

強者の戦略

物理講師の内多です。春と言えば私の登場ですね。例年通り、担当させていただきます。

私が出題を担当した回はここ2回ほど、高校範囲を超えた内容（相対性理論）を扱っていましたが、久々に王道に戻ってみようと思います。今回は、2014年度の東大からの出題です。分野は「電気」。太陽電池を題材に、電気回路の電流・電圧などを求めさせる問題です。問うている物理量自体は非常に馴染みのあるものなのですが、そこは東大、スラスラと解くことは難しいです。「物理的思考力」を駆使し、本問題を突破してみてください。必要な予備知識は高校物理の「電気」内容で十分です。

(問題は次ページから)

強者の戦略

【問題】

太陽電池は、光を電気に変換する素子である。ここでは、太陽電池を図 2-1 に示す記号を用いて表し、その出力電流 I は図中の矢印の向きを正とする。また、図中の端子 b を基準とした端子 a の電位を出力電圧 V とする。このとき、 V と I の関係は、図 2-2 のようになり、下記の式 (i)、(ii) で表されるものとする。

(i) $V \leq V_0$ のとき、 $I = sP$

(ii) $V > V_0$ のとき、 $I = sP - \frac{1}{r}(V - V_0)$

ここで、 P は照射光の強度、 r 、 s 、 V_0 は全て正の定数である。以下の設問に答えよ。

I

図 2-3 のように、太陽電池の端子間に電気容量 C のコンデンサーを接続した。このとき、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。この状態で、時刻 $t = 0$ から一定の強度 P_0 の光を照射したところ、図 2-4 のように電流が変化した。

- (1) 図 2-4 中の時刻 t_1 を求めよ。
- (2) 十分に時間が経過した後コンデンサーに蓄えられた電荷を求めよ。

II

図 2-5 のように、太陽電池の端子間に抵抗値 R の抵抗を接続し、強度 P_0 の光を照射した。 R を変化させたとき、ある R_0 を境に、 $R \leq R_0$ の範囲では、抵抗を流れる電流 I が R によらず sP_0 となり、 $R > R_0$ の範囲では、 R の増加とともに電流 I が減少した。

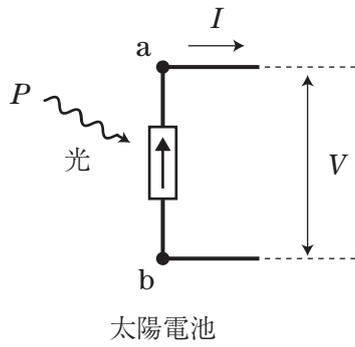
- (1) R_0 を求めよ。
- (2) $R > R_0$ のときの電流 I を、 P_0 、 r 、 s 、 V_0 、 R を用いて表せ。
- (3) r が R に比べて十分小さいとき、抵抗で消費される電力が最大となる R の値と、そのときの電力を求めよ。

III

図 2-6 のように、二つの太陽電池 1、2 と抵抗値 R の抵抗を直列に接続した。太陽電池 1 に強度 P_0 の光を、太陽電池 2 に強度 $2P_0$ の光を同時に照射した。ただし、 $P_0 = \frac{V_0}{rs}$ とする。太陽電池 1、2 の出力電圧をそれぞれ V_1 、 V_2 とし、抵抗を流れる電流を I とする。

- (1) R を調整したところ、 $I = \frac{1}{2}sP_0$ となった。 V_1 、 V_2 を求めよ。
- (2) (1) のとき、 R が r の何倍になるか答えよ。
- (3) 次に、 $R = r$ とした。 V_1 、 V_2 はどのような範囲になるか。以下から正しいものを一つ選んで答えよ。
 - ア. $V_1 \leq V_0$ かつ $V_2 \leq V_0$
 - イ. $V_1 \leq V_0$ かつ $V_2 > V_0$
 - ウ. $V_1 > V_0$ かつ $V_2 \leq V_0$
 - エ. $V_1 > V_0$ かつ $V_2 > V_0$
- (4) (3) の状態において、 I 、 V_1 、 V_2 を求めよ。

強者の戦略



太陽電池

図 2-1

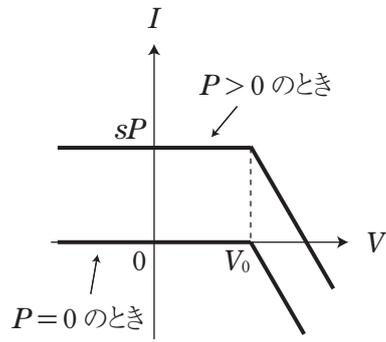


図 2-2

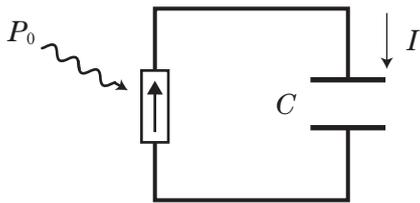


図 2-3

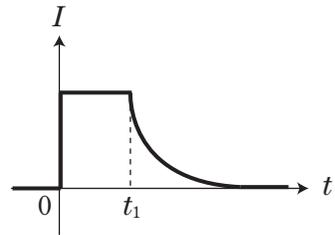


図 2-4

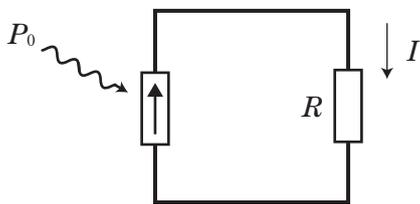


図 2-5

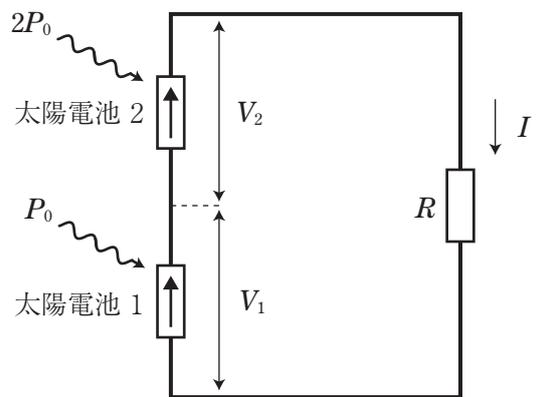


図 2-6