

第2問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 5] (配点 25)

A 図1のように、端をX、Yとする抵抗値 R で長さ L の太さが一様な抵抗線、内部抵抗が無視できる起電力 E の直流電源、内部抵抗 r の検流計、起電力が $E_0 (< E)$ 、内部抵抗 r_0 の電池からなる回路をつくる。抵抗線XYの間にある接点Pと抵抗線の端Xとの間の距離を x 、直流電源に流れる電流の強さを I 、検流計を流れる電流を図1の矢印の向きを正として i とする。はじめ、 $x = \ell_P$ では $i > 0$ Aと

なった。

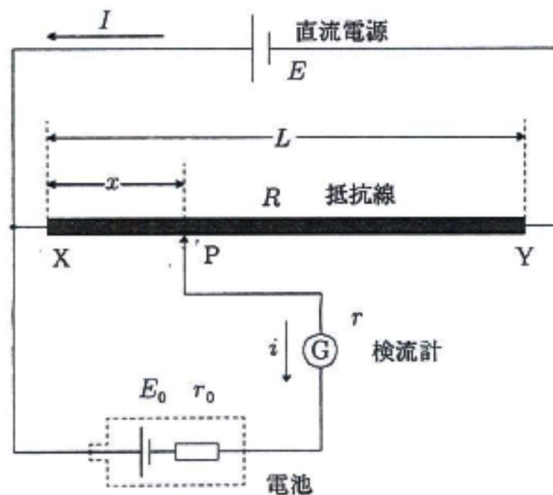
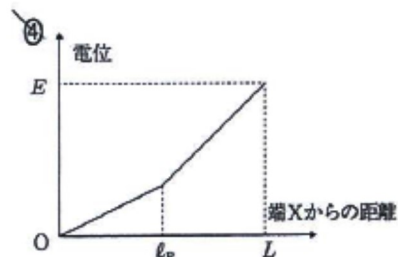
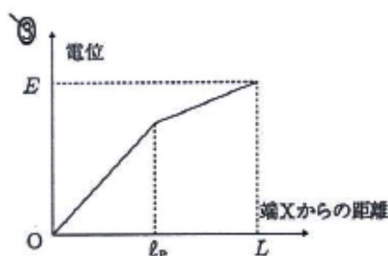
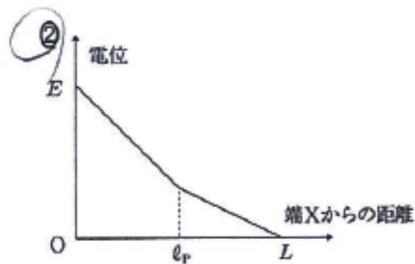
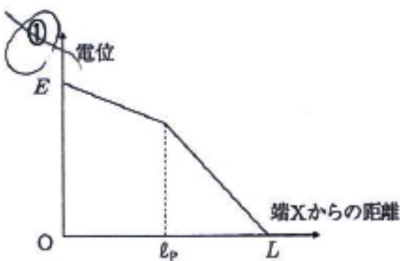
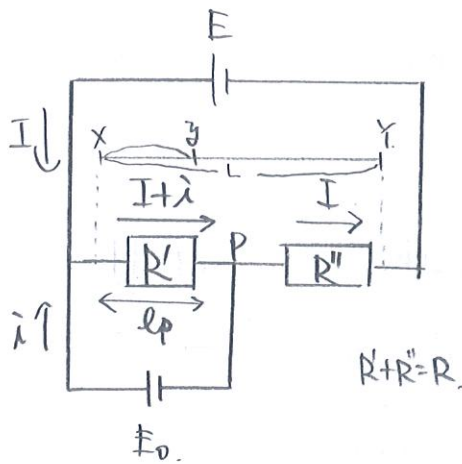


図 1

問1 抵抗線上の端Xからの距離とその位置での電位の関係を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、電位は抵抗線の端Yを基準とする。 1





①

まず太太太前提として

Pの位置は固定されており

絶対に動かしてはいけないこと!!

(l_p と定義されているため)

だから解説もX端からのポテンシャルをXではなくあえてYとつづいているのである。

Pが動かさないのであれば

i) $0 \leq y \leq l_p$ のときの抵抗を R' とし

そこに流れる電流はキルヒホッフより

$$I + i$$

$$\text{抵抗 } R' = \frac{y}{L} R \quad \leftarrow \text{長さに比例して求める}$$

この R' における電圧降下は $V = IR$ より

$$V' = \frac{y}{L} R (I + i) \quad \text{となる}$$

ここで "電位は抵抗線の端Yを基準とする" と書いてあるから

基準 = 電位 0 であるとする。

このとき X 位置での電位は

$y = 0$ のときであるため $V' = 0$ となり

起電力の初期状態となる。

電圧は " $E + E_0$ " だと思うのだが、解説にはなぜか " E " だけになっている?

どっちの結果にも影響しないので、" E " で通める。



↓

2

Xの位置の電位は、Eで、^{yが変化して}電圧が下がっていくので、

$$\phi(y) = E - \frac{y}{L} R(I + i) \quad \dots (1)$$

と表す。

ii). $l_p \leq x \leq L$ のとき、

抵抗 R' は、長さ l_p で固定され流れる電流は $I + i$ のまま

抵抗 R'' は、長さ $y - l_p$ となり、流れる電流は I のみとなる。

$$R' \text{ の電圧降下は } V' = \frac{l_p}{L} R(I + i)$$

$$R'' \text{ の電圧降下は } V'' = \frac{y - l_p}{L} R I$$

よって、

となる。

$$\phi(y) = E - \frac{l_p}{L} R(I + i) - \frac{y - l_p}{L} R I$$

$$= E - \frac{l_p}{L} R i - \frac{y}{L} R I \quad \dots (2)$$

と表す。

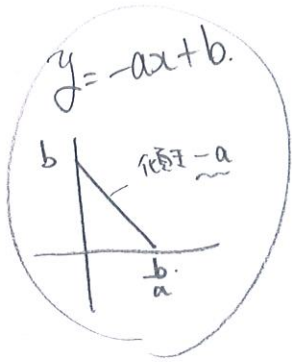
↓

↓

3

①と②の式を整理すると.

比例



$$\textcircled{1} \phi(y) = E \left(- \frac{y}{L} R(I+i) \right)$$

変数の、比例の傾きは

$$\left| - \frac{R(I+i)}{L} \right| \text{ である.}$$

$$\textcircled{2} \phi(y) = \left(E - \frac{\lambda_p R i}{L} \right) \left(- \frac{y}{L} R I \right)$$

$\lambda_p = R$ 分の降下.

変数の、比例の傾きは.

$$\left| - \frac{R I}{L} \right| \text{ である.}$$

これらの傾きはどちらが大きいかを調べる.

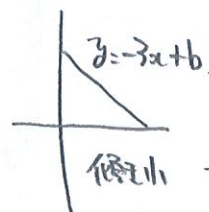
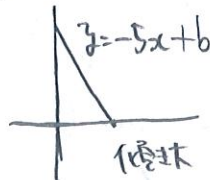
①が

②が

$$\frac{R(I+i)}{L} > \frac{R I}{L}$$

あるいは: ①の方が傾きが大きい.

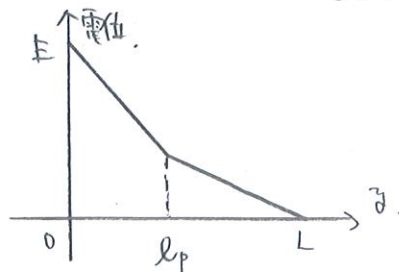
例えば



傾きが大きい方が急である.

①の方が傾きが大きく急なので.

グラフは.



となる!!

42...

・コンデンサーに加わる電圧の位相はコンデンサーに流れる電流の位相より $\pi/2$ 遅れる。

A

問1 1 正解②

キルヒホッフの第一法則より、XP 間に流れる電流は $I+i$ 、PY 間に流れる電流は I である。抵抗線上で X からの距離が y の位置と X の間の抵抗値は $\frac{y}{L}R$ であるので、 $y \leq \ell_P$ のとき X と y の位置の間の電圧降下は $\frac{y}{L}R(I+i)$ である。Y を基準とする X の電位は E ゆえ、 $0 \leq y \leq \ell_P$ のときの y の位置での電位は

$$\phi(y) = E - \frac{y}{L}R(I+i) \quad \dots (2-1)$$

となる。 $\ell_P \leq y \leq L$ のときの y の位置の電位は点 P で電流が分岐することに注意して、

$$\begin{aligned} \phi(y) &= E - \frac{\ell_P}{L}R(I+i) - \frac{y-\ell_P}{L}RI \\ &= E - \frac{\ell_P}{L}Ri - \frac{y}{L}RI \quad \dots (2-2) \end{aligned}$$

となる。(2-1)(2-2)式においても y の係数は負で、その絶対値は(2-2)式の方が(2-1)式のより小さいので正解のグラフは②となる。

問2 2 正解④

図2-1に示す等価回路で考える。回路の隅に新たな記号である Z, W, N, O をおく。 $x = \ell$ のとき $i = 0A$ ゆえ、回路 ZWXPY はいたるところ流れる電流の強さは I となる。回路 ZWXPY についてキルヒホッフの第二法則を考えると

$$E = RI \quad \therefore I = \frac{E}{R}$$

となる。回路 NXPO についてキルヒホッフの第二法則を考えると $i = 0A$ ゆえ検流計や電池の内部抵抗で電圧降下が発生しないので

$$E_0 = \frac{\ell}{L}RI$$

となる。以上2式から I を消去して

$$E_0 = \frac{\ell}{L}E$$

となる。

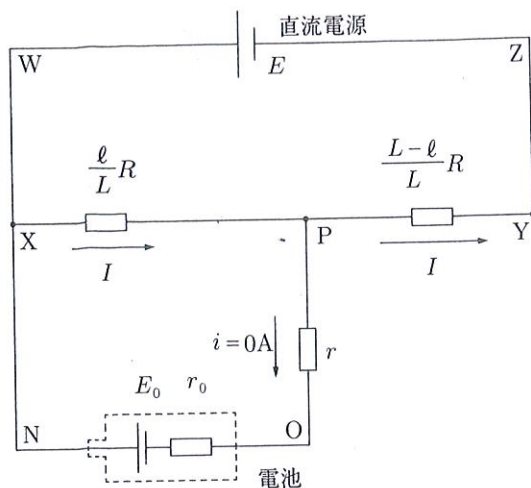


図2-1

[参考] $x = \ell$ とは限らない一般の場合は図2-2の等価回路で考える。回路 ZWXPY についてキルヒホッフの第二法則を考えると

$$E = \frac{x}{L}Ri + RI \quad \dots (2-3)$$

となる。回路 NXPO についてキルヒホッフの第二法則を考えると

$$E_0 = (r + r_0)i + \frac{x}{L}R(I+i) \quad \dots (2-4)$$

となる。(2-3), (2-4)式より I を消去すると

$$\left\{ r + r_0 + \frac{x(L-x)}{L^2}R \right\} i = E_0 - \frac{x}{L}E \quad \dots (2-5)$$

これより、

$$x = \frac{E_0}{E}L$$

のとき、すなわち $x = \ell$ のとき $i = 0A$ になることが示される。また、この結果より $x > \ell$ のとき $i < 0A$ 、 $x < \ell$ のとき $i > 0A$ が示される。

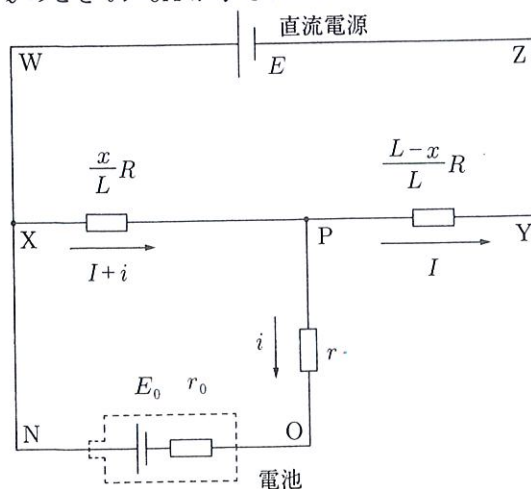


図2-2