

## 要約

実験の目的は、単3乾電池1本から取り出せるエネルギーの総量を求めること。その手段は数多くあるが、僕は、考えつく中で最も実験系が単純なものを採用した。電池を抵抗につなぎ、力尽きるまで、電圧と電流を一定時間毎に測り、そのデータから電気量を求める、というのだ。

この方法で結果を出すことはできたが、さらにその精度を上げる方法が見つかった。

「電圧・電流を測定する時間間隔を小さくする。」、「もとよりも抵抗の大きなセメント抵抗を使う。」、「電池を使い切る。」、「実験回数を増やす。」の4つである。これらの点に留意すれば、非常に正確な値を出すことが可能である。しかし、この方法だと実験を行う上で、かなり多くの時間が必要になってしまう。だが、それも必要だ。次にこの実験を行うときには時間をかけて精度を上げたい。

### (1) 実験の目的

今回の実験の最終目的は、単3乾電池1本から取り出せるエネルギーの総量、つまり乾電池の持つ電力量を求ることである。

私は最初、「乾電池の持つエネルギーを他のエネルギーに変換し、そのエネルギーの総量を調べれば、目的は達成される。」と考えて、実験方法を模索していた。しかし、この方法だとエネルギーの変換効率を考慮しなければならない。

そこで、正確な実験結果を出すために、電力量を直接測定するという方法を採用した。

電力量は次の式で表される。(参考資料1より)

$$W = P t = IV t$$

W (J) : 電力量、P(W) : 電力、I (A) : 電流、V (V) : 電圧、t (s) : 時間

したがって、電池の持つ電力量は電流と電圧から求められる。

これらのことを見まえて、僕は電池の持つエネルギーを、エネルギー変換せずに直接測定する方法を用いて目的の達成を試みた。

### (2) 実験手法

～準備物～

- セメント抵抗 ( $2\Omega$ ) × 1
- 電圧計 × 1
- 電流計 × 1
- ストップウォッチ × 1
- リード線(赤)
- リード線(黒)
- 単3乾電池 × 1
- 電池ボックス × 1

～手順～

- ① 下の図1のような回路を組む。(回路の完成写真は右下(写真1))

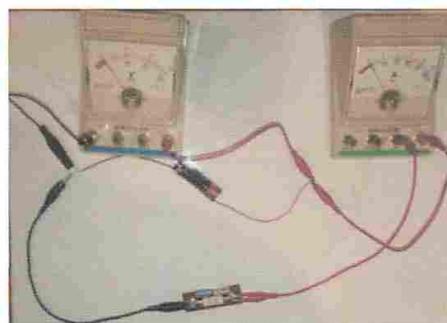
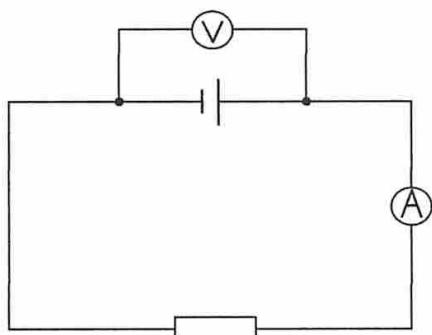


写真1

- ② 回路に電流を流し始めてから、0分後、5分後、10分後...と5分刻みで電圧、電流を記録していく。

- ③ 定期的に電圧計に電池をつなぎ、電圧を測定し、電圧が 0.80V 未満になったら実験を終了する。(電池の電圧が 0.80V 未満になったら電池を使いきった、と定義する。)
- ④ Microsoft Office Excel 2016 上にデータを打ち込み、処理をしてエネルギー総量を求める。(詳細は次の ~Excel での処理~ に記載。)

#### ～Excel での処理～

計測した電圧・電流からその瞬間の電力が求まる。時間  $t$  を横軸、電力を縦軸にとると右下の図 2 のようなグラフになると予想される。

すると、図 2 の斜線部がエネルギーの総量にあたる。 $(\because W = P t)$

この面積は上底、下底が電力の大きさ、高さが時間  $t$  の台形の面積を足し合わせたものに近くなる。実際との違いは誤差とする。

これらのことから下の図 3 のように式を入力した。

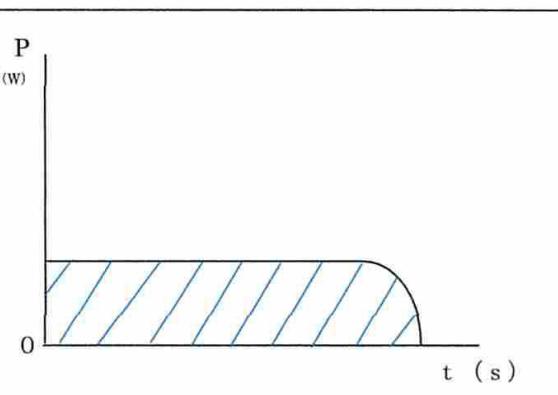


図 2

A	B	C	D	E
1	時間(S)	電圧(V)	電流(A)	電力(W)
2		0		=B2*C2
3		5		=B3*C3
4		10		=B4*C4
5		15		=B5*C5
6		20		=B6*C6
7		25		=B7*C7
8		30		=B8*C8
9		35		=B9*C9
				(D9+D10)*300/2

図 3

最終的に E 列の電力量の総和が、電池の持つエネルギーの総和となる。

(3) 実験結果

以下の図4のとおりである。

時間(s)	電圧(V)	電流(A)	電力(W)	電力量(J)
0	1.35	0.65	0.8775	220.725
5	1.1	0.54	0.594	167.895
10	1.03	0.51	0.5253	153.045
15	0.99	0.5	0.495	139.11
20	0.92	0.47	0.4324	124.935
25	0.89	0.45	0.4005	111.12
30	0.83	0.41	0.3403	96.675
35	0.78	0.39	0.3042	85.59
40	0.72	0.37	0.2664	76.185
45	0.69	0.35	0.2415	65.985
50	0.62	0.32	0.1984	54.555
55	0.57	0.29	0.1653	45.075
60	0.52	0.26	0.1352	38.28
65	0.5	0.24	0.12	33.18
70	0.46	0.22	0.1012	29.04
75	0.42	0.22	0.0924	27.09
80	0.42	0.21	0.0882	24.93
85	0.39	0.2	0.078	21.96
90	0.38	0.18	0.0684	19.71
95	0.35	0.18	0.063	17.61
100	0.32	0.17	0.0544	15.135
105	0.31	0.15	0.0465	13.065
110	0.29	0.14	0.0406	11.355
115	0.27	0.13	0.0351	9.765
120	0.25	0.12	0.03	8.295
125	0.23	0.11	0.0253	7.425
130	0.22	0.11	0.0242	7.26
135	0.22	0.11	0.0242	6.78
140	0.21	0.1	0.021	6.15
145	0.2	0.1	0.02	5.565
150	0.19	0.09	0.0171	27.795
<b>一旦実験を中断して、翌日再開した。</b>				
155	0.58	0.29	0.1682	40.08
160	0.45	0.22	0.099	26.85
165	0.4	0.2	0.08	21.18
170	0.34	0.18	0.0612	13.5
175	0.24	0.12	0.0288	8.28
180	0.22	0.12	0.0264	3.96
<b>合計</b>				<b>1785.135</b>

図4

図4から、単3乾電池1本から取り出せるエネルギーの総量は約1800Jである。

誤差について述べる。Excelを用いてエネルギーの総量を概算するような計算方法を用いている、電池の使いきりの定義が厳密でない、などの点から、誤差は小さいとは言えないと考えられる。

#### (4) 考察

図4からわかるように、時間とともに電圧・電流の値が低下している。まず、この原因について考察する。

電流の大きさの低下は、電圧の低下に伴うものだと思う。  
回路は組みかえていないので、回路全体での抵抗は変化しないはずである。(導体は温度が上がると抵抗が大きくなるようだが(参考資料2より)、その影響は考えないとする。) オームの法則より抵抗は電圧/電流で求められる。右の図5にその結果を示す。

この結果を見てもわかるように、回路全体の抵抗は常に2Ωに近い値となっている。これは今回の実験では2Ωのセメント抵抗を用いたことからも納得がいく。

これらのことから、電池の電圧低下により電流の大きさも低下したと考えられる。

次に、実験結果についての考察を行う。

今回の実験結果が、理論値とどれほど近いものなのかを判断するのは難しい。単三電池の持つエネルギーの総量がいずれの参考資料にも載っていないかったからだ。

そこで、より結果の精度を高くする方法を考えていきたい。考えられる方法を挙げる。

方法1 電圧・電流を測定する時間間隔を小さくする。

方法2 もとよりも抵抗の大きなセメント抵抗を使う。

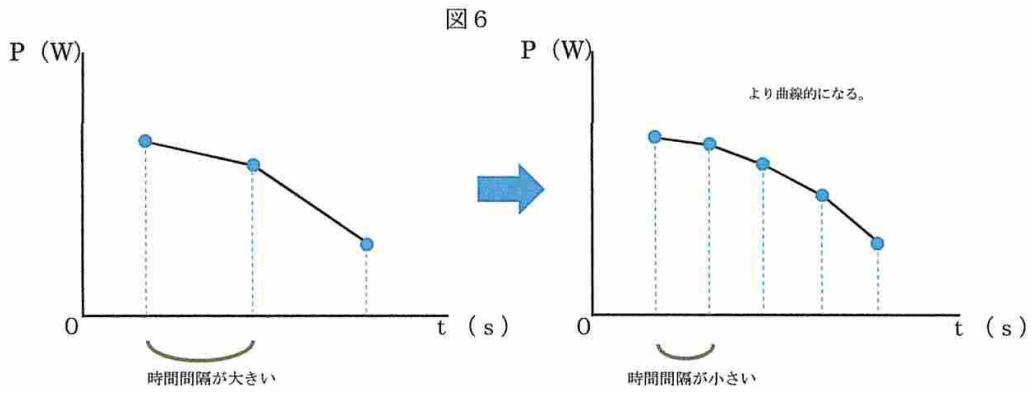
方法3 「電池の使いきり」の定義を変える。

方法4 実験回数を増やす。

方法1を用いると、電圧・電流の変化の様子をより細かく見ることができるので、データの精度が上がる。(次ページの図6)  
しかし、測定の時間間隔を小さくする分だけ測定回数が多くなるので、それだけ労力を必要とする。

時間(s)	抵抗(Ω)
0	2.076923
5	2.037037
10	2.019608
15	1.98
20	1.957447
25	1.977778
30	2.02439
35	2
40	1.945946
45	1.971429
50	1.9375
55	1.965517
60	2
65	2.083333
70	2.090909
75	1.909091
80	2
85	1.95
90	2.111111
95	1.944444
100	1.882353
105	2.066667
110	2.071429
115	2.076923
120	2.083333
125	2.090909
130	2
135	2
140	2.1
145	2
150	2.111111
155	2
160	2.045455
165	2
170	1.888889
175	2
180	1.833333

図5



方法2は、電池の温度上昇を防ぐのに有効である。しかし、抵抗が大きくなると、同じ電圧でも流れる電流が小さくなる。これは、電力の低下に直結するため、もとよりも実験に時間がかかるてしまう。例えば抵抗が2倍になると、同じ大きさの電圧を加えた時の電流は、0.5倍になる。 $(\because \text{オームの法則})$  よって、電力も0.5倍になるので、単純に考えて2倍の時間がかかる。今回の実験は、180分かかった。もし、 $4\Omega$ の抵抗を使っていたら360分、つまり6時間もの時間を必要としただろう。

次に方法3についてだ。今回僕は、「電池の電圧が0.80V未満になったら電池を使いきった」と定義した。しかし、本当に電池を使いきったといえるのは、電池の電圧が0.00Vになった時である。だが、実際にそこまで実験を続けると膨大な時間がかかるので、このように定義した。この、違いはどれくらい誤差を生むのか。

図4で $t = 0, 180$ それぞれの時間での電力を見ると、220.725Wと3.96Wとなっている。その比はおよそ55:1。電池の電圧が低下すると、電池が時間あたりに消費するエネルギーは小さくなっていくのだ。これらのことから、誤差はさほど大きくないと考えられる。しかし、電池をほんとうに使いきるまで、実験を続けることが実験結果の精度向上に繋がることは間違いない。

最後に方法4についてだ。これは他の実験においても結果の精度を上げるのに効果的だが、測定するものの値があまり安定しない今回の実験では特に有効だと思う。

次実験を行うときは、これらのこと踏まえ、時間をかけて、より高い精度の実験を行いたい。

最終的に単3乾電池1本から取り出せるエネルギーの総量は、1785.135Jともとめられたが、今回の実験の精度や、厳密には電池を使い切っていないということも考慮して、 $1.8 \times 10^3$ (J)であると結論づける。

### (5) 結論

単3乾電池1本から取り出せるエネルギーの総量は、 $1.8 \times 10^3$  (J) である。  
また、実験方法を見直すことで、より正確な値を出すことが可能である。

### (6) 参考資料

- 1, 総合物理2・波・電気と磁気・原子・(数研出版)
- 2, フォトサイエンス物理図録(数研出版)

### (7) 謝辞

実験室、必要な実験器具を快くお貸しくださった物理の先生方には、ここで感謝の意を表させていただきます。