

このレポートは一種類の実験ではデータの偏りがあると考えて、二種類の実験を行い、それぞれの実験で出た値を比較して正確性を高めようとしたものです。ひとつは抵抗を使うことによるエネルギーの消費による電流値と電圧の変化から、もうひとつは発生したエネルギーをコンデンサに移動させ、移動させた先から電圧、電流値を求め、最終的に総量を計算しています。~~三人~~の共同研究者とともに二人試行錯誤し考えた結果、過程、結論があります。このレポートの見どころは、どちらの方法も結果を出すためにグラフ、図、表を多数用いてわかりやすくし、結論も重要な部分だけを扱って短くし、素人の人でもわかるようなものにしました。近年のレポートには「再現性」、「論理性」が求められていると思うので、なるべく再現しやすいように記述しています。

これを読んだ人がこの実験を再現してやってみたいと思うようなレポートになっていればと思っています。

I. 実験の目的

単3乾電池1本から得られるエネルギーの総量を求める。そのために二つの実験方法を用い比較して、正確な値を求めだし、ジュール[J]に換算する。

実験①

⇒抵抗器を回路に組み込み、エネルギーを消費させる。
内部抵抗を考えできるだけ早く電池を消費させるために、抵抗はできるだけ 0.5Ω に近づけた。

実験②

⇒コンデンサの特性を利用し、エネルギーを乾電池から移動させその移動した量を計算する。
小さいコンデンサを用い、急速充電・放電を行った。

II. 実験手法

● 実験①について

⇒抵抗器を用いて電流を流し、エネルギーを消費する方法
用意するもの：電流計、テスタ、ストップウォッチ、 2Ω セメント抵抗器×4、導線、単3乾電池1本

● 実験手順

1. まず単3乾電池一本の内部抵抗を測定する。乾電池 5 個それぞれについての内部抵抗 r (Ω)の値を測定し、平均値を計算する。

与式：

$$\text{電池の端子電圧 } V(V) = \text{起電力 } E(V) - \text{内部抵抗 } r(\Omega) \times \text{電流 } I(A)$$

内部電圧の測定

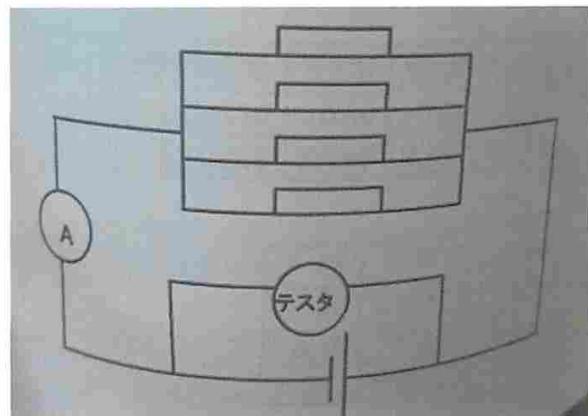
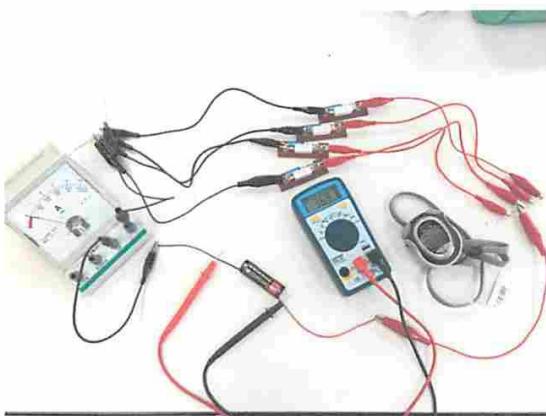
	V	E	I	r
1回目	1.135	1.534	0.5	0.798
2回目	1.238	1.465	0.5	0.454
3回目	1.387	1.588	0.5	0.402
4回目	1.444	1.652	0.5	0.416
5回目	1.315	1.548	0.5	0.466

5回分の測定値の平均値をだすと、 $\approx 0.5\Omega$

ゆえに内部抵抗は 0.5Ω と考えることが出来る。

2. 内部抵抗が 0.5Ω より、 2Ω セメント抵抗を4本並列につなぎ、 0.5Ω 回路を作る。乾電池の端子電圧(V)と回路内の電流値(A)を5分毎に測定し、m-V、m-A、m-VAのグラフを作る。

回路例



● 原理

抵抗に電流を流すためにエネルギーを使用する。

電流、電圧の変化を記録し、Wを導いてから、Jに換算する。

● 実験②について

⇒コンデンサへ電池のエネルギーを移動させ、移動した量からエネルギー総量を求める。

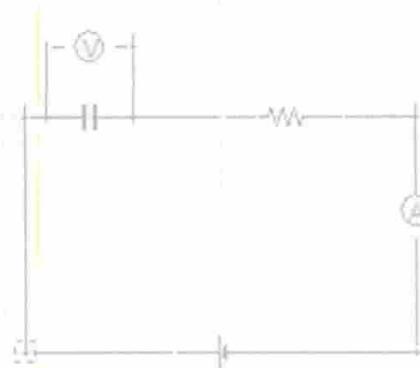
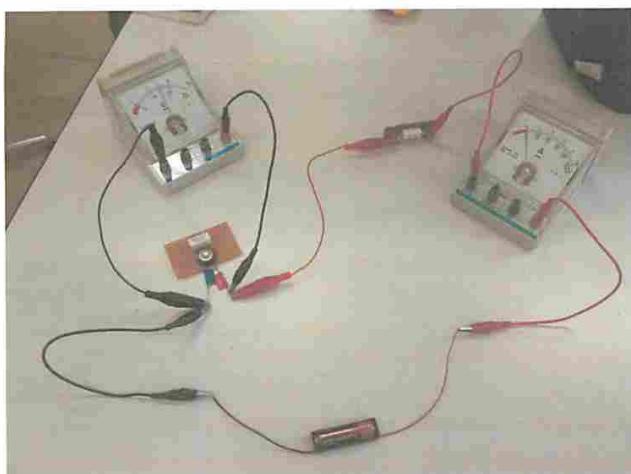
用意するもの：電圧計、電流計、ストップウォッチ、単3乾電池

コンデンサ（今回は耐電圧5.5V、1.0F）

2Ωセメント抵抗器×1

● 実験手順

1. 回路を次項の図のようにつなぐ。↓



2. コンデンサの充電過程において、充電開始から 10 秒ごとの電流値の値を記録し、縦軸が電流値、横軸が時間のグラフを作る。
3. 充電が終わったら、コンデンサの電圧を測る。
4. グラフの曲線、縦軸、横軸に囲まれた面積をQ、コンデンサの電圧をVとし、 $1/2QV=U$ に代入し、エネルギーを出す。
5. 放電し、2から4までの作業を電圧が0になるまで繰り返す。

● 原理

コンデンサには電源の1/2のエネルギーを充電できるという特性があり、それを利用する。

III. 実験結果

実験①より

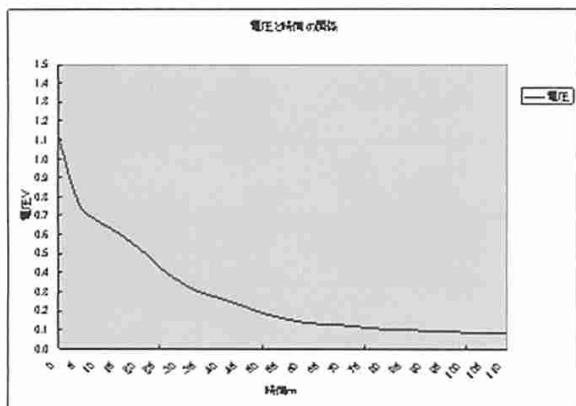
m	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
V	1.115	0.761	0.665	0.602	0.524	0.426	0.350	0.296	0.262	0.227	0.186	0.160	0.140
A	1.30	0.96	0.86	0.76	0.66	0.53	0.45	0.40	0.31	0.30	0.21	0.20	0.19
VA	1.450	0.731	0.572	0.458	0.346	0.226	0.158	0.118	0.081	0.068	0.039	0.032	0.027

	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
電圧	0.126	0.123	0.111	0.104	0.098	0.097	0.093	0.089	0.085	0.082
電流	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
VA	0.023	0.018	0.014	0.012	0.011	0.011	0.009	0.009	0.009	0.008

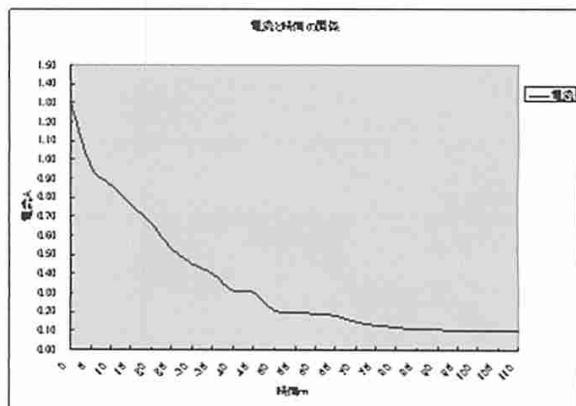
という測定結果が得られた。

グラフにすると

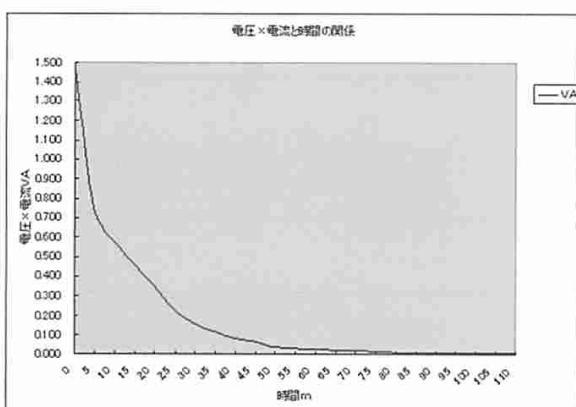
$m - V$



$m - A$



かけ合わせて $m - VA$ は



となる。

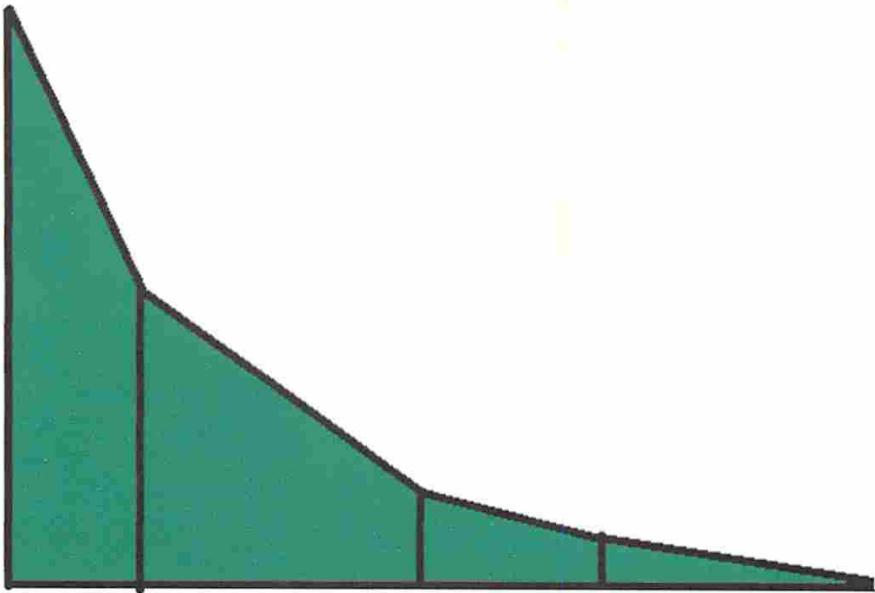
のことより、電流、電圧ともに同じように減少していっている。

ワット(W) = $V \times A$ 、ジュール(J) = $W \times S$ この2つより $m - VA$

グラフの曲線と横軸、縦軸に囲まれた面積がJとなる。

面積を台形と三角形にわけて近似値を求めだす。

(Ex)



$$\begin{aligned} & \{(1.450+0.731) \times 0.5 \times (5 \times 60)\} + \{(0.731+0.158) \times 0.5 \times (30 \times \\ & 60)\} + \{0.158+0.039\} \times 0.5 \times (20 \times 60) + \{0.039 \times 0.5 \times (60 \times 60) \\ & = 1182.3 \end{aligned}$$

ゆえにエネルギー総量は 1182.3J となる。

実験②より

充電→放電のサイクルを繰り返すのは莫大な時間がかかると予想でき
たので、数回実験を行い、電圧の減少の割合を導きだし、計算すること
にした。実験の結果、一回のサイクルで 0.003V の割合で電圧が減少
しているとわかったので、電池の起電力を 1.6V とすると

$$1.6 \div 0.003 \approx 533 \text{ となる。}$$

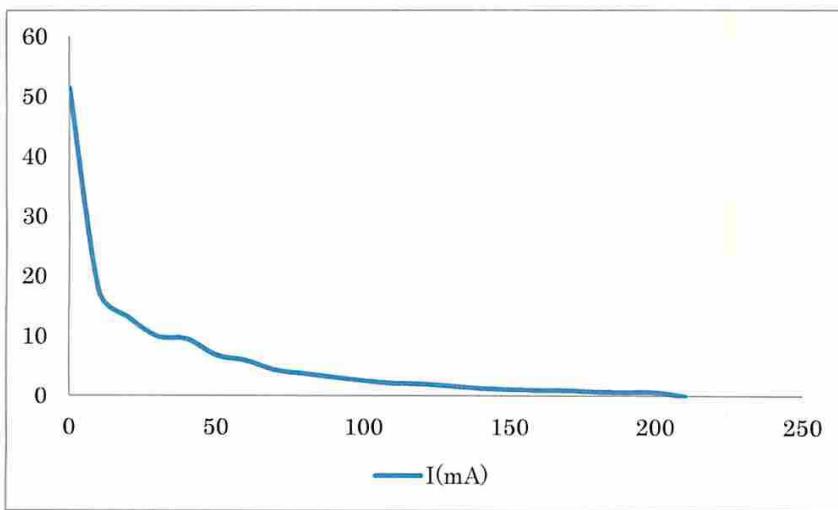
ゆえに 533 回でエネルギーをすべて消費すると予想できる。

電流値の変化も平均で計算を行うことにした。

10秒ごとの電流値(mA)の平均を表に表すと、

51.4	17.6	13.2	9.97	9.95	6.87	6.00
4.37	3.76	3.15	2.59	2.14	2.02	1.67
1.32	1.12	0.98	0.93	0.74	0.66	0.644

となり、グラフに表すと↓



となる。

グラフの曲線と縦軸、横軸に囲まれた面積が Q (C)となるので、

実験①と同じように図形に分けると、 1151.167 (C)となり電流値が mAのため $\div 1000$ をして、 $Q = 1.15$ (C)となる。コンデンサへは電源の半分のエネルギーがジュール熱としてでていってしまうので、コンデンサがためたエネルギー U (J) = $QV/2$ の値を2倍すると電池のエネルギーが出る。

電池の起電力を $1.6V$ とすると実験より一回のサイクルで $0.003V$ ずつ減っていくことはわかっているので式に直すと

$$\Rightarrow 1.15 \times 1/2 \times 533 \times \{2 \times 1.6 + (533 - 1) \times 0.003\} \\ = 1469.85 \text{ となる}$$

ゆえに総量は約1469.9Jとなる

IV. 実験・結果に対する考察

実験①について、

乾電池の内部抵抗をかんがえ、電流の速さを上げることにより、時間が大幅に短縮できた様子だ。セメントの抵抗を使うことよりにできるだけ発熱を抑えられた点もいいと思う。

結果については、グラフは教科書等でしらべた形に近づいたので良かったと思う。

実験②について、

コンデンサの実験は定理を利用してすることで正確な値が導き出せるだろうと思う。しかし蓄電量が小さいものを使用したことにより、サイクルのスピードは速いが、電池の電圧がなかなか下がらなかった。

上を踏まえて容量の大きいコンデンサにするとサイクルに時間がかかるてしまうのが難点になってしまう。次回、そういうことも考えていきたい。

実験①・②を二つ踏まえていうと、

1182.3Jと1469.9Jという値を導いた。

V. 結論

この二つの実験にはそれぞれ、少なからず発熱などの余分なエネルギー消失が見受けられるので、二つの実験の結果の平均の値を今回のテーマの答えとしたい。

$$\Rightarrow (1469.9 + 1182.3) \div 2$$

$$= 1326.1 \approx 1330(\text{J})\text{となる。}$$

ゆえに今回の実験の総合した結果は1330(J)である。

VI. 参考資料

しくみ図解シリーズ

「電池のすべてが一番わかる 福田京平」 技術評論社

「新課程チャート式 シリーズ 新物理」都築嘉弘・井上邦雄

数研出版

VII. 謝辞

神戸高等学校 山中先生

実験に対するアドバイス何度もしていただきありがとうございました。