

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] の電池がつながれている。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。

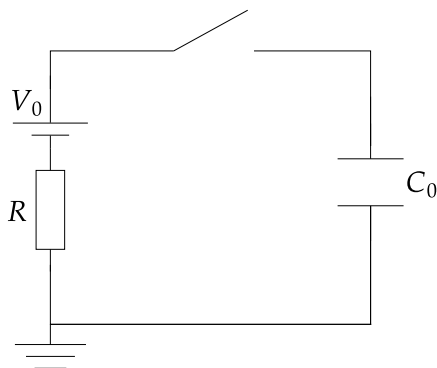


図 1

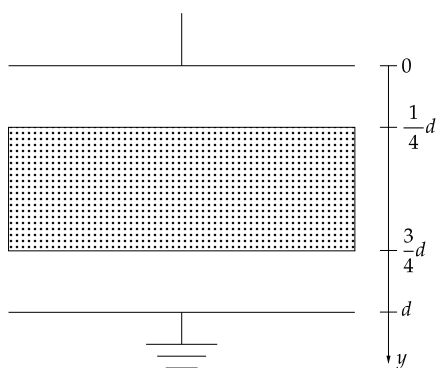


図 2

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。

(4) (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 $\varepsilon_r (> 1)$ 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。 $\varepsilon_r = 2$ 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