

電気製品によく使われているダイオードを用いた回路を考えよう．簡単化のため，ダイオードは図 1 のようなスイッチ S_D と抵抗とが直列につながれた回路と等価であると考え， P の電位が Q よりも高いか等しいときには S_D が閉じ，低いときには S_D が開くものとする．なお以下では，電池の内部抵抗，回路の配線に用いる導線の抵抗，回路の自己インダクタンスは考えなくてよい．

I 図 2 のように，容量 C のコンデンサー 2 個，ダイオード D_1, D_2 ，スイッチ S ，および起電力 V_0 の電池 2 個を接続した．最初，スイッチ S は $+V_0$ 側にも $-V_0$ 側にも接続されておらず，コンデンサーには電荷は蓄えられていないものとする．点 G を電位の基準点（電位 0）としたときの点 P_1, P_2 それぞれの電位を V_1, V_2 として，以下の設問に答えよ．

- (1) まず，スイッチ S を $+V_0$ 側に接続した．この直後の V_1, V_2 を求めよ．
- (2) (1) の後，回路中の電荷移動がなくなるまで待った．このときの V_1, V_2 ，およびコンデンサー 1 に蓄えられている静電エネルギー U を求めよ．また，電池がした仕事 W を求めよ．
- (3) (2) の後，スイッチ S を $-V_0$ 側に切り替えた．この直後の V_1, V_2 を求めよ．
- (4) (3) の後，回路中の電荷移動がなくなったときの V_1, V_2 を求めよ．

II 図 2 の回路に多数のコンデンサーとダイオードを付け加えた図 3 の回路は，コッククロフト・ウォルトン回路と呼ばれ，高電圧を得る目的で使われる．いま，コンデンサーの容量は全て C とし，最初，スイッチ S は $+V_0$ 側にも $-V_0$ 側にも接続されておらず，コンデンサーには電荷は蓄えられていないとする．

スイッチ S を $+V_0$ 側， $-V_0$ 側と何度も繰り返し切り替えた結果，切り替えても回路中での電荷移動が起こらなくなった．この状況において，スイッチ S を $+V_0$ 側に接続したとき，点 P_{2n-2} と点 P_{2n-1} の電位は等しくなっていた ($n = 1, 2, \dots, N$)．また，スイッチ S を $-V_0$ 側に接続したとき，点 P_{2n-1} と点 P_{2n} の電位は等しくなっていた ($n = 1, 2, \dots, N$)．スイッチ S を $+V_0$ 側に接続したときの点 P_{2N-1}, P_{2N} の電位 V_{2N-1}, V_{2N} を N と V_0 で表せ．なお，点 G を電位の基準点（電位 0）とせよ．

