

應用電流探討比熱

國中組物理第三名

宜蘭縣立東光國中

作者：邱代奇·陳春芳

王秋香·林美珠

指導老師：李 炎 振

一、研究動機：

上學期化學第十四章講到法拉第電解定律時，應用電池供給電流促使正負離子的流動，從析出的物質中，求得每個離子所帶之電量，這是由電的效應轉變成化學效應。而在電池內部。則由陰極與陽極之化學反應，而構成了電流效應，使我們知道了電能可以轉變成化學能，化學能亦可以轉變成電能。然而物理第十一章中亦講到能量不減定理，且不同形式的能量，可以互換；第十二章即利用能量不減測定比熱，但此為同一形式能量之互換（冷熱混合法），而且實驗時誤差頗大，操作不太方便，亦不能作一般廣泛之物質比熱測定，因此我們幾個同學在好奇心的驅使下，試圖尋求另一種不同形式能量混合來測出比熱，經過老師的指導，著手於電流實驗。由電熱線所發出的功率測出各種物質之比熱，經三個多月來的實驗及互相研究，已經測出了一般物質之比熱。我們覺得這種方法甚為方便，可以提供以後國中物理教材之研究及不同能量形式互換的明證，操作簡單，現象明顯，並能與日常生活的電器用品相驗證，使理論與實際互為輝映。

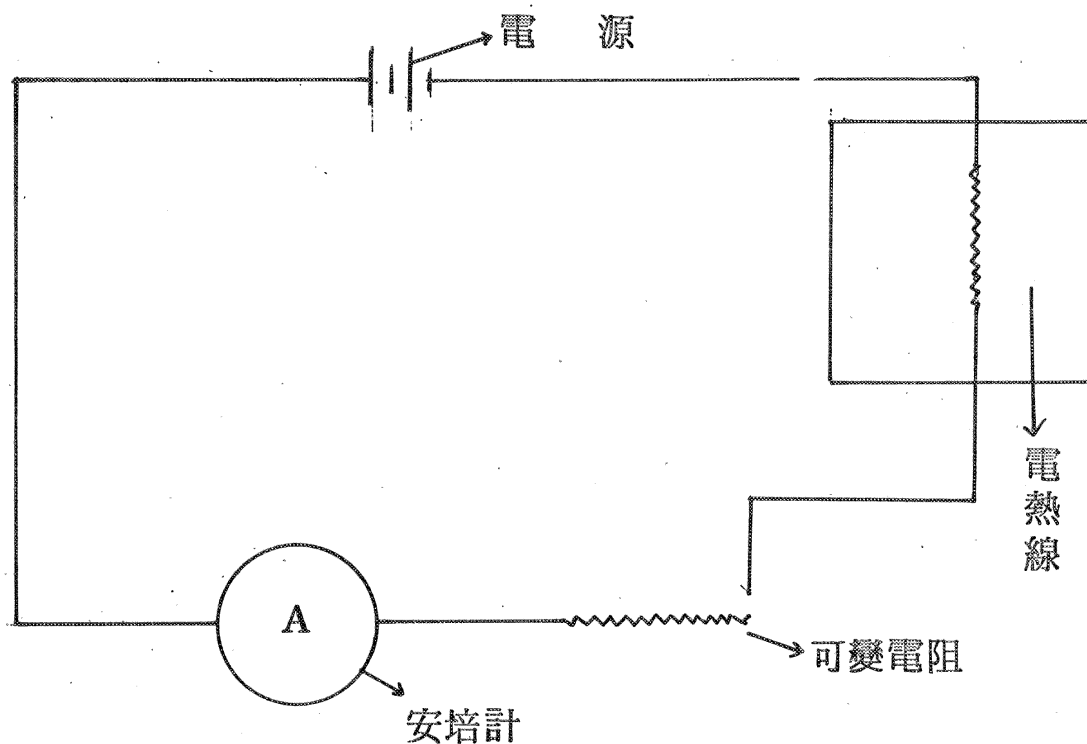
二、實驗原理：

本實驗係利用在電熱線二端加上電壓，連接可變電阻（控制電流），將電熱線放入於物質內，接上安培計。當接通電流時，

由安培計的讀數及電熱線的電阻，可計算電熱線所散出的熱量，其數值在本學期第十六章電學的部分講到為 $0.24 I^2 R t$ ，此處 I 為安培計之電流強度， R 為電熱線之電阻， t 為通電所經之時間。當其熱量傳至各物質時，該物質所吸收的熱量，等於 $ms \Delta t$ ， m 為物質之質量， s 為該物質之比熱， Δt 為該物質的溫度變化。依能量不減定律，及不同形式之能量可以互換，得 $ms \Delta t = 0.24 I^2 R t$ ，即可測出物質之比熱，其連接的線路圖如圖(-)。

物理課本第十二章第三節利用冷熱混合法求得物質之比熱，係利用本生燈將物質加熱至 100°C 時，然後再放置於已量好溫度的冷水中（用泡沫塑膠盒裝置）。當物質與冷水混合時，冷水的溫度逐漸升高，該物質的溫度逐漸降低，最後趨於一致，即由 $M S \Delta t = m \Delta t$ ， M 為該物質質量， S 為物質之比熱， Δt 為物質之溫度變化， m 為水的質量， Δt 為水的溫度變化，可測出該物質之比熱。

圖 (-)



三、實驗儀器

- (A) 直流電源 (8 V ~ 15 V) ,
- (B) 安培計 (直流用 0 ~ 15 A) ,
- (C) 伏特計 (直流用 0 ~ 15 V) ,
- (D) 電熱線 (1 歐姆 30W) ,
- (E) 三用電錶 (360—Y t r) ,
- (F) 泡沫塑膠及泡沫塑膠盒 ,
- (G) 馬錶 (二個) ,
- (H) 溫度計五隻 ,
- (I) 可變電阻電線 ,
- (J) 金屬鑿孔器 ,
- (K) 水、乙醇、石臘油、松節油、甘油、泰山牌沙拉油、乙醚 ,
- (L) 鋁、鐵、銅 ,
- (M) 玻璃杯數個 ,
- (N) 彈簧秤。

四、實驗步驟：

(一) 各種液體比熱之實驗程序

1. 將電熱線、安培計，及可變電阻與直流電源 (8 V ~ 15 V) 串聯，在實驗前，先勿通電。
2. 稱水的質量 100 克放在塑膠杯中，將電熱線置入水中 (必須完全浸入) ，以溫度計放入水中約 2 分鐘，量出實驗開始前的溫度記錄之。
3. 接通電源，調整可變電阻，使電流為 5 Amp，經過三分鐘後，記錄下溫度之變化。
4. 記錄之方法有二：
 - (1) 記錄三分鐘後，溫度之總變化。
 - (2) 每 30 秒鐘記錄溫度變化。
5. 重覆 1 2 3 的實驗，測量溫度上升至 30℃ 時，所需通電的時間，記錄之。
6. 將水依次改變為酒精 (乙醇) 、松節油、石臘油、甘油、乙

醚、泰山牌沙拉油，記錄實驗前各種液體之溫度，重覆 1 至 5. 之實驗。

7. 將裝入液體之塑膠杯放入塑膠泡沫之內重做以上的實驗。

8. 依次將電流改爲 4 Amp ， 3 Amp ，重覆前述的實驗。

(二)各種固體比熱之實驗程序

1. 稱鋁塊約爲 55 克，利用車床鑿孔器，鑿二個洞（一個洞插入溫度計，另一個插入電熱線），鋁塊之外表並略加修飾。

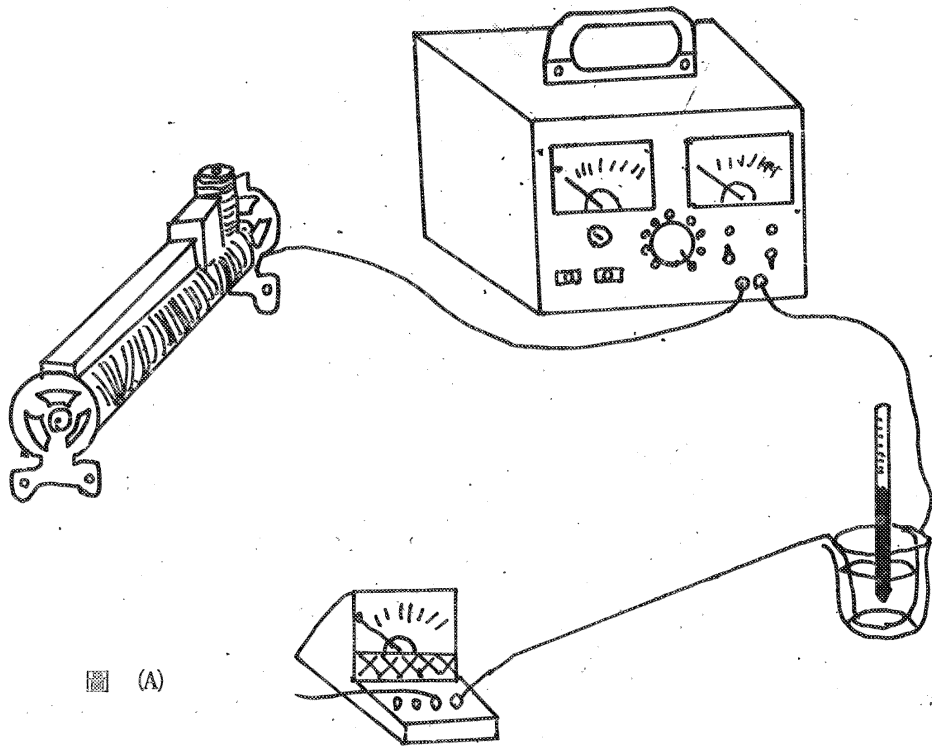
2. 將電熱線耦合於鋁塊之洞中，並與直流電源、安培計、可變電阻串聯。在實驗前，先勿通電，插溫度計於另一個洞中，記錄實驗前之溫度。

3. 接通電源，調整可變電阻，使電流爲 5 Amp，經過三分鐘後，記錄下溫度之變化，記錄之方法與前述液體內的測量相同。

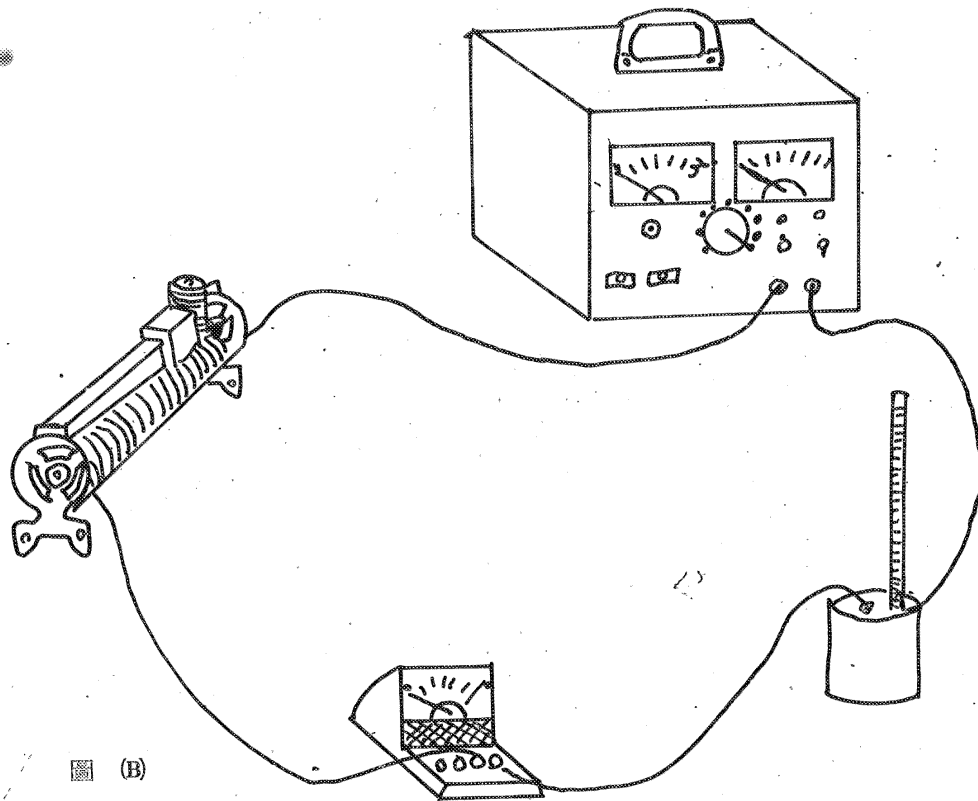
4. 依次改爲銅（500g），鐵（500g），重覆 1 2 3 之實驗。

5. 重覆 1 至 4. 的實驗，測量溫度上升至 30℃ 時，所需通電的時間。

6. 依次將電流改爲 4 Amp ， 3 Amp ，重覆前述的實驗。



■ (A)



■ (B)

五、實驗數據

表 (一)

物質名稱	電熱線質量	變因 電阻	電熱強度 (Amp)(I)	實溫 驗前之(°C)	實溫 驗後之(°C)	溫總 變度化	通(秒 電時間)	比 熱	誤 差 率
乙醇	100(g)	1Ω	3 A	16	21.8	5.8	180	0.67	11 %
乙醚	100(g)	1Ω	3 A	15.8	22.5	6.7	180	0.58	6.8%
石臘油	100(g)	1Ω	3 A	16.6	24.5	7.9	180	0.49	5.7%
松節油	100(g)	1Ω	3 A	16.3	24.9	8.6	180	0.45	7 %
甘油	100(g)	1Ω	3 A	16.7	23.7	7	180	0.56	10 %
(泰山牌)沙拉油	100(g)	1Ω	3 A	16.8	24.5	7.7	180	0.5	
銅	500(g)	1Ω	3 A	15.8	22.8	7	180	0.110	17 %
鐵	500(g)	1Ω	3 A	15.6	21.7	6.1	180	0.126	11.5%
鋁	55(g)	1Ω	3 A	15.4	43.6	28.2	180	0.250	13 %

表 (二)

物質名稱	電熱線質量	變因 電阻	電流 強度 (Amp)(I)	實溫 驗前之(°C)	實溫 驗後之(°C)	溫總 變度化	通(秒 電時間)	比 熱	誤 差 率
乙醇	100(g)	1Ω	4 A	15.9	26.4	10.5	180	0.66	10 %
乙醚	100(g)	1Ω	4 A	15.7	27.6	11.9	180	0.58	6.8%
石臘油	100(g)	1Ω	4 A	16.6	30.3	13.7	180	0.505	3 %
松節油	100(g)	1Ω	4 A	16.3	31.3	15	180	0.46	9.5%
甘油	100(g)	1Ω	4 A	16.2	28.5	12.3	180	0.56	10 %
(泰山牌)沙拉油	100(g)	1Ω	4 A	16.8	30.6	13.8	180	0.5	
銅	500(g)	1Ω	4 A	15.8	27.3	11.5	180	0.12	27 %
鐵	500(g)	1Ω	4 A	15.6	26.6	11	180	0.125	10.6%
鋁	55(g)	1Ω	4 A	16	64	48	180	0.26	18 %

表三

物質名稱	電熱線質量	變因電阻	實驗強度 (Amp)(I)	實溫實驗前之(°C)	實溫實驗後之(°C)	溫總變化	通電時間(秒)	比熱	誤差率
水	100(g)	1Ω	5 A	15.4	27.4	12	180	0.90	10 %
乙醇	100(g)	1Ω	5 A	16	31.4	15.4	180	0.7	11 %
乙醚	100(g)	1Ω	5 A	15.2	33.8	18.6	180	0.58	6.8%
石臘油	100(g)	1Ω	5 A	16.5	38	21.5	180	0.5	3.8%
松節油	100(g)	1Ω	5 A	15.7	39.7	24	180	0.45	7.2%
甘油	100(g)	1Ω	5 A	16	33.4	17.4	180	0.62	6.8%
(泰山牌)沙拉油	100(g)	1Ω	5 A	18	40	22	180	0.49	
銅	500(g)	1Ω	5 A	16.5	36.9	20.4	180	0.106	15 %
鐵	500(g)	1Ω	5 A	16.4	33.6	17.2	180	0.125	10.6%
鋁	55(g)	1Ω	5 A	16.2	98	81.8	180	0.24	18 %

表四

物質名稱	電熱線質量	變因電阻	實驗強度 (Amp)(I)	實溫實驗前之(°C)	實溫實驗後之(°C)	溫總變化	通電時間(秒)	比熱	誤差率
水	100(g)	1Ω	5 A	16.4	39.9	23.5	360	0.92	8 %
乙醇	100(g)	1Ω	5 A	15.8	47.6	31.8	360	0.68	13 %
乙醚	100(g)	1Ω	5 A	15.6	沸騰 (38.6)		181		
石臘油	100(g)	1Ω	5 A	16.5	55.1	38.6	360	0.56	7 %
松節油	100(g)	1Ω	5 A	16.2	63.2	47	360	0.46	9 %
甘油	100(g)	1Ω	5 A	16.4	56.4	40	360	0.54	13 %
(泰山牌)沙拉油	100(g)	1Ω	5 A	16.8	60.8	44	360	0.49	
銅	500(g)	1Ω	5 A	15.7	55.3	39.6	360	0.109	16 %
鐵	500(g)	1Ω	5 A	15.5	49.7	34.2	360	0.126	12 %
鋁	55(g)	1Ω	5 A	15.8	166.8	151	360	0.26	18 %

表(五)

質量名稱	電熱線質量		電阻	變因 電流強度	實驗前之溫度 (°C)	相同溫度 (°C)	通電所需時間 (秒)	溫度總變化 (°C)
	電熱線	質量						
水	100 g	1Ω	5A	16.1	30°C	209	13.9	
乙醇	100 g	1Ω	5A	16.2	30°C	138	13.8	
乙醚	100 g	1Ω	5A	16	30°C	126	14	
石蠟油	100 g	1Ω	5A	16.5	30°C	93	13.5	
松節油	100 g	1Ω	5A	16	30°C	117	14	
甘油	100 g	1Ω	5A	16	30°C	140	14	
(泰山牌)沙拉油	100 g	1Ω	5A	16.8	30°C	110	13.2	
銅	500 g	1Ω	5A	15.8	30°C	111	14.2	
鐵	500 g	1Ω	5A	15.6	30°C	135	14.4	
鋁	55 g	1Ω	5A	15.5	30°C	30	14.5	

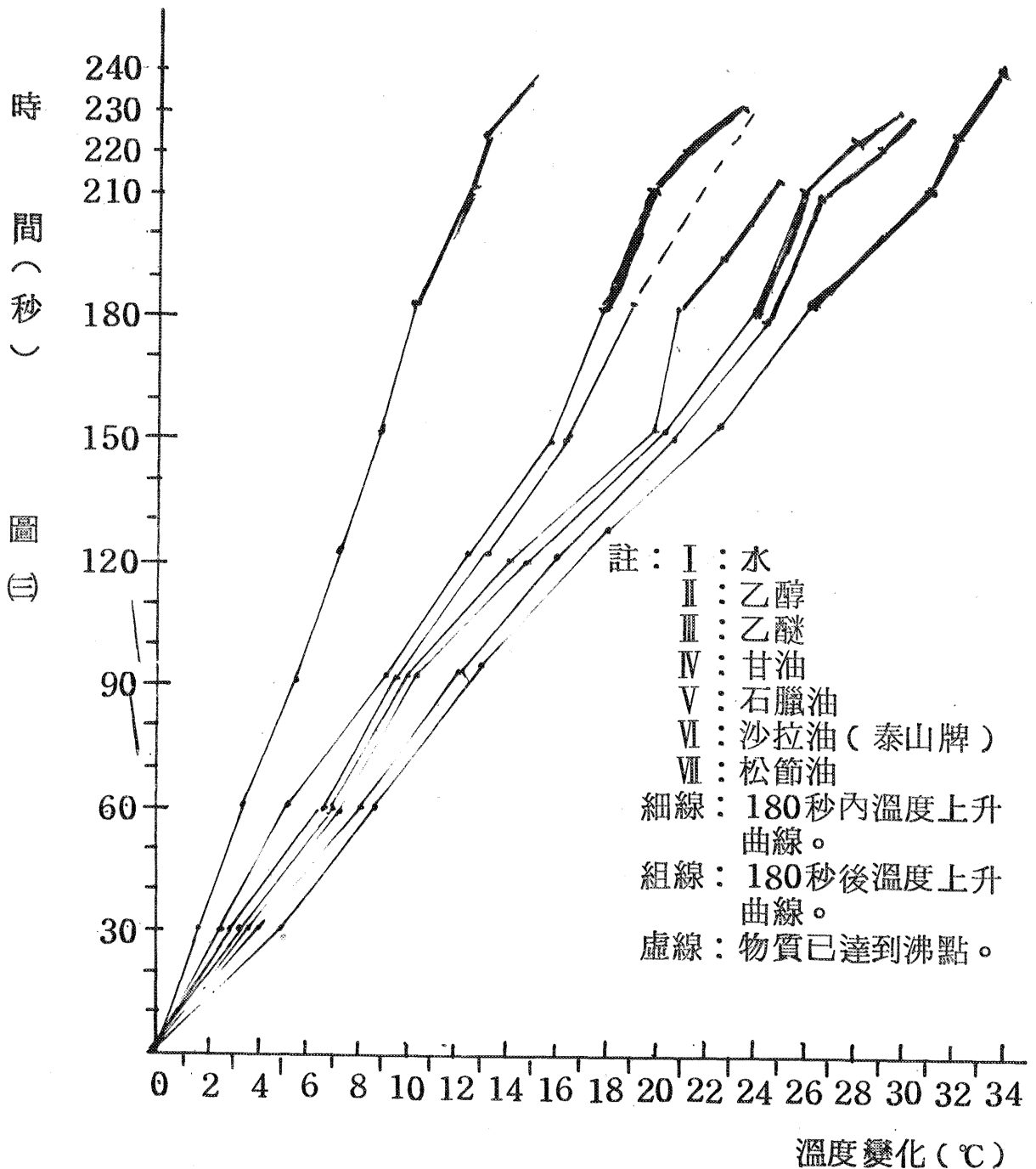
表(六)

物質名稱	電熱線電阻	質量	時間 (秒)	電流強度									
				30	60	90	120	150	180	210 秒 切電 斷源	220	230	
水	1Ω	100 g	5 A	17.4	18.8	21.2	22.5	24.5	26	28.0	28.6	29.5	
乙醇	1Ω	100 g	5 A	19.2	21.9	25	28.3	31.5	34.3	36.3	37.5	39.5	
乙醚	1Ω	100 g	5 A	18.6	21.6	24.3	28.3	30.7	34.1	沸騰			
石蠟油	1Ω	100 g	5 A	20	23.5	26.4	30.6	34.4	37.5	41.6	42.2	43.4	
松節油	1Ω	100 g	5 A	20.1	24.1	28	33.6	38.1	41.6	46.3	47.5	49.1	
甘油	1Ω	100 g	5 A	19.2	22.8	25	30	32	36	38.9	39.6	40.6	
(泰山牌)沙拉油	1Ω	100 g	5 A	22	26.2	30	34.3	38.3	41.5	44.8	47.3	48.3	
銅	1Ω	500 g	5 A	19.8	23	26.4	30	33	37	41.3	42	43	
鐵	1Ω	500 g	5 A	19	22.3	24.9	28	32	34.5	37.3	38.5	39.4	
鋁	1Ω	55 g	5 A	28.3	41	54	50.5	78	92	103.9	108.4	112.7	

六、實驗結果：

(一)銅、鐵、鋁、石臘油、松節油、(泰山牌)沙拉油、乙醚、乙醇、甘油、水，以銅之比熱為最小，水的比熱為最大，由 $I^2Rt = mS\Delta t$ ，求得各物質之比熱，參照表(一)~表(三)。

(二)每三十秒鐘記一次，發現銅的溫度上升幅度為最大。依數學分析，以時間為縱座標，溫度的變化為橫座標畫圖，其圖形如下：



(三)液體之比熱中，以水之比熱為最大；固體之比熱中，則以鋁為最大。由冷熱混合法及電流方法所測得之比熱，以電流所測得的方法較為準確。

七、討論：

(一)本實驗採用直流電源裝置(8V~15V)，而不採用乾電池為電源，係因乾電池(3V~6V)，供給不平穩的直流電，在一段時間後，電流強度逐漸下降，致使無法控制。而用直流電源裝置，可以較好的控制電流的穩定。

(二)選出的電熱線之電阻約為 $1\ \Omega$ ，因此控制電流大約為5Amp，4Amp，3Amp，才不致使流過電熱線的電流太大而使電熱線太紅，導致不良效果，亦不致使流過電熱線的電流太小，而使電熱線散出的熱量太小，物質吸熱的結果，溫度變化不明顯，影響實驗。電流愈大，溫度變化愈大，參照表(一)~表(三)。

(三)同質量的物質其溫度之變化與時間成正比，參照表(三)、表(四)，即通電時間愈長，則物質吸收的熱量愈多，其溫度之變化亦愈大，但限於有些物質，如乙醚因其揮發性大，沸點低，不能通電太久，導致沸騰。

(四)若各種物質中選定到達同一溫度之標準，則以比熱小的物質在最短的時間到達該溫度，而且亦在最短之時間內，下降到溫度為最低。因此比熱小的物質溫度升高的快，降低的亦快，比熱大的物質，溫度上升的慢，下降的亦慢，參照表(五)。

(五)本實驗採用三用電表測量電熱線的電阻為 $1\ \Omega$ ，直流安培計(0A~5A)測量電流及可變電阻控制電流(可變電阻的接觸不良)，由於電錶性能較差，所以測得之數值有誤差。

(六)於市面上所購得的乙醚、乙醇、松節油、石臘油、甘油，經過蒸餾法化驗的結果，與該液體的沸點不合。顯示，液體並非純物質，所以測出之數值無法達到理論值，參照表(一)~表(四)。

(七)固體的鋁、鐵，實驗結果顯示其純度較高，銅因其為金屬的合金，所以其誤差較前二者為大。且因鐵、銅、鋁無法獲至相等的質量，以比較其溫度變化與時間的關係圖形，如圖(三)，係一

大缺點。

- (八)測量液體之比熱時，因溫度計可以完全浸入液體中，所以能準確地量出液體之溫度。溫度計插入金屬的洞中，由於溫度計與金屬的接觸不良好，雖經加入石臘油增加接觸，但實驗顯示其量出的溫度較不如液體理想，參照表(三)。
- (九)接通電流以後物質的溫度逐漸上升，經過三分鐘後，切斷電源，但觀其溫度計仍然上升，此仍由於物質還未完全吸收電熱線的熱量之故。等溫度上升到最高點始記其溫度（末溫），由末溫減初溫，即為物質上升的溫度總變化。
- (十)當用每 30 秒鐘記錄其溫度之變化時，以時間為縱座標，溫度為橫座標，所畫出的圖形，顯示三分鐘畢切斷電源後的時間遲緩，所上升的溫度，並不影響其圖形的幅度（斜率），參照圖(四)。
- (十一)將物質放入塑膠泡沫內測量較在空氣中為準確，因此時熱量較不為外界所吸收，增加實驗精確度。

八、結論：

- (一)本實驗裝置簡單，其應用範圍廣泛，與日常生活有關，且對於物質比熱的測定甚為精確，誤差僅為 1 % 左右。不但能提供不同形式的能量之明證，誘導學生學習的興趣，及啓發學生對於電能的應用，更能增進教學之實用價值。
- (二)由於經費的限制，無法獲得更多不同種類金屬，加以測定。尤其對於氣體的比熱，更由於時間的匆促及儀器的不足，未能加以試探，使我們一直耿耿於懷，今後當本著一貫精神，利用課餘時間，繼續努力研究，探討。