

§ A: 公式理解問題

1 《テーマ》 キルヒホッフ第一法則

解答 ア

解説 枝分かれ、合流がないなら、電流の大きさは増えも減りもしない。解答はア

2 《テーマ》 抵抗の合成

解答 イ

解説 並列に接続したとき、合成抵抗は小さくなる。解答はイ。

イメージで話をするなら、並列につなぐと通っていい道が増えるわけだから、抵抗の公式 $R = \rho \frac{l}{S}$ の S が増えると言える。抵抗値は小さくなるのだ。逆に直列だと、距離が長くなるイメージで、抵抗は大きくなるのだ。

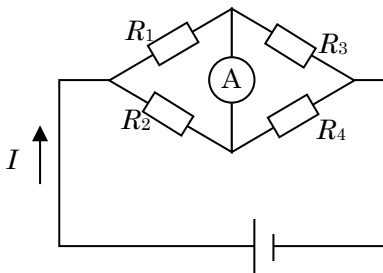
$$\text{合成抵抗の公式で考えると、} \frac{1}{R_{\text{合}}} = \underbrace{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R}}_{n \text{ 個}} \Rightarrow \frac{1}{R_{\text{合}}} = \frac{n}{R} \Rightarrow R_{\text{合}} = \frac{R}{n}$$

と書けるので、 n が大きくなるほど、 $R_{\text{合}}$ が小さくなるとわかる。

3 《テーマ》 ホイートストンブリッジ

解答 ウ

解説 ブリッジ回路では、 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ となるとき、ブリッジ部分に電流は流れない。解答はウ。



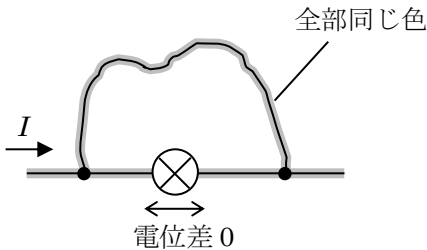
なぜ、このような関係になるかの考察もできるようになっておこう。

§ B: 概念理解問題その1

1 《テーマ》 導線中の電位

解答 ウ

解説 導線中では絶対に電位の上昇も降下も起きない。よって下図のように電位の色分けができる。(電位の色分けとは、電位ごとに色を変えて導線を区別することで、電位差を考えやすくするテクニックである。同一の導線中では電位の変化がないので、必ず同じ色になる。)



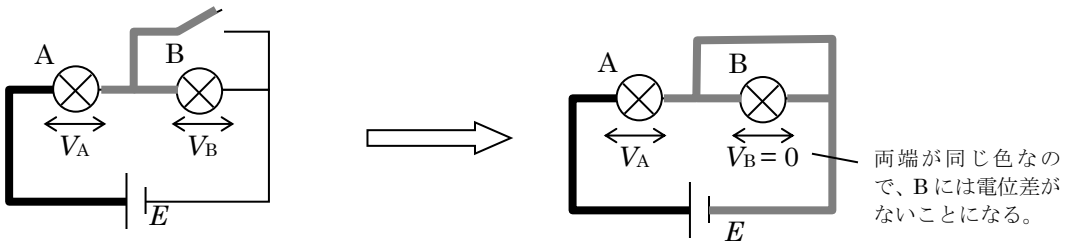
電球の両端で同じ色ということは、電球の両端で電位差(電圧)がないということの意味している。電圧がかからないなら電球に電流は流れない(オームの法則より)

よってすべての電流が導線に流れる。
このような回路をショート回路という。

2 《テーマ》 キルヒホッフ第2法則

解答 ア

解説 スイッチをつなぐ前とつないだ後の色分けをしてみると、



色分けを参考にキルヒホッフ第2法則を
立式すると $E = V_A + V_B$

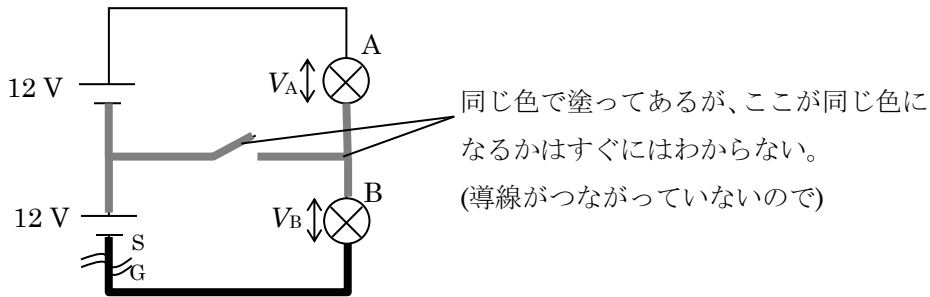
色分けを参考にキルヒホッフ第2法則を
立式すると $E = V_A$

これらの立式より、スイッチを閉じた後の方が、 V_A が大きいことがわかり、Aは明るくなるといえる。解答はア。ちなみに、Bはスイッチを入れることで完全に消えてしまう。

3 《テーマ》 キルヒホッフ第2法則

解答 キ

解説 スイッチをつなぐ前と、つないだ後で色分けをしつつ、電位差を分析する。



波線の S 部分から回路を 1 周して、キルヒホッフ第 2 法則を立てると、

$$12 + 12 = V_A + V_B$$

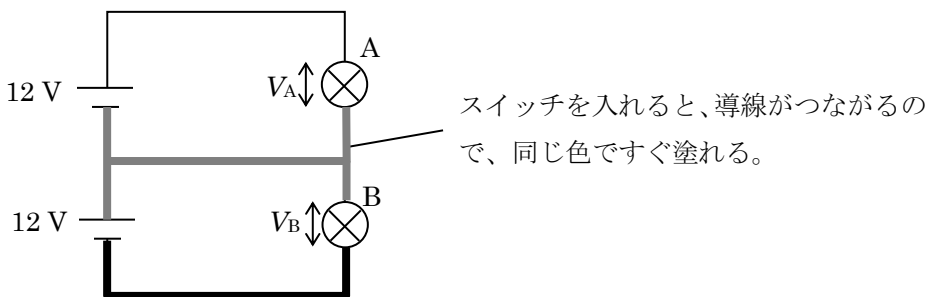
($0 + 12 + 12 - V_A - V_B = 0$ と立式してもよい)

ここで、電球 A、B の抵抗値が同じで、流れる電流の量も同じなので、 V_A と V_B は等しい。

よって、先ほどの式は $24 = 2V_A$ と整理でき、 V_A 、 V_B は 12V だとわかる。

すると、S からスタートして、電池で 12V 高くなり、2 つ目の電池でさらに 12V 高くなり、電球 A で 12V 下がるといえる。スイッチで途切れている 2 本の導線 **———** は、同じ色で塗ってよいとわかるのである。(抵抗値が A と B で違ったら、違う色で塗ることになる!!)

スイッチを入れると、



このように色分けでき、電池の情報から、**———** と **———** の電位差は 12V で、これが V_B であり、**———** と **———** の電位差が 12V で、これが V_A であるとわかる。

スイッチを入れる前と比べて、電球にかかる電圧に変化はないので、明るさは変わらない。

解答はキ。

4 《テーマ》消費電力

解答 オ

解説 消費電力の公式は、 $P = IV$

これをオームの法則で変形すると、 $P = \frac{V^2}{R}$ 、 $P = I^2 R$ ともかける。

電池の起電力を V とし、各電球での電圧を考える。

A は回路を色分けすれば、すぐに $V_A = V$ とわかる。

B、C は流れる電流が同じで、抵抗値が同じことから V_B と V_C は同じであるといえ、キルヒホッフ第2法則より $V = V_B + V_C$ なので、 $V_B = V_C = \frac{V}{2}$ といえる。

各電球の抵抗値を R とすると、各電球での消費電力は、

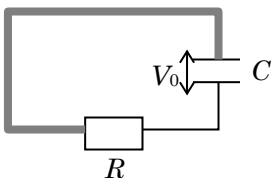
$$P_A = \frac{V^2}{R} \quad P_B = \frac{\left(\frac{V}{2}\right)^2}{R} = \frac{V^2}{4R} \quad \text{と計算できる。}$$

P_A に対して、 P_B は4分の1である。解答はオ。

5 《テーマ》RC 回路

解答 ア

解説 スイッチを入れた直後の色分けをすると、



このようになり、抵抗には、 V_0 の電圧がかかることがわかる。

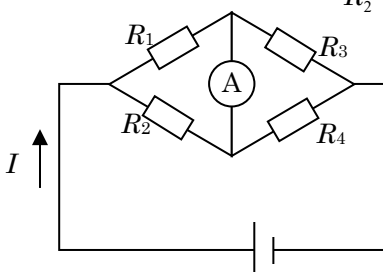
オームの法則を用いて I を計算すると、 $I = \frac{V_0}{R}$ 解答は、ア。

このとき流れる電流はコンデンサーにたまっていた電荷の移動であり、コンデンサーの電荷が移動していくと、コンデンサーの電位差が小さくなっていく。コンデンサーの電位差が小さくなると、抵抗に流れる電流も小さくなっていく。

6 《テーマ》ブリッジ回路

解答 ウ

解説 ブリッジ回路では、 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ となるとき、ブリッジ部分に電流は流れない。解答はウ。



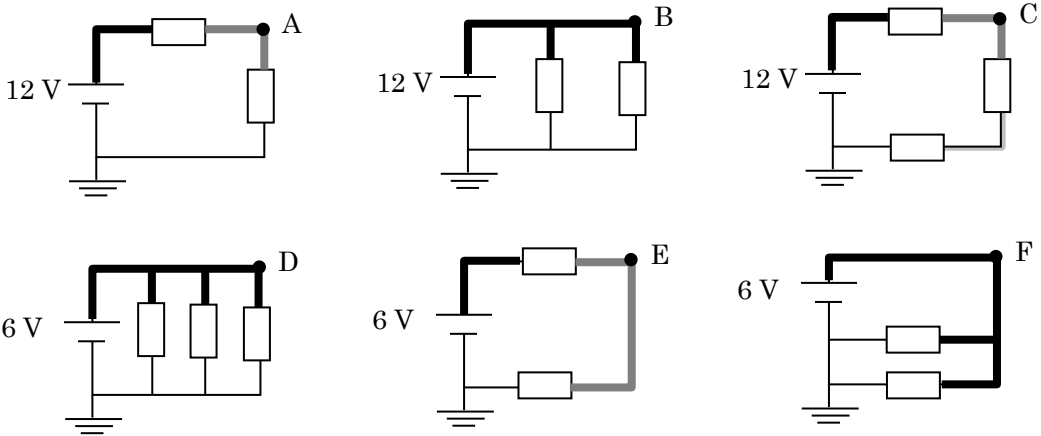
また、今回の場合、対称性がある回路であり、すべての抵抗で電位差が同じあるといえるので、色分けをすると、電流計の両端に電位差がないことがわかる。

このように考えて電流が流れないと求めてもよい。

7 《テーマ》電位

解答 $B > C > A = D = F > E$

解説 すべての回路で色分けを試みる。



上図で、何も色がかかっていない細い線は、アースとつながっているので、電位は0である。
———— は0Vの高さから、電池の分だけ高くなっているの、それぞれの電池分の電位を得ている。

このことから、 $B = 12V$ $D = 6V$ $F = 6V$ とわかる。

A、C、E に関しては間に1つ抵抗があるので、抵抗での電圧降下を考えるが、抵抗値が同じことから、すべて合わせて電池の電位差分になるように、それぞれの抵抗で均等に電圧降下すると考えられる。

Aの回路の抵抗では1つあたり6V電圧降下、Cの回路の抵抗では1つあたり4V電圧降下、Eの回路の抵抗では1つあたり3V電圧降下となるのだ。

よって、Aの電位は、12から6下がった高さなので6V

Cの電位は、12から4下がった高さなので8V

Eの電位は、6から3下がった高さなので3V とわかる。

電位が高い順に並び替えると、

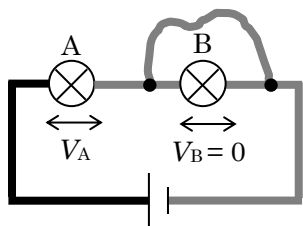
$B > C > A = D = F > E$

§ B: 概念理解問題その2

1 《テーマ》 導線中の電位 (ショート回路)

解答 イ

解説 今回の導線を色分けすると、

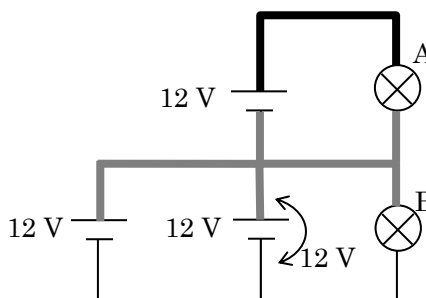
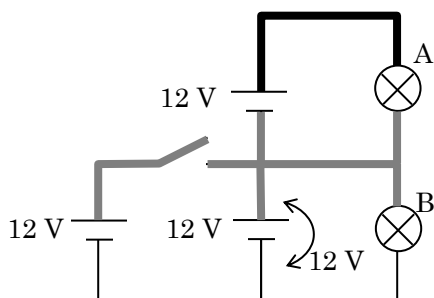


左図のように、A には電圧がかかり ($V_A = E$)、
B には電圧がかからない。
よって、A は点灯し、B はつかない。
解答はイ

2 《テーマ》 キルヒホッフ第2法則

解答 キ

解説 スイッチを入れる前と、スイッチを入れた後で、導線の色分けを試みる。



電池の情報より、どちらの図も と の電位差は 12 V
 と の電位差は 12 V で変わらない。

よって、A、B にかかる電位差も、スイッチを入れる前後で 12V と変わらず。電球 A、B の明るさは変わらない。

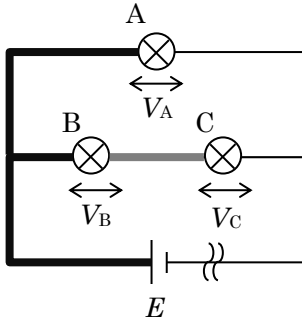
しいて変化を挙げるとすれば、スイッチを入れる前に、中央下の電池に流れる電流のうち、半分が新たにつながった電流に流れるということである。

今回の電池での消費電力は $P = IV$ の式から、 $P = 12I$ と言え、 I が半分になると、消費電力が半分になる。電池は長持ちするようになるということだ。

3 《テーマ》キルヒホッフ第2法則

解答 $A > B = C$

解説 回路の色分けを行うと、



波線の部分から 1 周させてキルヒホッフ第2法則の式を立てると、

$$E = V_A \quad (\text{A を通る経路})$$

$$E = V_B + V_C \quad (\text{B、C を通る経路})$$

といえる。B と C の抵抗値が同じで、B と C に流れる電流の大きさが変わらないことから、 $V_B = V_C$ といえ、これらの

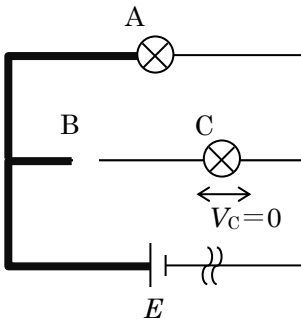
式から $V_B = \frac{E}{2}$ といえる。かかる電圧の差から、

$A > B = C$ という明るさの順序とわかる。

4 《テーマ》キルヒホッフ第2法則

解答 A : ウ(変わらない) B : エ(消える) C : エ(消える)

解説 B が断線すると、下図のような回路でかけ、C には電流が流れなくなる。(行き止まりになっているので、電流はながれることができない。) 色分けをしようとしたとき、電流が流れない抵抗の両端では、電位差は無いので、下図のような色分けになる。



A にかかる電圧は、B が断線する前と変化はない。
よって明るさが変わらない。