

生徒実験：非オーム抵抗を含む回路

【1】目的

ニクロム線と豆電球の電流電圧特性の測定を通じて、オームの法則に従う導体と従わない導体の特性を理解する。また、これらを含む直流回路の動作を理解する。

【2】原理

導体に加えた電圧 V と、そのとき導体に流れる電流 I の関係を、その導体の電流電圧特性という。温度を一定に保った金属などの導体では一般に V と I は比例し、いわゆるオームの法則

$$V = RI \quad \dots\dots(1)$$

が成り立つ。式(1)の比例定数 R をその導体の電気抵抗とよぶ。 V を[V]、 I を[A]という単位で表すとき、 R の単位は[Ω](オーム)である。

電流電圧特性が比例関係になく、オームの法則に従わない導体を「非オーム抵抗」とよぶ。電球などがその例である。一般に電気抵抗 R は、温度によって変化するので、温度を一定に保たない場合、実はほとんどの導体は非オーム抵抗である。半導体素子の多くも非オーム性の特性をもつ。非オーム抵抗の電流電圧特性のグラフは曲線となり、両者の関係は式(1)のような単純な式で表すことはできない。

豆電球と電気抵抗 R のニクロム線(温度一定)を直列につないで電圧 E の電源に接続し、図2のような回路を作ったとき、電球の両端に加わる電圧を V 、そこを流れる電流を I 、ニクロム線の両端の電圧を V_r とすると、キルヒホッフの第二法則とオームの法則からそれぞれ、

$$E = V + V_r \quad \dots\dots(2)$$

$$V_r = RI \quad \dots\dots(3)$$

が成り立つ。一方、電球については電流電圧特性の関数

$$I = f(V) \quad \dots\dots(4)$$

を仮定する。式(4)のグラフは測定により、図3のように与えられているものとする。このグラフに式(2)、(3)から得た

$$I = \frac{E - V}{R} \quad \dots\dots(5)$$

のグラフを重ねて描き、その交点の座標を読めば、式(4)、(5)の連立解が求まり、回路を流れる電流や各部の電圧を知ることができる。

図1

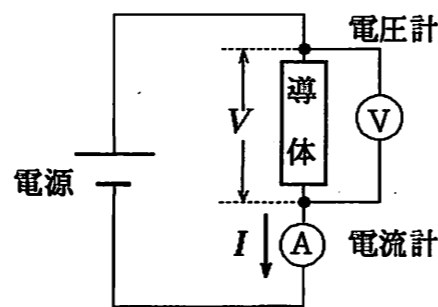


図2

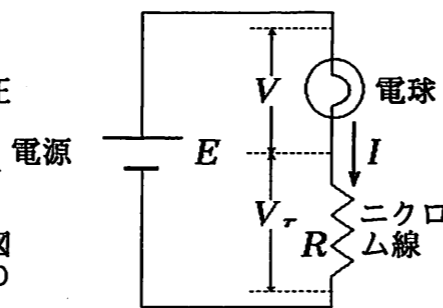
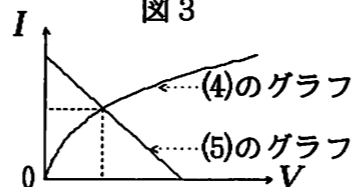


図3



【3】器具

豆電球(3.8V, 0.5A)、ニクロム線抵抗器、スライド抵抗器、電圧計、電流計、デジタルテスター、電源端子、安定化電源装置、接続コード、ものさし

【4】作業

《ニクロム線の電流電圧特性と電圧降下の測定》

- ①電源コンセントを抜き、図4のように各器具を配線する。スライド抵抗器のつまみは、はじめは▼印の位置に置く。電流計は500[mA]の端子を用いる。
- ②安定化電源のつまみは、はじめは反時計回りに回しきっておく。電源コンセントを差し込み、安定化電源の出力が3.0[V]になるようにつまみで調節する。
- ③スライド抵抗器を操作して、電流値を0.10[A]から0.02[A]ごとに0.26[A]まで変化させ、それぞれに対応する電圧の値をデジタルテスターで読み取り、ニクロム線の電流電圧特性を測定する。
- ④その後、電流値を0.20[A]に保ちながら、一極側を基準としたニクロム線の各部の電位 V を電圧計で測定する。距離 l はニクロム線の+極側から測る。
- ⑤スライド抵抗器のつまみを▼印の位置にもどし、電源コンセントを抜く。

図4

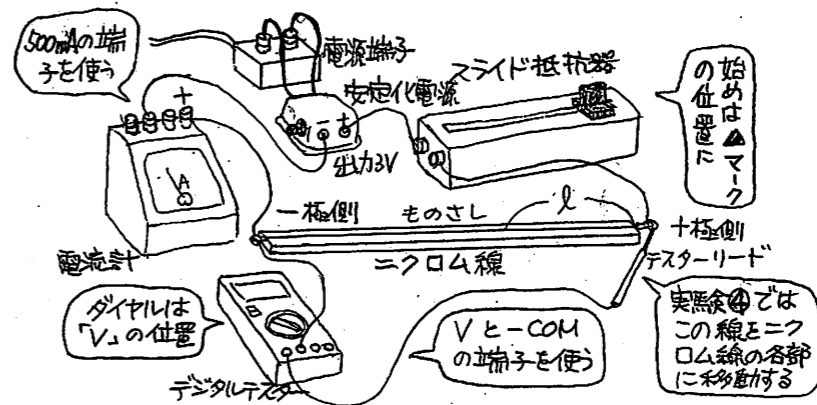


図5

《電球の電流電圧特性の測定》

- ①電源コンセントを抜き、図5のように各器具を配線する。電流計は500[mA]の端子を用いる。
- ②スライド抵抗器のつまみを▼印の位置にして、電源を入れ、出力を3.0[V]に調節する。
- ③スライド抵抗器を操作して、電流値を0.10[A]ぐらいから、0.02[A]ごとに0.44[A]ぐらいまで(測定可能なところまで)変化させ、それぞれに対応する電圧の値をデジタルテスターで読み取り、電球の電流電圧特性を測定する。
- ④スライド抵抗器のつまみを▼印の位置にもどし、電源コンセントを抜く。

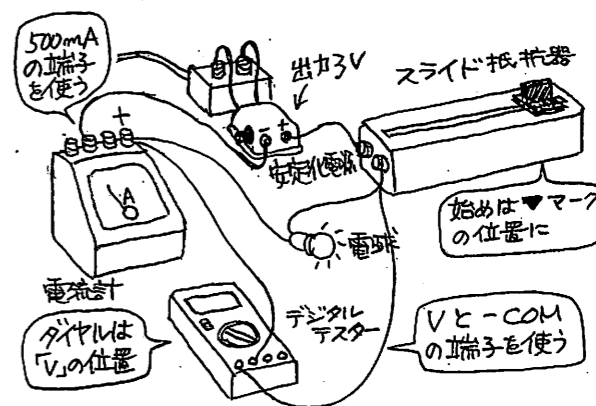
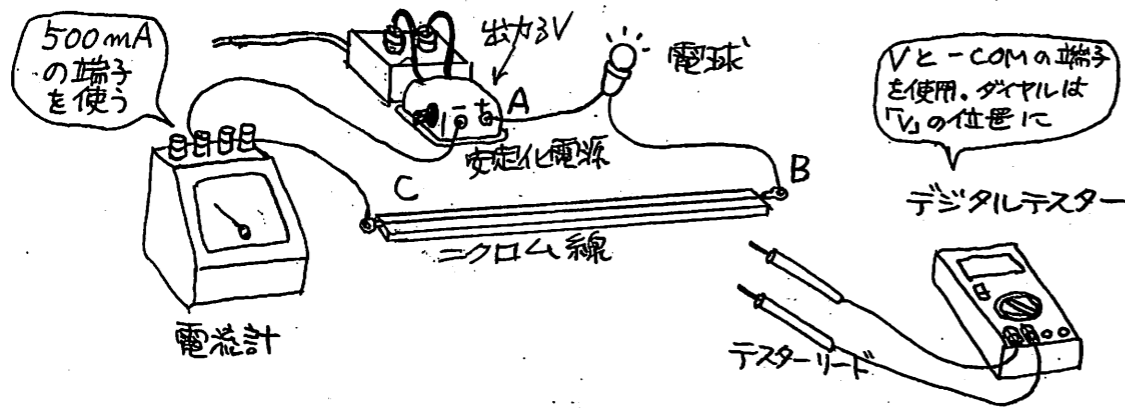


図6



《非オーム抵抗を含む回路の動作》

- ①電源コンセントを抜き、図6のように各器具を配線する。電流計は500[mA]の端子を用いる。
- ②電源コンセントを差し込み、安定化電源の出力が3.0[V]になるようにつまみで調節する。
- ③テスターリードを図のAとCに当て、全電圧Vを測定し、同時に電流Iを読みとる。
- ④電流値が③と同じに保たれていることを確認しながら、テスターリードを移動し、図6のAB間、BC間の電圧 V_{AB} 、 V_{BC} をそれぞれ測定する。電流値に変動があれば③からやり直す。
- ⑤電源コンセントを抜く。

【5】考察

《ニクロム線と豆電球の電流電圧特性の測定》

- ①縦軸に電流I、横軸に電圧Vをとって、ニクロム線の電流電圧特性のグラフを描け。
- ②ニクロム線についてオームの法則が成り立っていることを確認し、グラフより、電気抵抗Rの値を求めよ。
- ③ニクロム線の途中の各部の電圧Vを縦軸、+極側からの距離lを横軸にとってグラフ化し電圧降下について考察せよ。
- ④縦軸に電流I、横軸に電圧Vをとって、豆電球の電流電圧特性のグラフを描け。
- ⑤豆電球の電流電圧特性がオームの法則に従わないわけを考えよ。

《非オーム抵抗を含む回路の動作》

- ⑥全電圧Vを電源電圧とし、Rとして考察②で求めた値を用いて、式(5)に相当するグラフを考察④のグラフに重ねて記入せよ。
- ⑦電球の電流電圧特性のグラフと⑥で記入した直線の交点を求め、その電圧・電流値と測定値を比較せよ。

測定結果

《ニクロム線の電流電圧特性》

電流 I [A]	電圧 V [V]
0	0
0.10	
0.12	
0.14	
0.16	
0.18	
0.20	
0.22	
0.24	
0.26	

《豆電球の電流電圧特性》

電流 I [A]	電圧 V [V]
0	0
0.10	
0.12	
0.14	
0.16	
0.18	
0.20	
0.22	
0.24	
0.26	
0.28	
0.30	
0.32	
0.34	
0.36	
0.38	
0.40	
0.42	
0.44	

《ニクロム線の電圧降下》

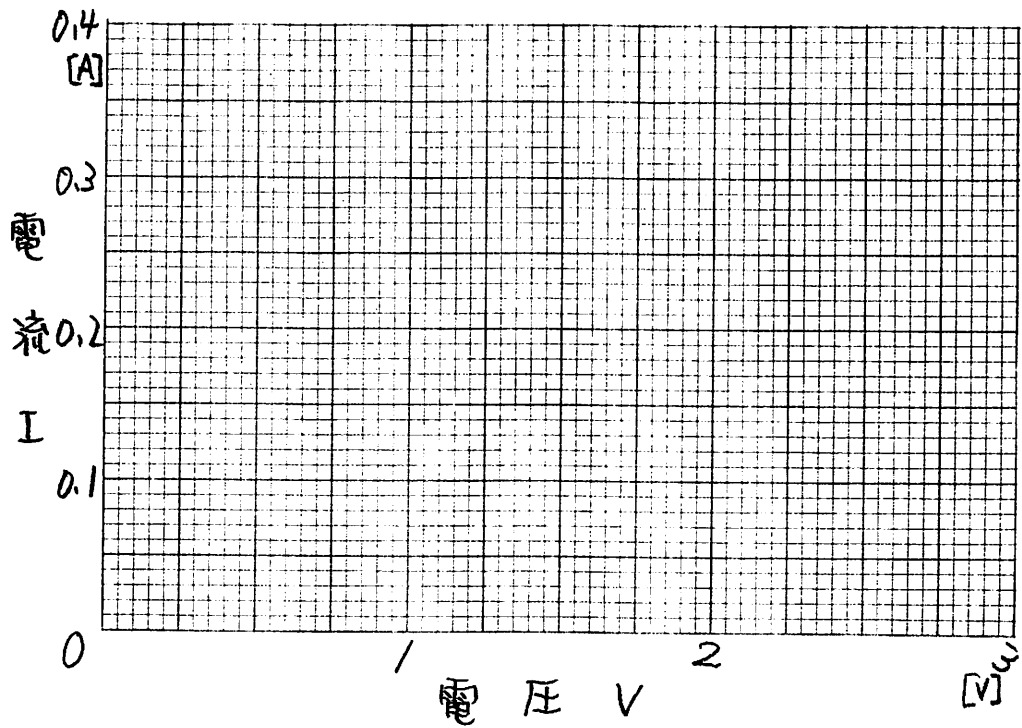
+極からの距離 [m]	-極基準の電圧 [V]
0	
0.05	
0.10	
0.15	
0.20	
0.25	
0.30	

《非オーム抵抗を含む回路の動作》

全電圧 $E =$ [V] のとき、電流 $I =$ [A]

AB間の電圧 $V_{AB} =$ [V]、BC間の電圧 $V_{BC} =$ [V]

《考察①④⑥⑦のグラフ》



《考察③のグラフ》

