

物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

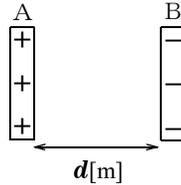
No.23

コンデンサー編

フツリヨキワメ

1 次の文を読み、空欄に適切な語句・式を入れよ。ただし、空気中の誘電率を ϵ [F/m] とする。

電気量 Q , $-Q$ [C] が帯電している極板 A と B (面積 S [m²]) が d [m] 離れて平行に置かれたコンデンサーがある。極板 A が作る電気力線の様子は (1), 極板 B が作る電気力線の様子は (2) となるので、極板 A と B で作る電気力線の様子は (3) となる。このとき、極板 A, B 内での電気力線の本数は (4) となることから、この場所での電場は (5) [N/C] と分かる。したがって、極板間の電圧 V は (6) [V] となり、式変形すると、 $Q = (7) \times V$ となる。(7) は (8) と呼ばれ、単位は (9) を用いて表す。



2 次の文章を読み、各問いに答えよ。ただし、真空中の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

面積 S [m²] の 2 枚の極板が d [m] 離れて平行に真空中に置かれ、コンデンサーが作られている。

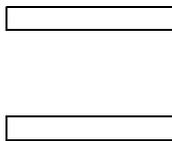
- (1) このコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (2) このコンデンサーの極板間隔を 2 倍にしたときの、電気容量を求めよ。
コンデンサーの極板間隔を d [m] に戻した。
- (3) 極板間に誘電率 ϵ [F/m] の物体を挿入した。このときの、電気容量を求めよ。
- (4) 極板間に比誘電率 ϵ_r の物体を挿入した。このときの、電気容量を求めよ。
- (5) 1 [F] を [pF], [μ F] の単位を用いて表せ。

3 次の文章を読み、空欄に適切な式を入れよ。

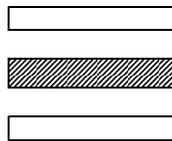
電気容量が C_1 , C_2 [F] のコンデンサーがある。これを並列につないだ場合の合成容量は (1) [F], 直列にした場合は (2) [F] である。

4 次の文章を読み、各問いに答えよ。ただし、真空中の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

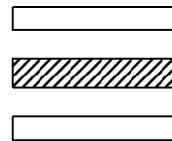
図のような、面積 S [m²] の 2 枚の極板が $3d$ [m] 離れて平行に真空中に置かれ、コンデンサーが作られている。このコンデンサーに厚さ d [m]、面積 S [m²] の導体や、この導体と同じ大きさで誘電率 ϵ の誘電体をコンデンサーに挿入したものが (図 2), (図 3) である。また、(図 4) では、厚さ $3d$ [m]、面積 $\frac{S}{2}$ [m²]、誘電率 ϵ の誘電体が挿入されている。



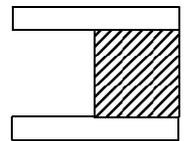
(図 1)



(図 2)



(図 3)



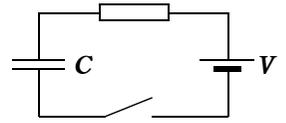
(図 4)

- (1) (図 1) のコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (2) (図 2) のコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (3) (図 3) のコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (4) (図 4) のコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (5) ここで用いている誘電体の比誘電率を求めよ。

5 次の文章を読み、各問いに答えよ。

電気容量 C [F] のコンデンサー、電圧 V [V] の電池、電気抵抗とスイッチからなる図のような回路を作った。スイッチを閉じてから充電が完了するまでの仕事とエネルギーの関係について考える。ある時刻でのコンデンサーに蓄えられた電気量を q [C] とする。この状態を (状態 1) と呼ぶ。この状態から、さらにコンデンサーに蓄えられた電荷が作る電場に逆らって $q + \Delta q$ [C] の電荷を蓄えた状態を (状態 2) と呼ぶ。このようにして電荷が蓄えられ、充電が完了する。

- (1) (状態 1) でのコンデンサーに加わる電圧を求めよ。
- (2) (状態 1) から (状態 2) になるまでで、コンデンサーに Δq の電荷をさらに充電するのに必要な仕事を求めよ。
- (3) 充電が完了したときのコンデンサーに蓄えられている電気量を求めよ。
- (4) (3) の電気量を蓄えるまでに要した仕事を求めよ。
- (5) 充電が完了するまでに電池がした仕事を求めよ。
- (6) 充電が完了するまでに電気抵抗で発熱したジュール熱を求めよ。



6 次の文章を読み、各問いに答えよ。

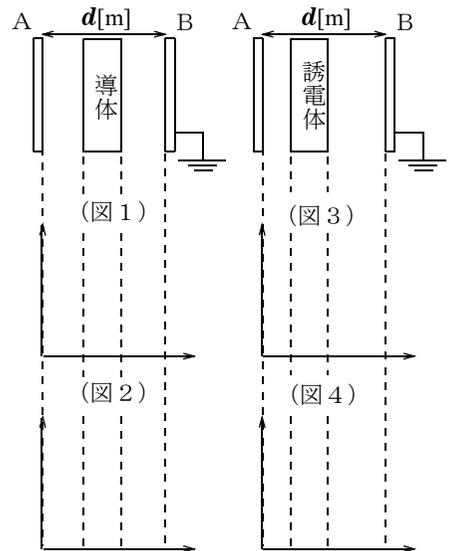
$+Q$, $-Q$ [C] の電気量が帯電している面積 S [m²] の極板 A, B がある。また、極板 A, B は d [m] 離して並行に置き、極板 B は接地している。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

極板と同じ面積で幅 a [m] の導体を、極板に対して平行に挿入した。

- (1) 導体を挿入した後の電気容量を求めよ。
- (2) 縦軸を電場、横軸を極板 A からの距離としたグラフを (図 1) に描け。また、A 点の電場も明記すること。
- (3) 縦軸を電位、横軸を極板 A からの距離としたグラフを (図 2) に描け。また、A 点の電位も明記すること。
- (4) 導体を挿入する前と挿入した後のコンデンサーの静電エネルギーの変化量を求めよ。

幅 a [m]、比誘電率 ϵ_r 、極板と同じ面積の誘電体を、極板に対して平行に挿入した。

- (5) 誘電体を挿入した後の電気容量を求めよ。
- (6) 縦軸を電場、横軸を極板 A からの距離としたグラフを (図 3) に描け。
- (7) 縦軸を電位、横軸を極板 A からの距離としたグラフを (図 4) に描け。
- (8) 誘電体挿入前と挿入後でのコンデンサーの静電エネルギーの変化量を求めよ。

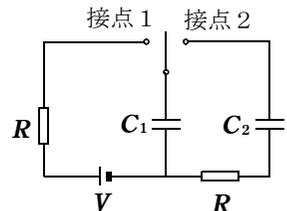


7 次の文章を読み、各問いに答えよ。

電気容量が C , $2C$ [F] のコンデンサー C_1 , C_2 がある。これらと R [Ω] の電気抵抗、電圧 V [V] の電源、スイッチを用いて図のような回路を作り、以下の順に操作を行った。ただし、各コンデンサーには始め電気が蓄えられていなかったものとする。

- [操作 1] スイッチを接点 1 につないだ。
 [操作 2] スイッチを接点 2 につないだ。
 [操作 3] スイッチを接点 1 につなぎ十分時間が経過した後、スイッチを接点 2 につないだ。

- (1) [操作 1] を行ってから十分時間が経過したときにコンデンサー C_1 に蓄えられている電気量を求めよ。
- (2) [操作 1] で抵抗に発生したジュール熱を求めよ。
- (3) [操作 2] を行ってから十分時間が経過したときにコンデンサー C_2 に蓄えられている電気量を求めよ。
- (4) [操作 2] でコンデンサー C_1 から C_2 に移動した電気量を求めよ。
- (5) [操作 2] で抵抗に発生したジュール熱を求めよ。
- (6) [操作 3] を行ってから十分時間が経過したときにコンデンサー C_2 にかかっている電圧を求めよ。

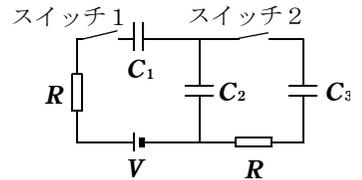


8 次の文章を読み、各問いに答えよ。

電気容量が C , C , $2C$ [F] のコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 がある。これらと R [Ω] の電気抵抗、電圧 V [V] の電源、スイッチを用いて図のような回路を作り、以下の順に操作を行った。ただし、各コンデンサーには始め電気が蓄えられていなかったものとする。

- [操作1] スwitch 2 を開いたままにしてスwitch 1 をつないだ。
 [操作2] スwitch 1 を開き、スwitch 2 をつないだ。
 [操作3] スwitch 2 を開き、スwitch 1 をつないだ。

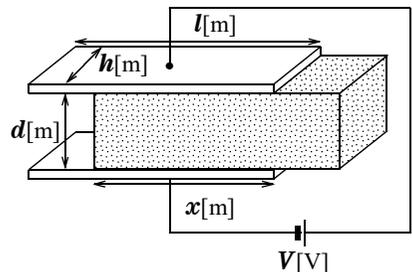
- (1) [操作1] を行ってから十分時間が経過したときにコンデンサー 2 に蓄えられている電気量を求めよ。
- (2) [操作1] で抵抗に発生したジュール熱を求めよ。
- (3) [操作2] を行ってから十分時間が経過したときにコンデンサー 2 に蓄えられている電気量を求めよ。
- (4) [操作2] でコンデンサー 2 から 3 に移動した電気量を求めよ。
- (5) [操作2] で抵抗に発生したジュール熱を求めよ。
- (6) [操作3] を行ってから十分時間が経過したときにコンデンサー 2 にかかっている電圧を求めよ。



9 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のような幅 l [m]、奥行き h [m] の金属板を真空中に d [m] 離れて平行に置きコンデンサーを作り電圧 V [V] の電池をつないだ。この中に、厚さ d [m] の誘電率 ϵ [F/m] の誘電体を x [m] だけ挿入した。ただし、真空中の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

- (1) 誘電体を挿入する前のコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (2) 誘電体を挿入した後のコンデンサーの電気容量を求めよ。
- (3) 誘電体をさらに Δx [m] だけゆっくりと挿入した。コンデンサーの静電エネルギーの変化を求めよ。
- (4) 誘電体を Δx [m] だけゆっくりと挿入する間に電池がした仕事を求めよ。



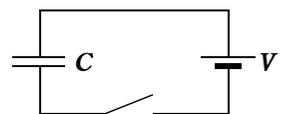
- (5) 誘電体を Δx [m] だけゆっくりと挿入するのに外部からした仕事を求めよ。
- (6) 誘電体が極板から受ける力の向きについて正しいものを、以下のア～オより選び、記号で答えよ。
 - ア. 誘電体を引き込む向きに力が働く。
 - イ. 誘電体を引き抜く向きに力が働く。
 - ウ. 上の極板に近づく向きに力が働く。
 - エ. 下の極板に近づく向きに力が働く。
 - オ. 誘電体に力は働かない。
- (7) コンデンサーに誘電体を挿入するとき外部に加える力を F [N] とすると、誘電体を Δx [m] だけゆっくりと挿入する間にこの力がした仕事はいくらか。 F , Δx を用いて表せ。
- (8) F を ϵ , ϵ_0 , d , h , V を用いて表せ。

10 次の文章を読み、各問いに答えよ。

電気容量 C [F] のコンデンサーを電圧 V [V] の電池とスイッチにつないだ。スイッチを閉じてから十分時間が経過したときにコンデンサーの静電エネルギーを U [J] とする。

スイッチを開いて、コンデンサーの極板間隔を 2 倍にした。

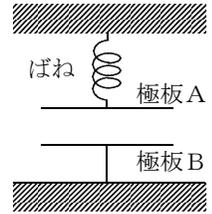
- (1) コンデンサーの電気容量を求めよ。
- (2) コンデンサーの静電エネルギーを求めよ。
- (3) コンデンサーの極板を広げるのに、外部の力がした仕事を求めよ。
コンデンサーのスイッチを閉じてコンデンサーの極板間隔を 2 倍にした。
- (4) コンデンサーの静電エネルギーを求めよ。
- (5) 電流が流れた方向は時計回りか、反時計回りか、答えよ。
- (6) コンデンサーの極板を広げるのに、外部の力がした仕事は正か負か、答えよ。



【チャレンジ問題】

11 次の文章を読み、各問いに答えよ。【2006 横浜市大】

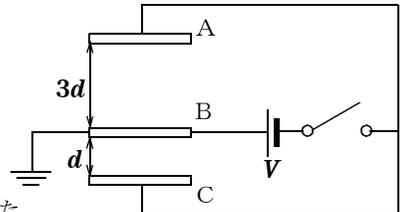
面積 $S[\text{m}^2]$ の平行板コンデンサーが真空中に置かれており、真空中の誘電率を $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とする。また、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ とする。



- (1) コンデンサーに $q[\text{C}]$ の電荷が蓄えられている。
- (a) 電荷を一定に保ち、極板間隔を Δd だけ増やすと、コンデンサーの静電エネルギーはどれだけ変化するか。
- (b) 極板間にはたらく力の大きさを求めよ。
- (2) 図のようにコンデンサーの極板A（質量 $m[\text{kg}]$ ）をばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねでつるし、極板Bは動かないように固定した。コンデンサーに電気が蓄えられていない状態で、極板Aはあるところでつりあって静止した。
- (a) 極板Aに質量 $m[\text{kg}]$ のおもりをのせた。のせる前と比べてばねはいくら伸びるか。
- (b) 次に、おもりを取り除き、コンデンサーに電荷を蓄えていったところ $Q[\text{C}]$ の電気量でばねがおもりののせていたときと同じ伸びになった。 Q を求めよ。
- (c) (b) の状態で、極板Aに質量 $m[\text{kg}]$ のおもりを静かにのせたところ、おもりと極板Aは一体となって運動した。おもりを乗せてから、おもりと極板Aが再び同じ位置に戻ってくるまでの時間を求めよ。

12 次の文章を読み、各問いに答えよ。

3つの極板A, B, C（面積 $S[\text{m}^2]$ ）からなるコンデンサーと電圧 $V[\text{V}]$ の電池とスイッチを用いて図のような回路を作った。極板AとBは $3d[\text{m}]$ 、極板BとCは $d[\text{m}]$ 離れて平行に置かれている。各極板が帯電していない状態でスイッチを入れた。ただし、真空中の誘電率を $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とする。



- (1) 極板Aの電位を求めよ。
- (2) 極板Aに蓄えられている電気量を求めよ。
- 次に、スイッチを切り、極板BをAの方にゆっくりと $d[\text{m}]$ 近づけた。
- (3) 極板A, Cの電位を求めよ。
- (4) 2つのコンデンサーの静電エネルギーは合計でいくら変化したか。
- (5) コンデンサーBを移動させるのに外部の力のした仕事を求めよ。