量	次數	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	上升 度數
花 崗 岩	23.5	24.8	25.9	26.9	27.8	28.6	29.1	29.5	29.7	29.9	30.0	30.0	30.0	6.5
石 英	23.5	24.8	26.0	27.1	27.9	28.7	29.2	29.5	29.7	29.8	29.8	29.8	29.8	6.3
黃 鐵 礦	23.5	24.8	26.0	27.1	27.9	28.7	29.1	29.4	29.6	29.7	29.7	29.7	29.7	6.2
砂	23.5	24.8	25.9	26.8	27.6	28.4	28.8	29.2	29.5	29.6	29.6	29.6	29.6	6.1
黃 銅 礦	23.5	24.7	25.8	26.7	27.5	28.3	28.7	29.1	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	5.9
大 理 石	23.5	24.7	25.8	26.7	27.5	28.3	28.6	28.9	29.1	29.2	29.2	29.2	29.2	5.7

我們發現：

1. 花崗岩的上升溫度較大，大理石較小，但其差距不很大。

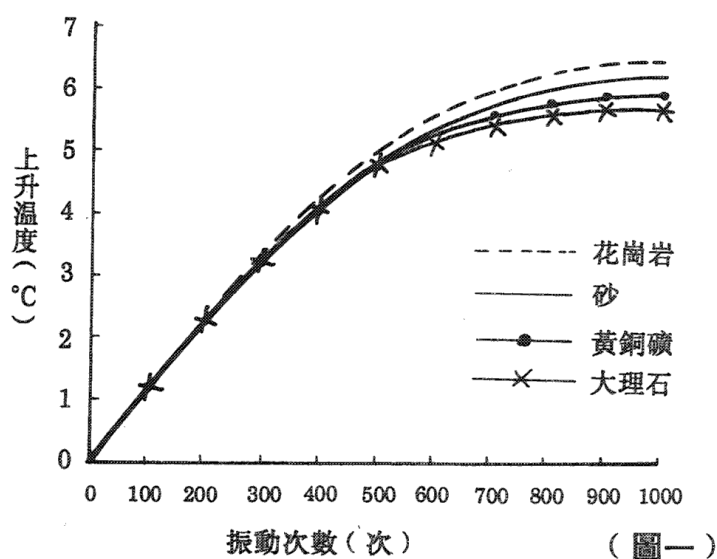
2. 發現每一種顆粒，振動到500次時，在每100次內上升溫度的幅度都很接近，平均在0.9~1.0℃之間。但超過600次以上時，上升溫度就漸漸的減少了。（如圖一）

我們的探討：

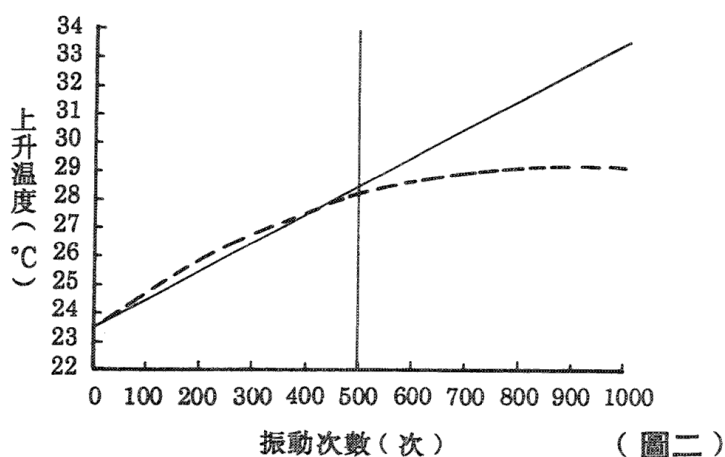
問題：振動物質產生的摩擦熱，在振動500次以內時，可隨振動的增加有規則性的升高，但600次以上時，為什麼上升溫度就逐漸的減少呢？

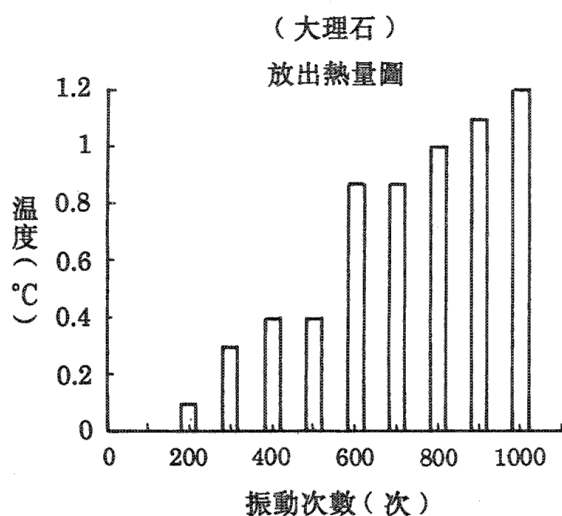
1. 在實驗過程中我們發現摩擦生熱的上升溫度，如果接近室溫（比室溫高5.5℃以內）時，在一定振動次數內（每100次），其上升溫度都大致相同。因此，熱量計不把熱量放出大氣中時，可形成右（圖二）的直線圖表。
2. 超過600次以上時，上升溫度逐漸減少的原因是比室溫高的熱量受外界溫度的影響被熱量計放出來的，而且熱量計中的溫度越高時，放出的熱量就越大。（如圖三）
3. 依據上面的探究結果，使我們更加瞭解，對於「手振動熱量計與摩擦熱及放熱量的相互關係」可畫出如右（圖四）加以說明。
因此我們所測定的熱量關係是：

$$\left[\begin{array}{c} \text{振動熱量計} \\ \text{（手所做的功）} \end{array} \right] \xrightarrow{\text{產生}} [\text{摩擦熱}] \xrightarrow{\text{減}} \left[\begin{array}{c} \text{熱量計放出熱量} \\ \text{（熱量）} \end{array} \right] = \text{被測定的熱量}$$

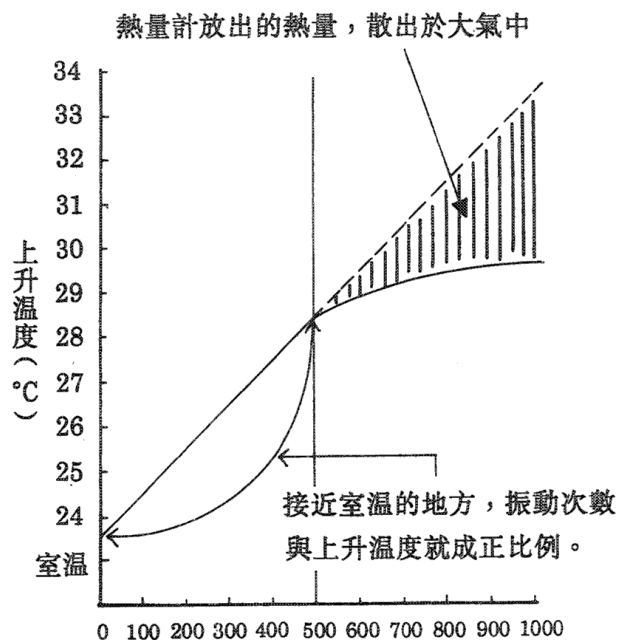


不放出熱量的上升溫度（大理石）





(圖三)



(圖四)

〔實驗九〕製作大型熱量計測量物質自然落下的摩擦熱。

方 法：1. 製作大型熱量計：準備直徑2.5公分，長70公分的塑膠管及厚2公分的保麗龍，如實驗四的製法製作。

2. 取顆粒1~2公厘的砂粒和大理石各50克及75克，放入大型熱量計裡，然後把裝有溫度計的橡皮塞套住管口。

3. 操作方法：雙手握住大型熱量計（溫度計在管上，物質在管下）很快的倒轉，讓物質由上自然落下。

結 果：

室溫：21.1°C

溫度°C

類別	溫 度 質 量	次 數	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	上 升 度 數
砂 粒	50克		21.5	21.9	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.3	24.5	3.0
	75克		21.7	22.2	22.6	23.0	23.4	23.8	24.1	24.4	24.7	24.9	25.1	3.4
大 理 石	50克		21.6	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.7	23.9	24.1	24.3	2.7
	75克		21.8	22.3	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.7	24.9	3.1

我們發現：

1. 從高處自然落下時，也會產生摩擦熱，但上升溫度都很小。

2. 每100次的上升溫度都接近室溫，因此上升度數均勻，所以沒有突然減少的現象。

五、結 論

- (一)玻璃試管製作的簡易測量計，雖可測定物質的摩擦熱，但玻璃試管的吸熱及散熱大，不能測出正確的上升溫度。
- (二)改良的熱量計，可測出較正確的上升溫度，因為外套的保麗龍隔熱性高，保溫度又強，熱量不易散失大氣中。
- (三)質量相同時，顆粒的大小不影響摩擦熱。其上升溫度大致相同。
- (四)質量愈多時，上升溫度會有明顯的提高。
- (五)比較各種物質的摩擦熱時，以花崗岩、石英較大，大理石較差。
- (六)摩擦熱的上升溫度接近室溫（比室溫高 5.5°C 以內）時，振動次數與上升溫度就能成正比例。
- (七)振動次數超過600次以上時，熱量計會受到大氣溫度的影響，而放出熱量，使上升溫度突然減少。
- (八)物質從高處自然落下時，也會產生摩擦熱，因上升溫度小又接近室溫，所以不會有突然減少的現象較有規則性的提升。

六、參考資料

- (一)科學寶庫（熱）
- (二)地球科學教材研究（礦物與岩石）
- (三)自然科學教學指引第七冊。
- (四)自然教學指引第八冊（功和能）

評 語

設計製作簡易量測計，測量多種物質的摩擦熱。其中包括物質顆粒大小和質量對摩擦熱的影響以及不同材質對量測計保溫度的影響。

本作品在數據擷取以及分析上均相當正確。對國小學生而言，堪稱難能可貴。