

Date of Lab _____

Date of Submission 4/9

Physics Laboratory Report

Author Class 12-F Name Ikki Mitsumata

Title コンデンサーを使った実験

Co-workers Hirokazu Taniguchi

Summary

平行板コンデンサーや（この範囲の方かな）もコンデンサー
を使って、様々な角度から実験を行うことで
コンデンサーについて理解を深めた。

Teacher's Comment 実験値と計算値を比較し、その差を定量的に表現した
点はとても良い。
誘電体使用や充電実験でもそのための考察が欲しかった。
Tokei

- * レポートは、日本語あるいは英語で記載すること。
- * この用紙をレポートの表紙として使うこと。
- * 実験日から一週間目にあたる日か、それ以前に提出すること。

序：

目的

「平行板コンデンサーについて理解する。」

「コンデンサーについて理解する。」

理論：

「 Q （電気量） $=C$ （電気容量） $\times V$ （電圧）」

「 C （平行板のコンデンサーの電気容量） $=\epsilon_0$ （真空の誘電率 $\approx 8.85 \times 10^{-12}$ ） $\times S$ （平行板の重なっている面積） $/d$ （平行板の間隔）」

「 C （コンデンサーの電気容量） $=\epsilon$ （物質の誘電率） $\times S$ （平行板の重なっている面積） $/d$ （平行板の間隔）」

「 C （並列時の合成電気容量） $=C_1$ （一つ目のコンデンサーの電気容量） $+C_2$ （二つ目のコンデンサーの電気容量） $+\dots$ 」

「 C （直列時の合成電気容量） $=1/C_1$ （一つ目のコンデンサーの電気容量） $+1/C_2$ （二つ目のコンデンサーの電気容量） $+\dots$ 」

実験：

使用器具

- 平行板コンデンサー
- 紙
- ガラス
- プラスチック板
- 電流計
- 電圧計
- 抵抗
- $1000\mu F \sim 2000\mu F$ のコンデンサー

今回の実験では大きく分けて平行板コンデンサーを使ったものと平行板ではない $1000\mu F \sim 2000\mu F$ のコンデンサーを使ったものの2種類の異なった実験を行ったといえるので、第一部と第二部に分けて全体の実験について報告することにする。

第一部

実験1

実験方法

平行板の間隔は固定し、重なっている面積のズレが全くない状態で始めて、(25×5)cm² ずつズレを作っていくことでできる電気容量の変化から、平行板の重なっている面積と電気容量の関係性について調べる。

結果

重なっている面積 (cm ²)	間隔 (mm)	電圧 (V)	電気容量 (PF)	計算による電気容量の値 (PF)
25×25 (初期状態)	3	1.36	210	184
25×20 (5cm ズレ)	3	1.12	178	148
25×15 (10cm ズレ)	3	0.89	141	111
25×10 (15cm ズレ)	3	0.62	102	73.8
25×5 (20cm ズレ)	3	0.39	60.0	36.9
25×0 (25cm ズレ)	3	0.11	18.0	0

考察

25cm ずらした状態では、平行板の重なっている面積は 0cm にも関わらず、電気容量の値が 0F にはならなかった。これは浮遊容量の作用だと見られる。

$C = \epsilon^0 \times S/d$ における重なっている面積と電気容量の比例の関係はある程度、成り立っていると考えられる。

実験2

実験方法

平行板の重なっている面積は固定し、平行板の間隔が 3mm の状態で始めて、さらに 3mm ずつ間隔を拡げていくことでできる電気容量の変化から、平行板の間隔の距離と電気容量の関係性について調べる。

結果

間隔 (mm)	重なっている面積 (cm ²)	電圧 (V)	電気容量 (PF)	計算による電気容量の値 (PF)
3(初期状態)	25×25	1.36	210	184
3×2	25×25	0.74	120	92.2
3×3	25×25	0.51	86.0	61.5
3×4	25×25	0.41	69.0	46.1
3×5	25×25	0.34	59.0	36.9

考察

初期状態での電気容量が計算値と多少ずれているのは、実験 1 と同様、浮遊容量の作用が原因だと思われる。しかし、 $C = E^0 \times S/d$ における間隔と電気容量の反比例の関係は、ある程度正確に作用したと思う。

実験 3

実験方法

平行板の重なっている面積と平行板の間隔は固定した上で、二枚の平行板の間に特定の物質をはさむことで、電気容量にどのような影響を与えるかを調べる。

結果

平行板間の物質名	間隔 (mm)	重なっている面積 (cm ²)	電圧 (V)	電気容量 (PF)
ガラス	3	25×25	0.41	760
紙	3	25×25	1.67	290
プラスチック板	3	25×25	2.6	490

考察

どの物質の場合も実験 1, 2 でやったときより電気容量が大幅に上がっていた。これは、それらの物質の誘電率が真空の誘電率よりも大きかったことに起因すると考えられる。特にガラスの誘電率は相当大きく、紙はそれほどでもないことが分かった。

実験 4

実験方法

二組の平行板コンデンサーを並列に接続し、合成されたコンデンサーはどれほどの電気容量を持つか調べる。その後、理論値と比べてみる。

結果

実験 1、2 で使った平行板コンデンサー二組を初期状態（重なった面積 = $25 \times 25 \text{cm}^2$ 、間隔 = 3mm ）で並列につないだときの合成電気容量は、 219pF だった。

理論値 $\rightarrow C = C_1 + C_2 \rightarrow C = 184 + 184 = 368 \text{pF}$

誤差 = $[(368 - 219) / 368] \times 100\% = 40\%$

実験 5

実験方法

二組の平行板コンデンサーを直列に接続し、合成されたコンデンサーはどれほどの電気容量を持つか調べる。その後、理論値と比べてみる。

結果

実験 1、2 で使った平行板コンデンサー二組を初期状態（重なった面積 = $25 \times 25 \text{cm}^2$ 、間隔 = 3mm ）で並列につないだときの合成電気容量は、 120pF だった。

理論値 $\rightarrow 1/C = 1/C_1 + 1/C_2 \rightarrow 1/C = 1/184 + 1/184 \rightarrow C = 92 \text{pF}$

誤差 = $[(120 - 92) / 120] \times 100\% = 23\%$

実験 4、5 の考察

実験 4、5 ともかなり大きな誤差が生じてしまった。これには、浮遊容量や、測定機の不具合など、様々な原因が挙げられるが、一貫して言えることは、並列の方が、直列よりも大きな電気容量を持つ、ということである。これは、実験値からも理論値からも推測できる。

第二部一

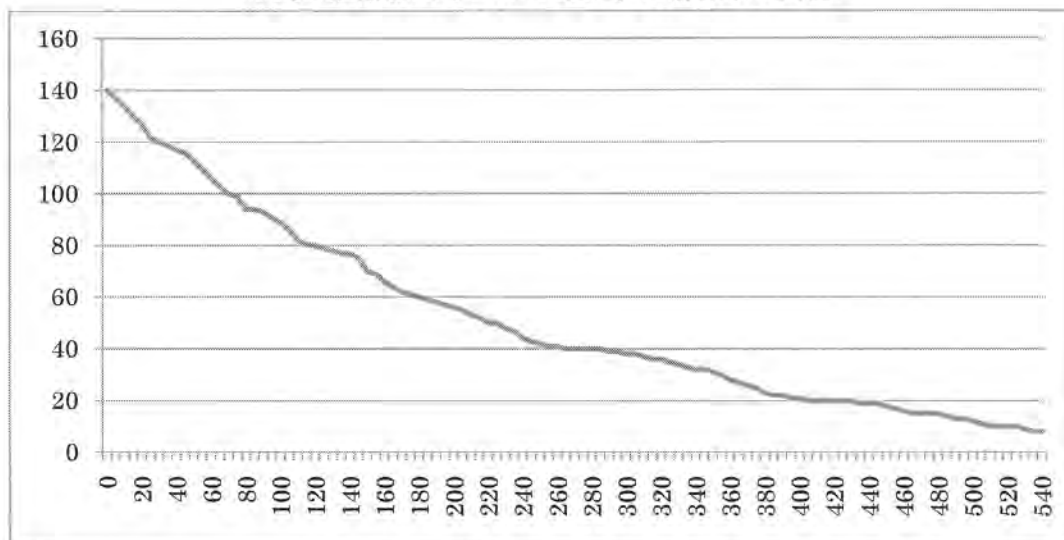
実験方法

回路につないだコンデンサーを充電し、充電が終わったらその時点での電流と電圧の値を測る。その後コンデンサーから放電させ、5秒ごとに電流と電圧の値を測る。そこから、時間の経過と電流の値の関係を調べる。

結果

抵抗は 98.6Ω 、電圧は $14.8V$ で一定だった。

時間 s (横軸) に対しての電流 μA (縦軸) の変化



$$Q = \Delta t(I^0/2 + I^1 + I^2 + \dots + I^{\text{final}}/2) \leftarrow \text{上グラフの面積}$$
$$= 5s \times (140\mu A/2 + 137\mu A + \dots + 8\mu A/2) 10^{-6} = 27815 \times 10^{-6} C$$

$$Q = CV$$

$$\rightarrow C = 27815 \times 10^{-6} C / 14.8V = 1879\mu F$$

考察

計算で出された値は、前提として出されていた $1000\mu F \sim 2000\mu F$ という条件に乗っ取っていたため、理論と実験が合致した。よって、 $I-t$ グラフの面積は、電荷量 C に等しいと予想される。

感想：

今回は、大きく分けて 2 種類の実験を行い、別々のアプローチからコンデンサーを分析したので、とてもやりがいのある実験だったと思います。そして、様々な観点からコンデンサーに触れたので、コンデンサーについて、相当深く理解できたと思います。第Ⅱ部の実験では、「 $I-t$ グラフの面積 = 電荷量 C 」などという深い理論を実験で正確に確かめられたのでよかったと思いました。

Date of Lab _____

Date of Submission 4/8

Physics Laboratory Report

Author Class 12-E Name Ikki Mitsumata

Title Measuring EMF and Internal Resistance

Co-workers Hirokazu Takemura

Summary

オーム抵抗と起電力を含んだ回路を調べることで
 $V-I$ の関係を書き出し、起電力と内部抵抗について
理解した。

Teacher's Comment 良い実験と解析である

Tohei

- * レポートは、日本語あるいは英語で記載すること。
- * この用紙をレポートの表紙として使うこと。
- * 実験日から一週間目にあたる日か、それ以前に提出すること。

序：

目的

「起電力と内部抵抗について理解する。」

理論：

「 $V(\text{電圧降下}) = I(\text{電流})R(\text{抵抗})$ 」 ← オームの法則

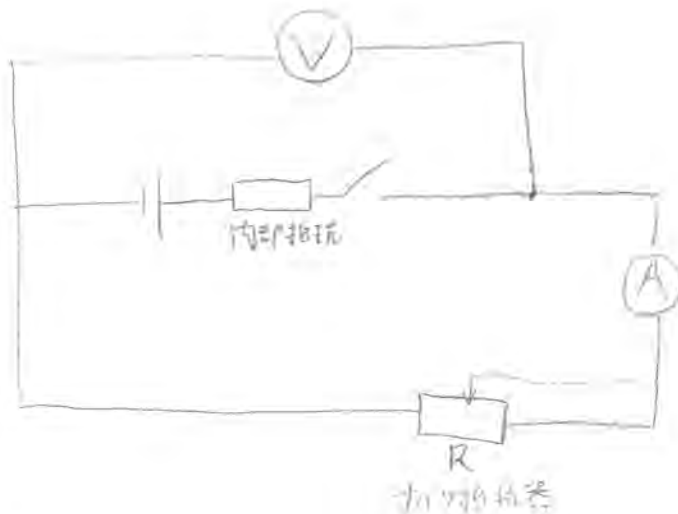
「 $V(\text{電圧}) = E(\text{初電圧}) - \overset{\text{内部}}{R}(\text{抵抗})I(\text{電流})$ 」

実験：

使用器具

- 乾電池
- すべり抵抗器
- 電圧計
- 電流計
- スイッチ

回路

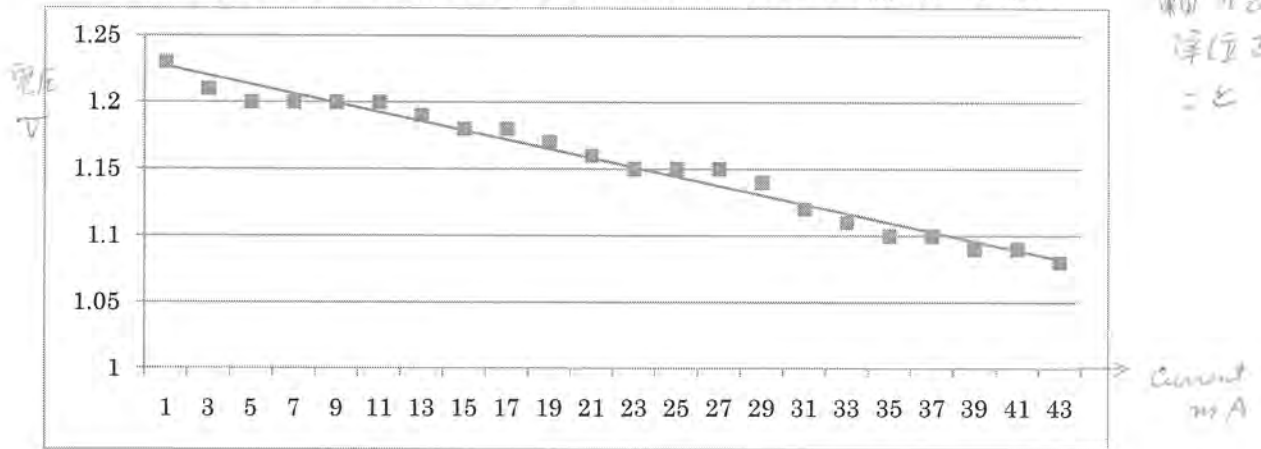


実験方法

上の図のように配線し、スイッチを開いたまま、すべり抵抗器の抵抗値を少しずつ小さくしていく。それによって電流値を変化させて、電流と電圧を測定する。測定をする時のみスイッチを閉じて短時間で行うことに注意する。

結果

電流 mA(横軸)を 2mA ずつ増加していったときの電圧 V(縦軸)の変化



$$V = E - rI \rightarrow r = (E - V) / I$$

初電圧 $E = 1.24V$

電流(mA)	電圧(V)	内部抵抗(Ω)	電流(mA)	電圧(V)	内部抵抗(Ω)
1	1.23	10.0	37	1.10	3.78
3	1.21	10.0	39	1.09	3.8
5	1.2	8.00	41	1.09	3.66
7	1.2	5.71	43	1.08	3.72
9	1.2	4.44			
11	1.2	3.64			
13	1.19	3.85			
15	1.18	4.00			
17	1.18	3.53			
19	1.17	3.68			
21	1.16	3.81			
23	1.15	3.91			
25	1.15	3.60			
27	1.15	3.33			
29	1.14	3.45			
31	1.12	3.87			
33	1.11	3.94			
35	1.10	4.00			

このように内部抵抗の値を
表示してあげる。

このように内部抵抗はいろいろと
変動しているのだろうか？

つまり $\frac{E-V}{I}$ のグラフを描く。

・ $\frac{E-V}{I}$ 式 I の値を代入して求めた値を
傾斜にする。

考察

1. 内部抵抗があるため、 V は段々下がり、グラフは右肩下がりの形になる。
2. $V-I$ グラフより、 $I=0$ のときは $E \approx 1.24V$ と推測できる。
3. $V = \frac{250}{43} I$, オームの法則 $V = IR$ により、 R と I は反比例して V は一定であるはずだが、1. で示した理由によつて V が段々下がる
4. 測定をする時のみスイッチを閉じて短時間で行うことに注意しなければならないのは、スイッチを入れておくと、電圧がどんどん下がってしまい、正確な実験値を出すことができなくなってしまうからだと考えられる。
5. 起電力は端子電圧よりも大きくなる。
なぜなら端子電圧は内部抵抗によって電圧降下が起こってしまうから。

感想：

今回の実験では、 V と I の関係をグラフに表し、わすれておきか電圧降下を計測することによって、乾電池の内部抵抗の存在に感じることができた。

そして、 $V-I$ グラフに示された電圧降下の事実から端子電圧は起電力より低くなることが分かった。

これは実際は当然のことであり、どんな物でも^{内部}抵抗を含んでいるためその電圧降下分、端子電圧は低くなってしまうということを実験を通して理解することができて良かったと思う。