

極板の面積 S [m²], 間隔 d [m] の平行板コンデンサーがある. 図 1 のように, コンデンサーにはスイッチを通して起電力 V_0 [V] の電池が繋がれている. ここで, 抵抗 R [Ω] は電池の内部抵抗であり, 導線の抵抗は無視する. コンデンサーの負側の極板は接地されている. スイッチを閉じてコンデンサーを充電し, 十分に

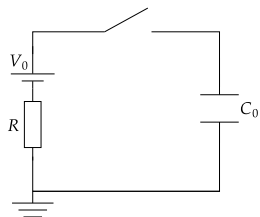


図 1

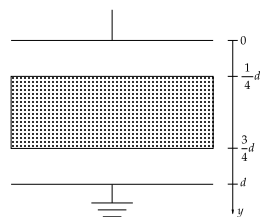


図 2

時間がたった後スイッチを開く. このとき, コンデンサーに蓄えられた電荷を Q_0 [C] とする. 極板の端の影響は無視できるものとする. 以下の文章の空欄を埋めよ. 空欄 オ には適切な語を記入せよ. 空欄 サ と セ には, 問題文の最後にある選択肢①～③から正しいものを選び記号で答えよ. その他の空欄については, 適切な数式を本文中の記号 Q_0 , S , d , ϵ_0 , ϵ_r および数字を使って答えよ. また, (3) と (4) に従ってグラフを描け.

- 極板間は真空であるとし, 真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする. 極板間の電気力線の本数はコンデンサーの電荷 Q_0 に比例し, 極板間の電界の強さ E [V/m] は単位面積あたりの電気力線の本数に等しいから, 電界の強さは, $E =$ ア Q_0 である. したがって, 充電電圧 V_0 とコンデンサーの電荷 Q_0 との関係は $Q_0 =$ イ V_0 となり, この比例定数がコンデンサーの電気容量 C_0 [F] を与える. ここで, 電池がコンデンサーを充電するのに要した仕事 W [J] は ウ V_0 であり, コンデンサーに蓄えられた静電エネルギー U_0 [J] は エ V_0 である. その差は オ として消費される.
- 極板間にはたらく力 F [N] を求めたい. 極板間隔 d における静電エネルギーは $U_0 =$ カ d と表される. 極板をゆっくりと Δd [m] だけ引き離すときの静電エネルギーの変化分 ΔU [J] は外から加えた仕事 $F\Delta d$ に等しい. これより, $F =$ キ $Q_0^2 =$ ク $Q_0 E$ となることがわかる.
- スイッチを開いた状態で, 図 2 のようにコンデンサーの中央に, 極板と同じ大きさで厚みが $\frac{d}{2}$ の電荷をもたない導体を挿入した. このときのコンデンサーの電気容量は導体挿入前の ケ 倍となる. 図 2 に示すように, 正側の極板上を座標の原点として負側の極板に向けて y 軸をとるとき, $0 \leq y \leq d$ における電位変化の様子を V - y グラフで描け. また, コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは導体挿入前の コ 倍となるから, 導体は挿入時, サ ことがわかる.
- (3) と同様に, スイッチを開いた状態で, コンデンサーの中央に, 極板と同じ大きさで厚みが $\frac{d}{2}$, 比誘電率が ϵ_r (> 1) の帯電していない誘電体を挿入した. このときのコンデンサーの電気容量は, 誘電体挿入前の シ 倍となる. $\epsilon_r = 2$ の場合について, $0 \leq y \leq d$ における電位変化の様子を V - y グラフで描け. また, この場合にコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは誘電体挿入前の ス 倍となるから, 誘電体挿入時, セ ことがわかる.

- ① コンデンサーに引き込まれる力を受ける
- ② コンデンサーから押し出される力を受ける
- ③ コンデンサーから力を受けない