

'04 近畿大学

解説

R_2 と電球を流れる電流は等しい。回路の性質から、電球について図 2 以外の電流 電圧の関係を見つける。

(3)では、ダイオードに電流が流れるから、回路の性質から、ダイオードについて図 3 以外の電流 電圧の関係を見つける。

必要な場面では、キルヒホッフの法則を適切に使用して解答を進める。

(1) (ア) ダイオードに電流が流れだすのはダイオードの電圧が 0、すなわち点 a と点 b が等電位のときで

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad \text{よって} \quad R_4 = \frac{R_3}{R_1} R_2$$

電球の抵抗 R_4 は、数値を代入して

$$R_4 = \frac{4.0}{4.0} \times 3.0 = 3.0 (\Omega) \quad \dots\dots \textcircled{14}$$

(イ) 電球の抵抗 R_4 が 3.0Ω になるのは、問題の図 2 のグラフ上で、電圧 3.0 V 、電流 1.0 A の点である（オームの法則より $\frac{3.0 \text{ V}}{1.0 \text{ A}} = 3.0 \Omega$ ）。

このとき、ダイオードを流れる電流は 0 だから、 R_2 を流れる電流は、電球を流れる電流 1.0 A に等しい。電源 $\rightarrow R_2 \rightarrow$ 電球 \rightarrow 電源の閉回路にキルヒホッフの第 2 法則を適用すると、電球での電圧降下は 3.0 V だから

$$3.0 \times 1.0 + 3.0 = E$$

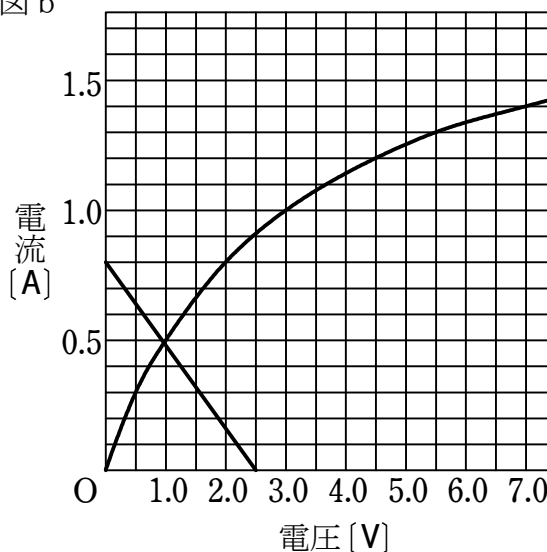
よって $E = 6.0 (\text{V}) \quad \dots\dots \textcircled{15}$

(2) (ウ) このとき、 $E = 2.5 (\text{V}) < 6.0 (\text{V})$ だから、ダイオードには電流は流れない。したがって、電球を流れる電流 I_4 は、 R_2 を流れる電流と等しい。電球の電圧（電球での電圧降下）を V_4 として、電源 $\rightarrow R_2 \rightarrow$ 電球 \rightarrow 電源の閉回路にキルヒホッフの第 2 法則を適用して

$$3.0 I_4 + V_4 = 2.5$$

よって $I_4 = \frac{5}{6} - \frac{V_4}{3}$

図 b



'04 近畿大学

この式が表すグラフ $((1.0, 0.5)$ と $(2.5, 0)$ を通る直線) を問題の図 2 中にかき (図 b), 交点を求めると

$$V_4 = 1.0 \text{ V}, I_4 = 0.50 \text{ A} \quad \dots\dots \textcircled{7}$$

(エ) 電球の抵抗値は, オームの法則より

$$R_4 = \frac{V_4}{I_4} = \frac{1.0}{0.50} = 2.0 \text{ } (\Omega) \quad \dots\dots \textcircled{12}$$

(オ) 電源の負極を電位 0 とすると, 電球の電圧が (ウ) で求めた $V_4 = 1.0 \text{ V}$ だから, 点 b の電位 V_b は

$$V_b = 1.0 \text{ V}$$

ダイオードに電流が流れないので, 直列の R_1 と R_3 の電圧の比は抵抗値の比に等しい。 R_3 の電圧を V_3 とすると

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{R_3}{R_1 + R_3} E = \frac{3.0}{3.0 + 3.0} \times 2.5 \\ &= 1.25 \text{ (V)} \end{aligned}$$

したがって, 点 a の電位 V_a は

$$V_a = V_3 = 1.25 \text{ (V)}$$

$V_b < V_a$ だから逆方向で, ダイオードの電圧は ab 間の電圧 V_{ab} に等しいので

$$V_{ab} = V_a - V_b = 1.25 - 1.0 = 0.25 \text{ (V)} \quad \dots\dots \textcircled{4}$$

(3) (カ), (キ) 電球に 1.4 A の電流が流れるときの電球の電圧は, 問題の図 2 より 7.0 V である。 R_1, R_2, R_3 , ダイオードを流れる電流を I_1, I_2, I_3, I_D とし, ダイオードの電圧を V_D とする。点 a, b にキルヒホッフの第 1 法則を用いると

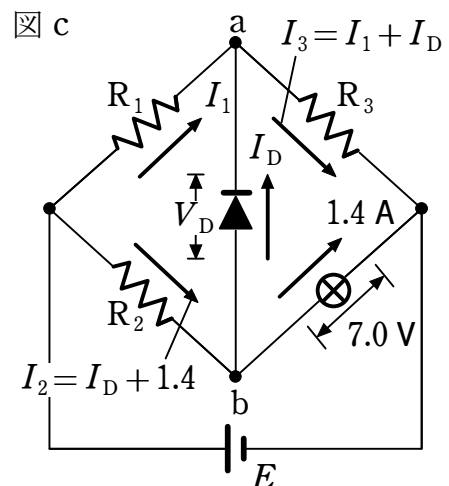
$$I_3 = I_1 + I_D, I_2 = I_D + 1.4$$

電源 $\rightarrow R_2 \rightarrow$ 電球 \rightarrow 電源の閉回路にキルヒホッフの第 2 法則を用いると

$$3.0(I_D + 1.4) + 7.0 = E$$

よって $3.0I_D = E - 11.2 \quad \dots\dots \textcircled{i}$

(注意: ここでは, E の値は与えられていない。)



'04 近畿大学

電源 $\rightarrow R_1 \rightarrow R_3 \rightarrow$ 電源の閉回路にキルヒホッフの第 2 法則を用いると

$$4.0I_1 + 4.0(I_1 + I_D) = E$$

よって $8.0I_1 + 4.0I_D = E$ …… (ii)

(ii) - (i) によって E を消去すると

$$8.0I_1 + I_D = 11.2$$
 …… (iii)

ダイオード $\rightarrow R_3 \rightarrow$ 電球 \rightarrow ダイオードの閉回路にキルヒホッフの第 2 法則を用いると (電球を流れる電流の向きは, 閉回路をめぐると逆だから, 電球での電圧降下は -7.0 V である)

$$V_D + 4.0(I_1 + I_D) - 7.0 = 0$$
 …… (iv)

(iii) 式と (iv) 式から I_1 を消去して整理すると

$$I_D = 0.40 - \frac{2}{7}V_D$$

この式が表すグラフ ((0, 0.40) と (1.4, 0) を通る直線) を問題の図 3 中にかき (図 d), 両グラフの交点を求めると

$$I_D = 0.20\text{ A} \quad (\text{カ}) \quad \textcircled{3}$$

$$V_D = 0.70\text{ V} \quad (\text{キ}) \quad \textcircled{8}$$

注 $V_D > 0$ だから b は a より高電位で, 順方向である。また, (i) 式に $I_D = 0.20\text{ A}$ を代入すると, $E = 11.8\text{ V}$ を得る。これは, (1)(イ) の 6.0 V より大きい。

講評

ダイオードを含む回路の問題。ダイオードには整流作用があるので, そこをきちんと押えれば問題ない。流れるかどうかははっきりしないときは, 流れないと仮定して計算。その後, 両端の電圧を計算し, あっているかどうかを確認すればよい。ダイオードが非オーム抵抗になっている本問のような形もあるので, きちんと演習しておきたい。