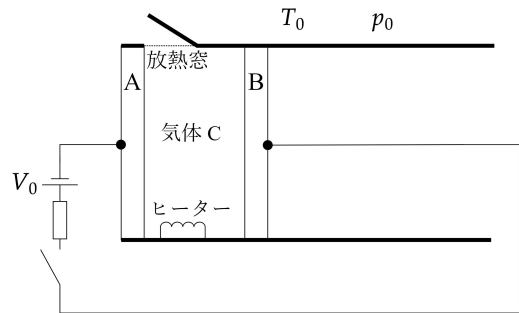


図のようなシリンダーに組み込まれたコンデンサーを考える．断面積 S のシリンダーに 2 つの導体の極板 A, B が挿入されている．極板 A, B は、図のように導線によって、内部抵抗の無視できる起電力 V_0 の電池、抵抗、スイッチとつながれている．極板 A は固定されていて、極板 B は極板 A と平行を保ったまま、なめらかに動けるようになっており、ピストンの役割をしている．A と B の間には、 n [mol] の単原子分子理想気



体 C が閉じ込められている．シリンダーの外は圧力 p_0 、温度 T_0 の外気である．シリンダーおよび気体は絶縁体であり、気体の誘電率は ε_0 である．シリンダーには開閉式の放熱窓があり、開いているときには気体 C と外気の間で熱のみを通し、閉じているときには熱を通さない．シリンダーの他の部分および極板は熱を通さない．また、シリンダー内部にはヒーターがあり、気体 C に熱を加えることができる．極板、およびシリンダーの熱容量は無視する．極板間の距離はシリンダーの半径に比べて十分に小さいとする．気体定数を R として、以下の問いに答えよ．

まず、スイッチが切れていて放熱窓が開いている場合を考える．気体 C の温度は T_0 で圧力は p_0 になっている．極板 A, B は帯電していなかった．このときの極板 A, B の間の距離を l_0 とする．

(1) l_0 を、 n , R , p_0 , T_0 , S のうち必要なものを用いて表せ．

次に、スイッチを切ったまま放熱窓を閉じ、ヒーターで熱を加え、温度が T になったところで加熱をやめた．

(2) 極板 B が外気に対してした仕事を、 p_0 , T_0 , T , S , l_0 のうち必要なものを用いて表せ．

(3) この過程でヒーターから加えた熱量を、 n , R , T_0 , T のうち必要なものを用いて表せ．

次に、放熱窓を開き、気体 C の温度が T_0 になるまで待つ．その後、スイッチを入れたところ、極板 B は、ゆっくり動いて止まった．このとき、極板 A に $-q$ 、極板 B に $+q$ ($q > 0$) の電荷が表れ、極板 A, B 間の電界（電場）の強さは E となった．

(4) E を ε_0 , q , S , l_0 のうち必要なものを用いて表せ．

(5) 気体 C の圧力を、 q , E , p_0 , S のうち必要なものを用いて表せ．ただし、極板 B が電界から受ける力の大きさは $\frac{qE}{2}$ であることに注意せよ．これは、極板 B 上の電荷は、極板 A 上の電荷 $-q$ が作る電界（強さ $\frac{E}{2}$ ）のみから力を受けるためである．

(6) 極板 A, B の間の距離を、 q , E , p_0 , S , l_0 のうち必要なものを用いて表せ．

- (7) 電荷 q を, ε_0 , V_0 , p_0 , S , l_0 のうち必要なものを用いて表せ. ただし, $V_0 = 0$ のときには $q = 0$ となることに注意せよ.
- (8) スイッチを入れた後, 電池がした仕事は qV_0 である. また, 外気は極板 B に対して仕事をしている. これらのエネルギーの行き先として当てはまるものを, 次からすべて選び, 記号を記せ.
- ① 気体 C の内部エネルギーの増加
 - ② 放熱窓を通して外気に逃げた熱
 - ③ 抵抗から発生したジュール熱
- (9) (8) の解答以外のエネルギーの行き先を 1 つ挙げよ.