

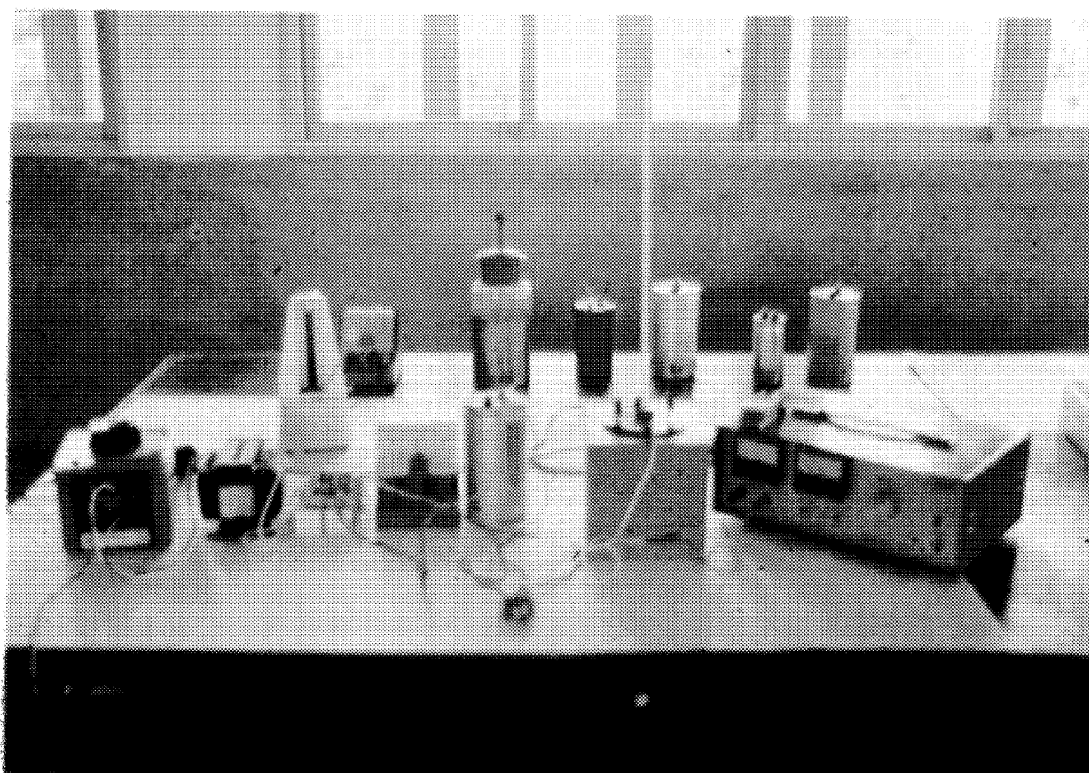
電器中儲存的能量之測定與探討

高中組物理科第二名

台灣省立彰化女子高級中學

作者：呂以文等七名

指導老師：李瑞華



一、研究動機

在玩聲光科學組合套件“動動腦”玩具時，我們看到許多形狀、大小不同的電容器，使我們想研究這些電容器的性質、功用及其所儲存的能量問題，故設計此實驗，以求其能量與電壓及電容的關係。

二、研究目的

1. 設計實驗，將電能變換成熱能，以求電容器所儲存的電能。
2. 爲了算電能所換成的全部熱能，先求量熱計的水當量。

3. 電容一定時，求電能與電壓的關係式，並分析之。
4. 電壓一定時，求電能與電容的關係。

三、原理

1. 二導體間隔以絕緣體，即成一電容器，其特性為儲蓄電能，因二導電體用介質隔開，加上電位差，就能夠在導體上產生電荷，這種接受和保持電荷的能力，稱為電容，電容的意義是一對導體，其中之一表面上的電荷絕對值 Q ，與兩者之間電位差 V 的比值，即升高導體的單位電壓所需的電量，稱為電容，其關係式為 $C = \frac{Q}{V}$ ，在實用單位制中，電容的單位是法拉，1 法拉 (Farad，簡稱爲 F) 的電容是 1 庫倫的電荷產生 1 伏特電位差時的電容，即 $1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ V}}$

實際上所用的電容單位爲微法拉 ($1 \mu F = 10^{-6} F$) 及微微法拉 ($\mu\mu F, PF$) 電容器的容量爲一常數，即電壓和所充電量的比率永遠不變。二導體間的電容隨導體尺寸及彼此之間的距離而變化，導體有效面積 A 越大，彼此距離 d 越小，則其電容越大；導體間的電容同時還與其間所填介質性質有關，該介質的誘電常數 k 越大，則電容就越大，其計算電容量的實用公式爲 $C = \frac{0.088 k A}{d}$ 本實驗爲用較大電容的電容器，是以用介電常數 k 較大的電解電容器。

2. 本實驗是讓交流電經可變變壓器、變壓器及二極體後，而充電於較大的電容器至電壓 V ，然後放電經過置有水的量熱計中的鍍銀線電阻，如此操作 100 次後，將發現量熱計中的水溫升高 Δt 度，從此熱的定義知，使水質量 m 的水升高 Δt 所需的能量 $U = 4.186 H = 4.186 m S \Delta t$ (其中 4.186 焦耳 / 卡爲熱功當量， H 爲熱量)。但量熱計內水之溫度升高時，銅杯 k 與攪拌器、溫度計等之溫度亦增高，即亦吸收若干之熱能，故設法測定其升高一度所吸收熱能與多少水量吸收的相當，稱爲該量熱計之水當量 u ，所以量熱計吸收的總能量 U 應爲 $U = 4.186 (m + u) S \Delta t = 4.186 \times (m + u) \Delta t \dots \textcircled{1}$

此即等於電容器所儲存的電能。

四、儀器及材料

溫度計、天平、砝碼、量熱計（包括銅杯 k 、攪拌器、鎳銀絲電阻等）燒杯、量筒、電容器四、可變變壓器一、變壓器一、二極體四、 $5\ \Omega$ 電阻一、伏特計、雙刀雙切開關、整流電源器、繼電器及計數器、節拍器。

五、實驗的設計與安排

1 電容器的充電與放電以下列線路圖安排與連接（如圖一，照片 1）（圖表從略）。

2 充電電壓 V 以可變變壓器 T_1 ，任意選擇，可由伏特計讀出， R_1 用來降低流經二極體的最大電流，以保護線路。

3 放電電路中接一鎳銀線電阻 R_2 ， R_2 與銅杯間絕緣，而 R_2 是置於一銅杯 k 內，杯內並有攪拌器及附溫度計，此量熱計周圍以保麗龍、木箱與外界隔絕，以防止熱量散失。

4 為便利於算放電次數，將原來單刀雙切開關改用雙切雙刀開關較為理想，即多接一線路（ $S-D-E-F$ ）， E 為繼電器及計數器， F 為電源整流器，每當 S 跨離 D 時，計數器即自動加一，以計放電總次數。

六、實驗步驟

1 量熱計水當量 u 的求法：

(1) 先將銅杯 k 與攪拌器、溫度計等衡之於天平中，得其質量為 m' 克。

(2) 將銅杯等放入木箱內，次注入約其容積四分之一之水 m'' 克，插入溫度計驗之，看取為 t' 。

(3) 次另將水放入大燒杯中熱之，至溫度比前者高，其溫度為 T' 。

(4) 將大燒杯熱水迅速轉注於 k 內，滿至三分二左右攪拌之，令其勻和，並驗溫度計為 θ' 。

(5)更如前，連同 k 、攪拌器、溫度計衡之於天平，由其結果，減去 $m' + m''$ ，即為後加之水 m''' 克，依冷熱混合求比熱之理，知

$$m''' (T' - \theta') = (m'' + u) (\theta' - t')$$

$$\therefore u = \frac{m''' (T' - \theta') - m'' (\theta' - t')}{(\theta' + t')} \dots\dots\dots ②$$

(6)同法，續作二次，取量熱計水當量 u 之平均值。(如照片 3, 4, 5)。

2 電容量一定時，不同電壓之電容器所儲存的電能之求法：

(1)倒水入量熱器內，剛蓋滿其內電阻線，量得其內的水質量 m ，和水的最初溫度 t_1 。

(2)雙刀雙切開關 S 固定到 A 點，調整可變變壓器至充電電容器的電壓為 V 。

(3)然後開關 S 回到 B ，如此 S 按節拍器作定時依據往復於 A 和 B ，由計數器可讀出我們讓 S 往返的次數，亦即放電之次數。

(4)放電 100 次後，稍動量熱計內攪拌器後，記取量熱計內水的末溫 t_2 。

(5)利用公式(1)計算電容器每放電一次量熱計所獲取的能量，即為電容器所含能量。

(6)同法，操作二次，得能量平均值並算出其偏差。

(7)改變不同的電壓時，同上法，求取電容器所儲存的電能。

(8)以電壓 V 為橫坐標，電能 U 為縱坐標，畫出 $U - V$ 曲線圖。

(9)次畫出 $U - V^2$ 曲線圖，並找出其關係式。

3. 電壓一定時，不同的電容器所儲存的電能和電容關係：

(1)同二步驟，求電壓固定時不同電容量所儲存的電能。

(2)以電容量 C 為橫坐標，電能 U 為縱坐標，畫出 $U - C$ 曲線圖，並找出其關係式。

七 實驗結果(資料的整理與分析)

1 量熱計水當量 u 的結果(如表一)：

六、實驗結果（資料的整理與分析）

1 量熱計水當量 u 的結果：（如表一）

銅杯 K ，攪拌器等質量 $m' = 255.47$ 克

實驗次數 n	冷水質量 $m'' (g)$	總質量 $M (g)$	熱水質量 $m''' (g) = M - (m' + m'')$	冷水初溫 $t' (^\circ C)$	熱水初溫 $T' (^\circ C)$	末溫 $\theta' (^\circ C)$	水當量 $= \frac{m''' (T' - \theta') - m'' (\theta' - t')}{\theta' - t'}$	$u - \bar{u}$	$(u - \bar{u})^2$
I	94.83	518.00	167.70	18.40	40.50	31.30	24.80	0.05	0.0025
II	158.00	601.47	188.00	29.50	42.50	36.10	24.30	0.45	0.2025
III	103.25	147.80	147.80	21.20	41.19	31.90	25.14	0.39	0.1521
						平均值 \bar{u}	24.75	0.24	0.00576

（表一）

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (u - \bar{u})^2}{n - 1} = \frac{0.3571}{2} = 0.17855$$

$$S = 0.42$$

$$\text{平均值偏差 } \delta \bar{u} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0.42}{\sqrt{3}} = 0.24$$

$$\therefore \text{量熱計水當量 } u = (24.75 \pm 0.24) \text{ g}$$

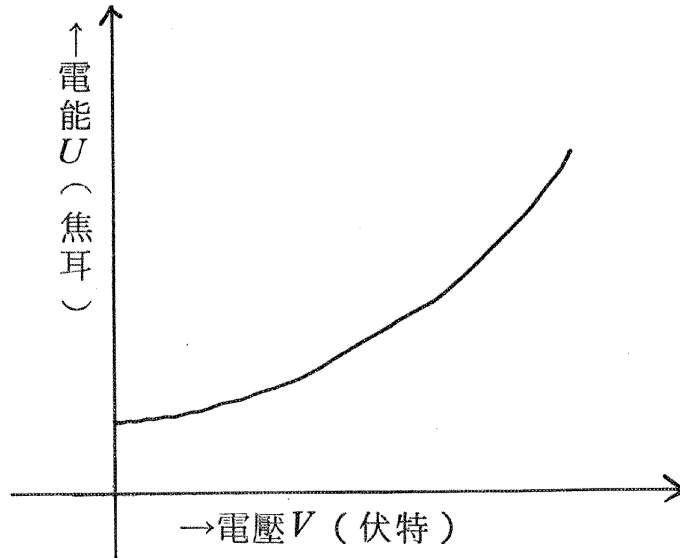
2 電容量一定時，電容器儲存的電能

(1) $C_2 = 9300 \mu F$ ， $N = 100$ 次， $m = 80$ 克

不同電壓時所儲存的電能 (表二)

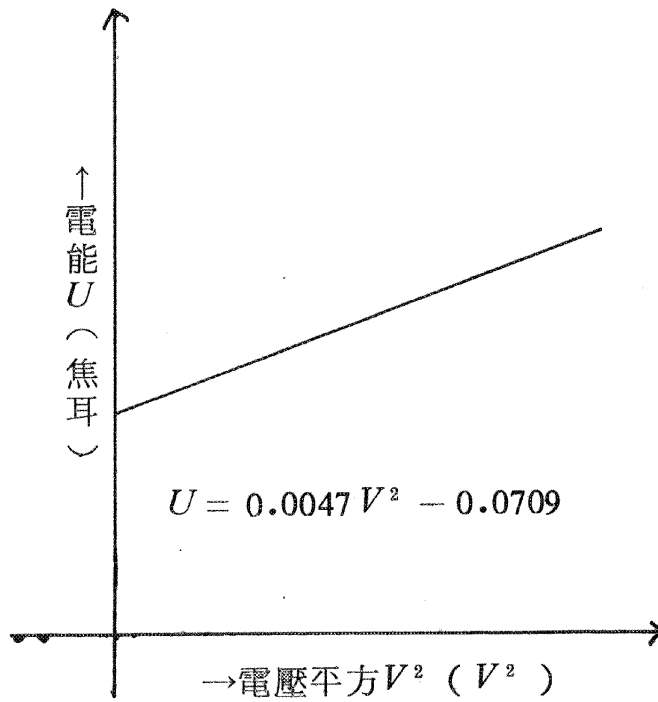
電 壓 V (伏特)	V^2	實驗 次數 n	初溫 $t_1(^{\circ}C)$	末 溫 $t_2(^{\circ}C)$	溫度差 $\Delta t(^{\circ}C)$	總熱量 H (卡) = (m+u)• Δt	總 電 能 U' (焦耳) = 4.186H	電 能 U = 焦 耳 = $\frac{U'}{N}$	電能 \bar{U} 的偏差
25.0	625	1	31.47	32.10	0.63	65.99	276.23	2.76	0.12
		2	31.70	32.49	0.79	82.75	346.40	3.46	0.58
		3	33.00	33.55	0.55	57.61	241.17	2.41	0.47
							平均值 $\bar{U} =$	2.88	± 0.39
27.5	756.25	1	35.05	35.85	0.80	83.80	350.79	3.51	0.03
		2	35.90	36.76	0.86	90.09	377.10	3.77	0.29
		3	36.80	37.52	0.72	75.42	315.71	3.16	0.32
							平均值 $\bar{U} =$	3.48	± 0.21
30.0	900	1	33.00	33.95	0.95	99.51	416.56	4.17	0.07
		2	34.05	34.95	0.95	99.51	416.56	4.17	0.07
		3	34.95	35.95	1.00	104.75	438.48	4.38	0.14
							平均值 $\bar{U} =$	4.24	± 0.09
32.5	1056.25	1	28.50	29.61	1.11	116.27	486.72	4.87	0.04
		2	29.70	30.90	1.20	125.70	526.18	5.26	0.35
		3	31.00	32.05	1.05	109.99	460.41	4.60	0.31
							平均值 $\bar{U} =$	4.91	± 0.23
35.0	1225	1	32.30	33.59	1.29	135.13	565.64	5.66	0.04
		2	33.70	35.01	1.31	137.22	574.41	5.74	0.04
		3	35.05	36.35	1.30	136.18	570.03	5.70	0.00
							平均值 $\bar{U} =$	5.70	± 0.03
37.5	1406.25	1	36.35	37.84	1.49	156.08	653.34	6.53	0.13
		2	37.87	39.37	1.50	157.13	657.73	6.58	0.18
		3	39.40	40.79	1.39	145.60	609.50	6.10	0.30
							平均值 $\bar{U} =$	6.40	± 0.20
40.0	1600	1	31.10	32.80	1.70	178.08	745.42	7.45	0.17
		2	33.30	34.99	1.69	177.03	741.04	7.41	0.13
		3	35.00	36.59	1.59	166.55	697.19	6.97	0.31
							平均值 $\bar{U} =$	7.28	± 0.20
42.5	1806.25	1	23.00	24.90	1.90	199.03	833.19	8.33	0.07
		2	25.05	27.05	2.00	209.50	876.97	8.77	0.37
		3	27.50	29.35	1.85	193.79	811.19	8.11	0.29
							平均值 $\bar{U} =$	8.40	± 0.24
45.0	2025	1	29.00	31.14	2.14	224.17	938.35	9.38	0.13
		2	32.80	34.76	1.96	205.31	859.43	8.59	0.66
		3	35.00	37.23	2.23	233.60	977.82	9.78	0.53
							平均值 $\bar{U} =$	9.25	± 0.44
47.5	2256.25	1	33.50	36.10	2.60	272.35	1140.06	11.40	0.71
		2	36.15	38.56	2.41	252.45	1056.75	10.57	0.12
		3	39.00	41.30	2.30	240.93	1008.51	10.09	0.60
							平均值 $\bar{U} =$	10.69	± 0.48

(2)電能和電壓關係圖（如圖二）



(圖二)

(3)電能和電壓平方關係圖與關係方程式（如圖三）



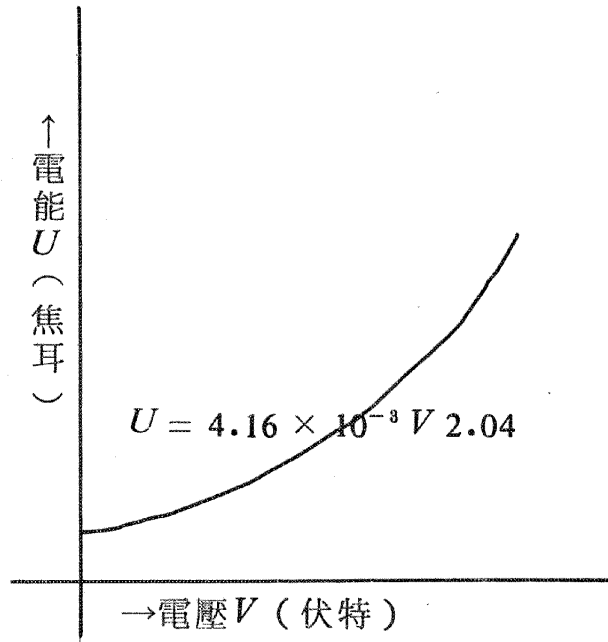
(圖三)

$$2 C_2 = 9800 \mu F \quad N = 100 \text{ 次} \quad m = 80 \text{ 克}$$

(1)不同電壓時，所儲存的電能（如表三）

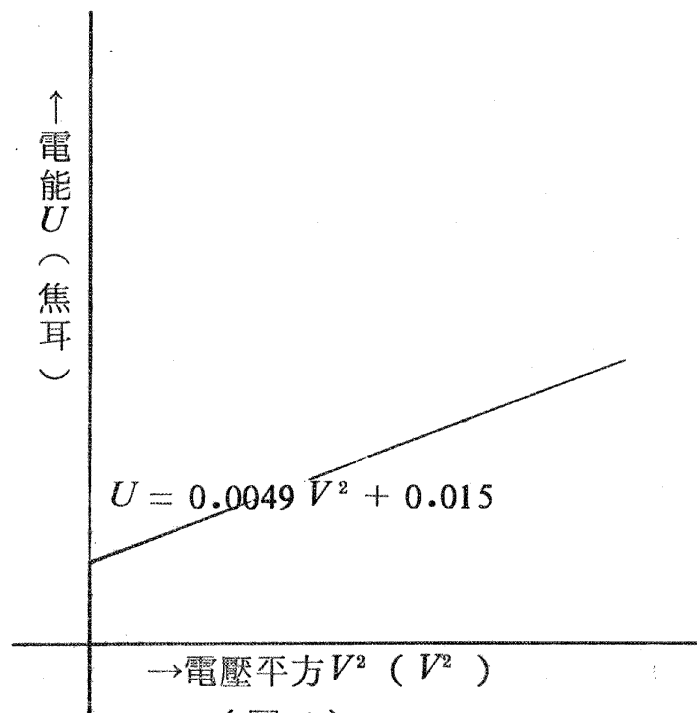
電壓 V (伏特)	V ²	實驗 次數 n	初溫 t ₁ (°C)	末溫 t ₂ (°C)	溫差 Δt = t ₂ - t ₁	總熱量 H(卡) = (m + u) · 1 · t	總電能 U(焦耳) = 4.186H	電能 U(焦耳) = $\frac{U'}{N}$	電能U 的偏差
25.0	625	1	32.90	33.56	0.66	69.14	289.40	2.89	0.02
		2	34.20	34.85	0.65	68.09	285.01	2.85	0.06
		3	34.87	35.55	0.68	71.23	298.17	2.98	0.07
							平均值 $\bar{U} =$	2.91	± 0.05
30.0	900	1	25.50	26.52	1.02	106.85	446.25	4.47	0.23
		2	26.55	27.70	1.15	120.46	504.26	5.04	0.34
		3	28.00	29.05	1.05	109.99	460.41	4.60	0.10
							平均值 $\bar{U} =$	4.70	± 0.22
35.0	1225	1	34.14	35.61	1.47	153.98	644.57	6.45	0.53
		2	35.61	36.83	1.22	127.80	534.95	5.35	0.57
		3	37.00	38.36	1.36	142.46	596.38	5.96	0.04
							平均值 $\bar{U} =$	5.92	± 0.38
40.0	1600	1	29.32	30.60	1.28	155.03	648.96	6.49	1.47
		2	31.05	33.24	2.19	229.40	960.28	9.60	1.64
		3	33.50	35.28	1.78	186.46	780.50	7.80	0.16
							平均值 $\bar{U} =$	7.96	± 1.09
45.0	2025	1	29.05	31.22	2.17	227.31	951.51	9.52	0.31
		2	31.40	33.65	2.25	235.69	986.59	9.87	0.04
		3	30.65	32.95	2.30	240.92	1008.51	10.09	0.26
							平均值 $\bar{U} =$	9.83	± 0.20
50.0	2500	1	32.75	35.50	2.75	288.06	1205.83	12.06	0.03
		2	35.60	38.39	2.79	292.25	1223.37	12.23	0.20
		3	38.50	41.19	2.69	281.78	1179.52	11.80	0.23
							平均值 $\bar{U} =$	12.03	± 0.15
55.0	3025	1	30.78	34.06	3.36	351.96	1473.30	14.73	0.15
		2	34.50	37.87	3.37	353.01	1477.69	14.78	0.10
		3	37.90	41.35	3.45	361.39	1512.77	15.13	0.25
							平均值 $\bar{U} =$	14.88	± 0.17
60.0	3600	1	27.48	31.50	4.02	421.10	1762.70	17.63	0.01
		2	31.50	35.60	4.10	429.48	1797.78	17.98	0.34
		3	36.00	39.95	3.95	413.76	1732.01	17.32	0.32
							平均值 $\bar{U} =$	17.64	± 0.22
65.0	4225	1	23.50	28.22	4.72	494.42	2069.64	20.70	0.00
		2	29.05	33.86	4.81	503.85	2109.11	21.09	0.39
		3	34.03	38.66	4.63	484.99	2030.18	20.30	0.40
							平均值 $\bar{U} =$	20.70	± 0.26

(2)電能和電壓關係圖 (如圖四)



(圖四)

(3)電能和電壓平方關係圖與關係方程式 (如圖五)



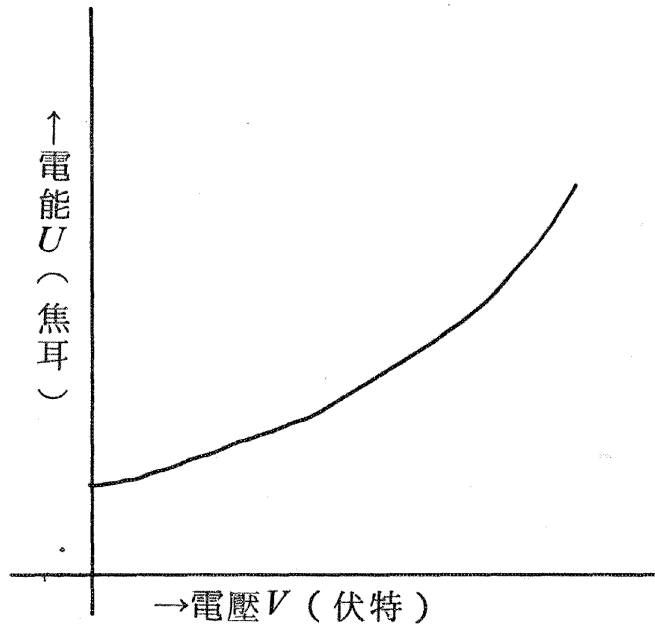
(圖五)

3. $C_s = 10000 \mu F$ $N = 100$ 次 $m = 80$ 克

(1) 不同電壓時，所儲存的電能（如表四）

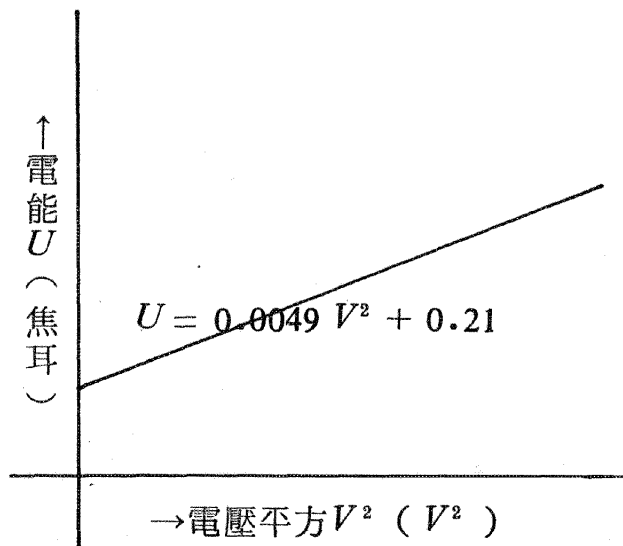
電 壓 V (伏特)	V^2	實驗 次數 n	初 溫 $t_1(^{\circ}C)$	末 溫 $t_2(^{\circ}C)$	溫 度 差 $\Delta t(^{\circ}C)$	總 熱 能 H (卡) = (m + u) $\cdot 1 \cdot \Delta t$	總 電 能 U (焦耳) = 4.186 H	電 能 $U = \frac{U'}{N}$ (焦耳)	電能 \bar{U} 的 偏 差
25.0	625	1	23.45	24.15	0.70	73.32	305.94	3.06	0.23
		2	24.20	15.10	0.80	83.80	350.79	3.51	0.22
		3	25.20	26.04	0.75	78.56	328.86	3.29	0.00
								平均值 $\bar{U} =$	3.29
30.0	900	1	34.30	35.57	1.27	133.03	556.87	5.57	0.79
		2	36.01	37.01	1.00	104.75	438.48	4.38	0.40
		3	37.05	38.05	1.00	104.75	438.48	4.38	0.40
								平均值 $\bar{U} =$	4.78
35.0	1225	1	30.00	31.35	1.35	141.41	591.95	5.91	0.37
		2	31.25	32.65	1.40	146.65	613.88	6.13	0.15
		3	32.75	34.30	1.55	162.36	679.64	6.80	0.52
								平均值 $\bar{U} =$	6.28
40.0	1600	1	26.50	28.32	1.82	190.64	798.04	7.98	0.02
		2	28.35	30.06	1.71	179.12	749.81	7.50	0.50
		3	31.00	32.94	1.94	203.22	850.66	8.51	0.51
								平均值 $\bar{U} =$	8.00
45.0	2025	1	25.50	27.81	2.31	241.97	1012.90	10.13	0.15
		2	28.05	30.30	2.25	235.69	986.59	9.87	0.41
		3	30.50	32.97	2.47	258.73	1083.05	10.83	0.55
								平均值 $\bar{U} =$	10.28
50.0	2500	1	23.94	26.79	2.85	298.54	1249.68	12.50	0.13
		2	27.05	29.88	2.83	296.44	1240.91	12.41	0.04
		3	29.90	32.68	2.78	291.21	1218.98	12.19	0.18
								平均值 $\bar{U} =$	12.37
55.0	3025	1	30.00	33.45	3.45	361.39	1512.78	15.13	0.00
		2	35.50	38.90	3.40	356.15	1490.84	14.91	0.22
		3	39.00	42.50	3.50	366.63	1534.69	15.35	0.22
								平均值 $\bar{U} =$	15.13
60.0	3600	1	32.50	36.50	4.00	419.00	1753.93	17.54	0.48
		2	36.50	40.60	4.10	429.48	1797.78	17.98	0.04
		3	41.00	45.23	4.23	443.09	1854.79	18.55	0.53
								平均值 $\bar{U} =$	18.02
65.0	4225	1	33.06	37.96	4.90	513.28	2148.57	21.49	0.34
		2	37.98	42.80	4.82	504.90	2113.49	21.13	0.02
		3	43.05	47.80	4.75	497.56	2082.80	20.83	0.32
								平均值 $\bar{U} =$	21.15

(2)電能和電壓關係圖（如圖六）



(圖六)

(3)電能和電壓平方關係圖與關係方程式（如圖七）



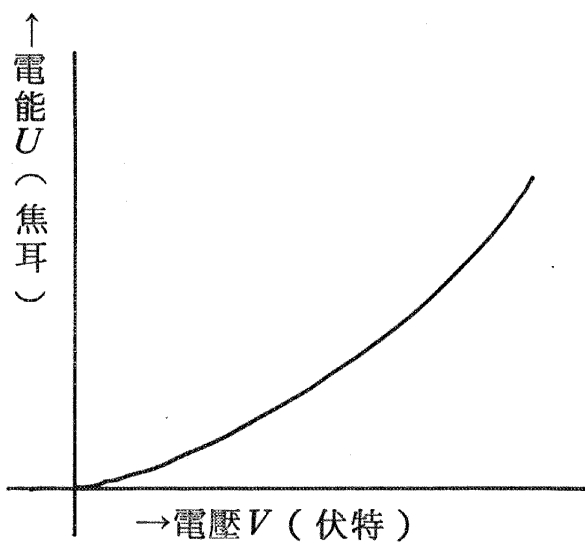
(圖七)

4. $C_4 = 12800 \mu F$ $N = 100$ 次 $m = 80$ 克

(1) 不同電壓時，所儲存的電能（如表五）

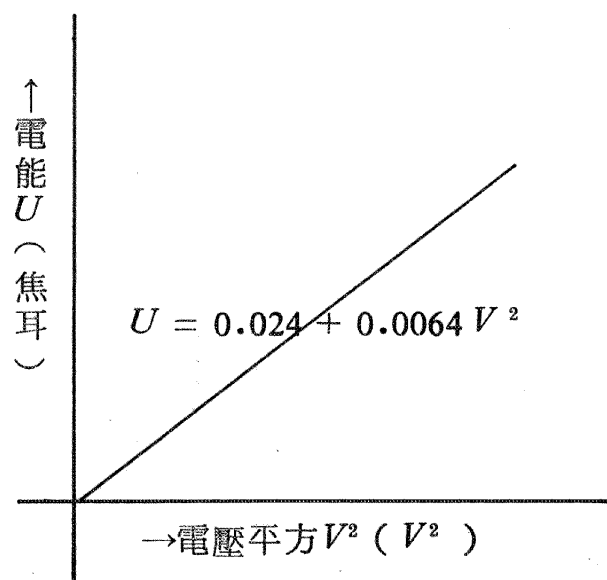
電 壓 V (伏特)	V^2	實驗 次數 n	初 溫 $t_1(^{\circ}C)$	末 溫 $t_2(^{\circ}C)$	溫度差 $\Delta t(^{\circ}C)$	總熱能 H (卡) = (m+u)• l • Δt	總電能 U' (焦耳) = 4.186 H	電 能 $U =$ $\frac{U'}{N}$ (焦耳)	電能U 的偏差
25.0	625	1	28.70	29.61	0.91	95.32	399.01	3.99	0.09
		2	29.80	30.65	0.85	89.04	372.72	3.73	0.35
		3	30.85	31.88	1.03	107.89	451.63	4.52	0.44
							平均值 $\bar{U} =$	4.08	± 0.29
30.0	900	1	23.10	24.41	1.31	137.22	574.40	5.74	0.15
		2	24.50	25.78	1.28	134.08	561.26	5.61	0.28
		3	26.05	27.49	1.44	150.84	631.42	6.31	0.42
							平均值 $\bar{U} =$	5.89	± 0.28
35.0	1225	1	27.30	29.09	1.79	187.50	784.88	7.85	6.08
		2	30.05	31.88	1.83	191.69	802.41	8.02	0.25
		3	32.03	33.73	1.70	178.08	745.44	7.45	0.32
							平均值 $\bar{U} =$	7.77	± 0.22
40.0	1600	1	24.10	26.44	2.34	245.21	1026.07	10.26	0.03
		2	26.50	28.90	2.40	251.40	1052.36	10.52	0.23
		3	29.03	31.33	2.30	240.93	1008.53	10.09	0.20
							平均值 $\bar{U} =$	10.29	± 0.15
45.0	2025	1	43.00	45.95	2.95	309.01	1293.52	12.94	0.10
		2	45.02	47.92	2.90	303.78	1271.62	12.72	0.32
		3	48.05	51.12	3.07	321.58	1346.13	13.46	0.42
							平均值 $\bar{U} =$	13.04	± 0.28
50.0	2500	1	41.40	45.04	3.64	381.29	1596.08	15.96	0.10
		2	45.50	48.88	3.38	354.06	1482.07	14.82	1.24
		3	49.03	53.00	3.97	415.86	1740.78	17.41	1.35
							平均值 $\bar{U} =$	16.06	± 0.90
55.0	3025	1	38.70	43.11	4.41	461.95	1933.71	19.34	0.16
		2	43.50	47.78	4.28	448.33	1876.71	18.77	0.73
		3	47.80	52.45	4.65	487.09	2038.95	20.39	0.89
							平均值 $\bar{U} =$	19.50	± 0.59
60.0	3600	1	36.00	41.25	5.25	549.94	2302.04	23.02	0.34
		2	41.30	46.73	5.43	568.79	2380.94	23.81	0.45
		3	46.80	52.10	5.30	555.18	2323.96	23.24	0.12
							平均值 $\bar{U} =$	23.36	± 0.30
65.0	4225	1	31.20	37.36	6.16	645.26	2701.06	27.01	0.60
		2	37.40	43.48	6.08	636.88	2665.98	26.66	0.41
		3	43.50	49.78	6.28	657.83	2753.68	27.54	0.47
							平均值 $\bar{U} =$	27.07	± 0.49

(2)電能和電壓關係圖（如圖八）



(圖八)

(3)電能和電壓平方關係圖與關係方程式（如圖九）



(圖九)

3. 電壓一定時，電容器所儲存的電能和電容量的關係：

(1) 電壓一定時，各種電容器的電能：(如表六)

電壓 V (伏特)	電容 C (微法拉)	實驗 次數 n	初溫 $t_1(^{\circ}\text{C})$	末溫 $t_2(^{\circ}\text{C})$	溫度差 $t(^{\circ}\text{C})$	總熱量 $H = (\text{卡})$ $= (m+u)$ t	總電能 U' (焦耳)	電能 $= \frac{U'}{N}$ U (焦耳)	平均值 \bar{U} 偏差
25	C_1	1	31.70	32.49	0.79	82.75	346.40	3.46	0.58
		2	33.00	33.55	0.55	57.61	241.17	2.41	0.47
		3	31.47	32.10	0.63	65.99	276.23	2.76	0.12
								平均值 $\bar{U} =$	2.88
	C_2	1	34.20	34.85	0.65	68.09	285.01	2.85	0.06
		2	34.87	35.55	0.68	71.23	298.17	2.98	0.07
		3	32.90	33.56	0.66	69.14	289.40	2.89	0.02
								平均值 $\bar{U} =$	2.91
	C_3	1	24.20	25.00	0.80	83.80	350.79	3.51	0.22
		2	25.20	25.95	0.75	78.56	328.86	3.29	0.00
		3	23.45	24.15	0.70	73.32	305.94	3.06	0.23
								平均值 $\bar{U} =$	3.29
	C_4	1	29.80	30.65	0.85	89.04	372.72	3.73	0.35
		2	30.85	31.88	1.03	107.89	451.63	4.52	0.44
		3	28.70	29.61	0.91	95.32	399.01	3.99	0.09
								平均值 $\bar{U} =$	4.08
30	C_1	1	34.00	34.95	0.95	99.51	416.56	4.17	0.07
		2	34.95	35.95	1.00	104.75	438.48	4.38	0.14
		3	33.00	33.95	0.95	99.51	416.56	4.17	0.07
								平均值 $\bar{U} =$	4.24
	C_2	1	26.55	27.70	1.15	120.46	504.26	5.04	0.34
		2	28.00	29.05	1.05	109.99	460.41	4.60	0.10
		3	25.50	26.52	1.02	106.85	446.25	4.46	0.23
								平均值 $\bar{U} =$	4.70
	C_3	1	36.01	37.01	1.00	104.75	438.48	4.38	0.40
		2	36.05	38.05	1.00	104.75	438.48	4.38	0.40
		3	34.30	35.57	1.27	133.75	556.87	5.57	0.79
								平均值 $\bar{U} =$	4.78
	C_4	1	24.50	25.78	1.28	134.08	561.26	5.61	0.28
		2	26.05	27.49	1.44	150.84	631.42	6.31	0.42
		3	23.10	24.41	1.31	137.22	574.40	5.74	0.15
								平均值 $\bar{U} =$	5.89

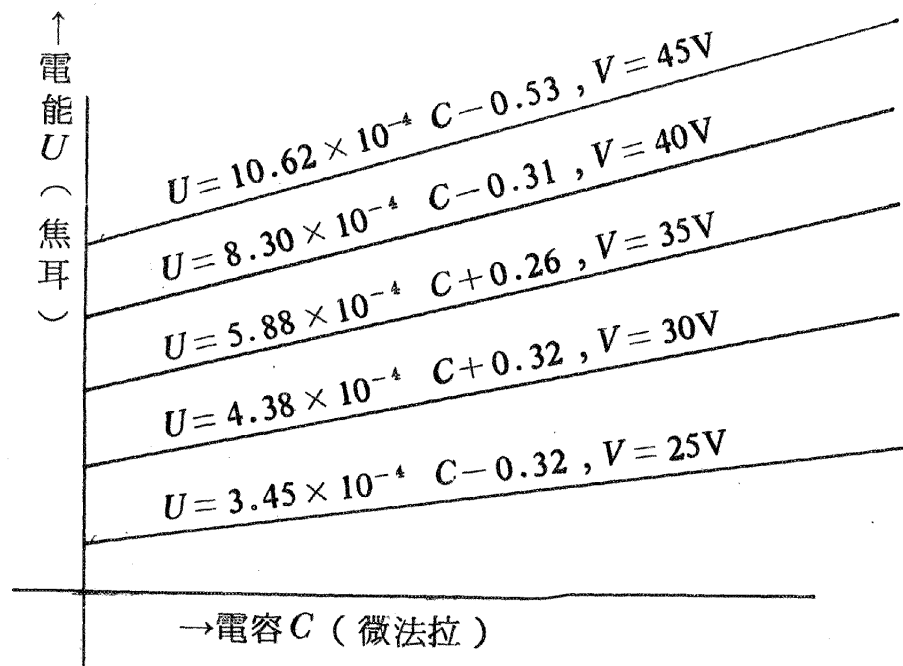
電壓V (伏特)	電容C (微法拉)	實驗次 數n	初溫 $t_1(^{\circ}\text{C})$	末溫 $t_2(^{\circ}\text{C})$	溫度差 $\Delta t(^{\circ}\text{C})$	總熱量 H(卡)	總熱能 U' (焦耳)	電能 U(焦耳)	平均值 \bar{U} 的偏差
35	C_1	1	33.70	35.01	1.31	137.22	574.41	5.74	0.04
		2	35.05	36.35	1.30	136.18	570.03	5.70	0.00
		3	32.30	33.59	1.29	135.13	565.64	5.66	0.04
								平均值 $\bar{U} =$	5.70
	C_2	1	35.61	36.83	1.22	127.80	534.95	5.35	0.57
		2	37.00	38.36	1.36	142.46	596.38	5.96	0.04
		3	34.14	35.61	1.47	153.98	644.57	6.45	0.53
								平均值 $\bar{U} =$	5.92
	C_3	1	31.25	32.65	1.40	146.65	613.88	6.14	0.15
		2	32.75	34.30	1.55	162.36	679.64	6.80	0.52
		3	30.00	31.35	1.35	141.41	591.95	5.92	0.37
								平均值 $\bar{U} =$	6.28
C_4	1	30.05	31.88	1.83	191.69	802.41	8.02	0.25	
	2	32.03	33.73	1.70	178.08	745.44	7.45	0.32	
	3	27.30	29.09	1.79	187.50	784.88	7.85	0.08	
							平均值 $\bar{U} =$	7.77	± 0.22
40	C_1	1	33.30	34.99	1.69	177.03	741.04	7.41	0.13
		2	35.00	35.59	1.59	166.55	697.19	6.97	0.31
		3	31.10	32.80	1.70	178.08	745.44	7.45	0.17
								平均值 $\bar{U} =$	7.28
	C_2	1	31.05	33.24	2.19	229.40	960.28	9.60	1.64
		2	33.50	35.28	1.78	186.46	780.50	7.81	0.16
		3	29.32	30.70	1.38	155.03	648.96	6.49	1.47
								平均值 $\bar{U} =$	7.96
	C_3	1	28.35	30.06	1.71	179.12	749.81	7.50	0.50
		2	31.00	30.94	1.94	203.22	850.66	8.51	0.51
		3	26.50	28.32	1.82	190.64	798.04	7.98	0.02
								平均值 $\bar{U} =$	8.00
C_4	1	26.50	28.90	2.40	251.40	1052.36	10.52	0.23	
	2	29.03	31.33	2.30	240.93	1008.53	10.09	0.20	
	3	24.10	26.44	2.34	245.12	1026.07	10.26	0.03	
							平均值 $\bar{U} =$	10.29	± 0.15
45	C_1	1	32.80	34.76	1.96	205.31	859.43	8.59	0.66
		2	35.00	37.23	2.23	233.60	977.82	9.78	0.53
		3	29.00	31.14	2.14	224.17	938.35	9.38	0.13
								平均值 $\bar{U} =$	9.25
	C_2	1	31.40	33.65	2.25	235.69	986.59	9.87	0.04
		2	30.65	32.95	2.30	240.92	1008.51	10.09	0.26
		3	29.05	31.22	2.17	227.31	951.51	9.52	0.31
								平均值 $\bar{U} =$	9.83
	C_3	1	28.05	30.30	2.25	235.69	986.59	9.87	0.41
		2	30.50	32.97	2.47	258.73	1038.05	10.38	0.10
		3	25.50	27.81	2.31	241.97	1012.90	10.13	0.15
								平均值 $\bar{U} =$	10.28
C_4	1	45.02	47.92	2.90	303.78	1271.62	12.72	0.32	
	2	48.05	51.12	3.07	321.58	1346.13	13.46	0.42	
	3	43.00	45.95	2.95	309.01	1293.52	12.94	0.10	
							平均值 $\bar{U} =$	13.04	± 0.28

(2)不同電壓時，不同的電容器的電能和電容量之關係表（表七）

電容 C (μF) \diagdown	(V)電壓 V \diagup	25 V	30 V	35 V	40 V	45 V
9300	電能 U (J)	2.88	4.24	5.70	7.28	9.25
9800		2.91	4.70	5.92	7.96	9.83
10000		3.29	4.78	6.28	8.00	10.28
12800		4.08	5.89	7.77	10.29	13.04

V (伏特), U (焦耳), C (微法拉)

(3)不同電壓時，不同的電容器的電能和電容量之關係圖與關係方程式（如圖十）



(圖十)

七、討論與結論

1 因電容器可將強大的電場限於小容積內，故可作為儲存能量的有用器具。

2 電容量太小時，所含的電能亦很小，水溫升高度數太小，較不易測出所含的電能。

3 無極性電容器的電容量較小，不易測出電能故用有極性的電解電容器，較易作此實驗唯使用時，須注意線路中的電流方向，避免將電解電容器正負極反接，以策安全，同時須注意其耐壓伏特，以避免電壓超過。

4 用熱電偶溫度計以代替普通溫度計，可更減少熱量的漏失，減少實驗偏差。

5 產生實驗偏差的原因是電容器的電容量大小本身有偏差及有些微電能耗於伏特計。

6 平常實用上使用過之電容器，必需使其放電後再用。

7 若將具有某一電容的二導體連接到直流電源上，則導體便充電到電位差與電源電動勢相等，是以，電容越大，導體上所聚積的電荷就越大。

8 想像外物自正板拉出電子並推向負板，而使電荷分開，是為充電所需之功，通常由電池消耗其所儲之化學能作功以充電。

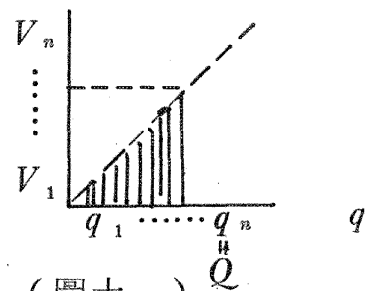
9 理論上，導體荷電量為 q 時，其電位為 V ，則導體所具有的電位能為

$$\begin{aligned} U = W &= q_1 V_1 + q_2 V_2 + \dots + q_n V_n \\ &= \frac{1}{2} QV \\ &= \frac{1}{2} CV \cdot V = \frac{1}{2} CV^2 \end{aligned}$$

與本實驗結果相合。

10. 本實驗線路中，若加一穩壓二極體，實驗結果會更加準確。

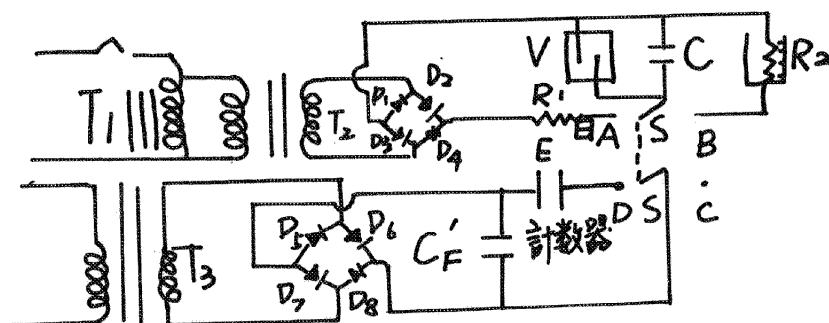
11. 充電或放電時間 t' 甚大於電容時間常數 t ($= RC$) 時就實際情形言



(圖十一)

，電容器已完全充電或放電，所以實驗時，雙刀雙切開關 S 停留於 A 或 B 的時間皆以節拍器為定時依據，而節拍器的週期大於伏特計的指針至所需刻度的時間。

12. 本實驗線路的設計，在實驗操作期間，曾不斷地改進，解決所遭遇的種種問題，最後在計數器的線路中因所使用的直流電源供應器，最高僅為 20 V ，且相當笨重，攜帶不便，故又再度改以變壓器、二極體、電容器等取代直流電源供應器。（如下圖十二，照片 9）



(圖十二)

13. 本實驗設計線路，由熱能的測出推導電容器所儲存的電能與電壓的平方成正比，其斜率約等於 $\frac{1}{2}C$ （如圖三、圖五、圖七、圖九）。

即 $U = \frac{1}{2}CV^2$ （此為電能、電壓、電容的關係式）

14. 電容量愈大，電容器儲存的電能亦愈大。（如圖十）

15. 利用本實驗裝置，由量熱計溫度升高的度數，亦可測知電容器的未知電容值。

16. 若電容器是與交流電動勢電源相連接，則電位差亦將與交流電動勢作同樣變化，導體上電荷亦將相應地發生變化，而且變化的還不是其大小，其符號亦將發生變化，即是說，電荷將忽而流向導體，忽而又從導體流出去，這就說明，電路內時時刻刻都將有交流電在流通著，如果用的是直流電勢，則只有當它與導體接通的瞬間，導體電位差尚未等於電動勢時，才有電荷流入於導體，此後，電路內的電流便停止了，換句話說，經過電容可以通過交流電流，但不能通過直流電流。

17. 電容器與其他裝置聯合可用以減少電源中之電壓漲落等，若無

電容器即不會有電子時代，故電容器是極為有用之物，對工程師及物理學家均甚重要。

八、參考資料

1. 物理學基本原理 王唯農等譯 東華書局
2. 高等物理學實驗 王曦晨 著 中華書局
3. 物理大辭典 人文出版社
4. 中山自然科學大辭典(物理科)
5. 電磁學 官德樣等譯 徐氏基金會
6. Data Reduction and Error Analysis for the physical Sciences, Bevington .
7. 新標準高工實用電工大意 卜文著 大業出版社

評語：

優點：實驗設計考慮再延在實驗過程中力求改進缺點，具科學精神，又學生現場表達清楚。

缺點：討論不夠完整並略嫌無系統。