

テスト演習

実施日：2023 年 10 月 28 日

最終更新日：2023 年 10 月 24 日

第1問

真空中で図1のように、2枚の薄い金属板 A, B を間隔 d [m] はなして配置した平行平板コンデンサーの両端に起電力 V [V] の電池とスイッチ S がつないである。 d は金属板の大きさに対して十分に小さく、金属板の周辺部分の不均一さは無視できるとする。金属板 A は接地してあり、その電位は 0 [V] に保たれている。図1のように金属板 A の位置を原点 O として金属板に垂直な方向に x 軸をとる。このコンデンサーの電気容量は C [F] である。次の問いに答えよ。

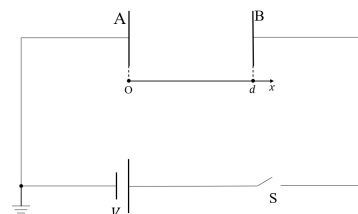


図 1

スイッチ S を閉じて十分に時間をおいた。

- (1) このコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを答えよ。
- (2) 金属板 A, B 間の座標 x における電位を図2に描け。
- (3) 金属板 A, B 間の座標 x における電場の強さを図3に描け。

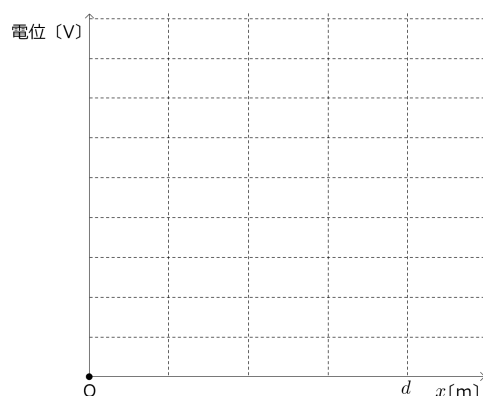


図 2

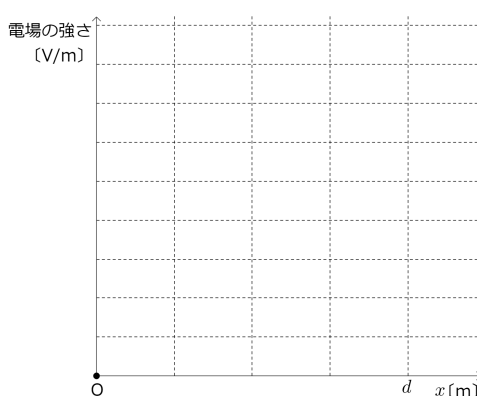


図 3

次にコンデンサーを完全に放電した。そして、スイッチ S を開いた状態で図4のように金属板 A, B の間に厚さ $\frac{d}{2}$ [m] の金属板を A, B それぞれからの距離が等しくなるように挿入した。その後、スイッチ S を閉じて十分に時間をおいた。

- (4) このコンデンサーに蓄えられている電気量を答えよ。
- (5) 金属板 A, B 間の座標 x における電位を図2に描き足せ。
- (6) 金属板 A, B 間の座標 x における電場の強さを図3に描き足せ。

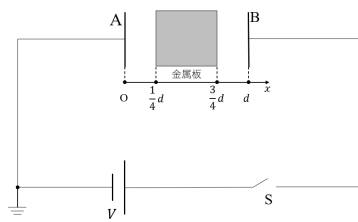


図 4

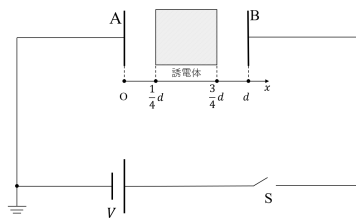


図 5

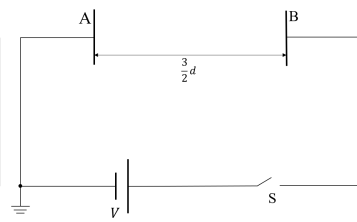


図 6

再びコンデンサーを完全に放電した。そして、スイッチ S を開いた状態で図 5 のように金属板 A, B の間に比誘電率が 2 で、厚さが $\frac{d}{2}$ [m] の誘電体を A, B それぞれからの距離が等しくなるように挿入した。その後、スイッチ S を閉じて十分に時間をおいた。

(7) このコンデンサーに蓄えられている電気量を答えよ。

(8) 金属板 A, B 間の座標 x における電位を図 2 に描き足せ。

(9) 金属板 A, B 間の座標 x における電場の強さを図 3 に描き足せ。

続いてスイッチ S を開いた後に、金属板 A, B 間の距離を保ったまま誘電体を取り除いた。

(10) 誘電体を取り除くために要した仕事を答えよ。

その後、図 6 のように金属板 A, B の間隔を $\frac{3}{2}d$ [m] に広げて十分に時間をおいた。

(11) このときの金属板 A, B 間の電位差を答えよ。

第2問

断面積 S ，長さ L の導体がある．この導体には，電気量 $-e$ の自由電子が単位体積あたり n 個含まれるものとして，次の問いに答えよ．

- (1) 図 1 のように，導体の両端に電圧 V を加えた．
- (a) 導体内に生じる電場の大きさはいくらか．その向きは図の A，B のいずれか．
 - (b) 自由電子が電場から受ける力の大きさはいくらか．その向きは A，B のいずれか．
- (2) 自由電子は電場から力を受けるが，導体中の陽イオンからの抵抗力を受け，この 2 つの力が釣りあって，自由電子は一定の速さで移動するとみなせる．この抵抗力の大きさが自由電子の速さに比例すると考え，その比例定数を k とする．
- (c) 自由電子の速さはいくらか．
 - (d) 導体の断面を単位時間通過する電子の数はいくらか．
 - (e) 導体を流れる電流の大きさはいくらか．
 - (f) オームの法則と (e) の結果を比較すると，導体の抵抗はいくらか．
- (3) 導体の両端に加えた電圧により生じた電場は，抵抗力に逆らって自由電子を移動させる仕事をする．この仕事は，導体から発生するジュール熱と等しくなる．
- (g) 電場が 1 個の自由電子に単位時間にする仕事はいくらか．
 - (h) 導体から単位時間に発生するジュール熱はいくらか．

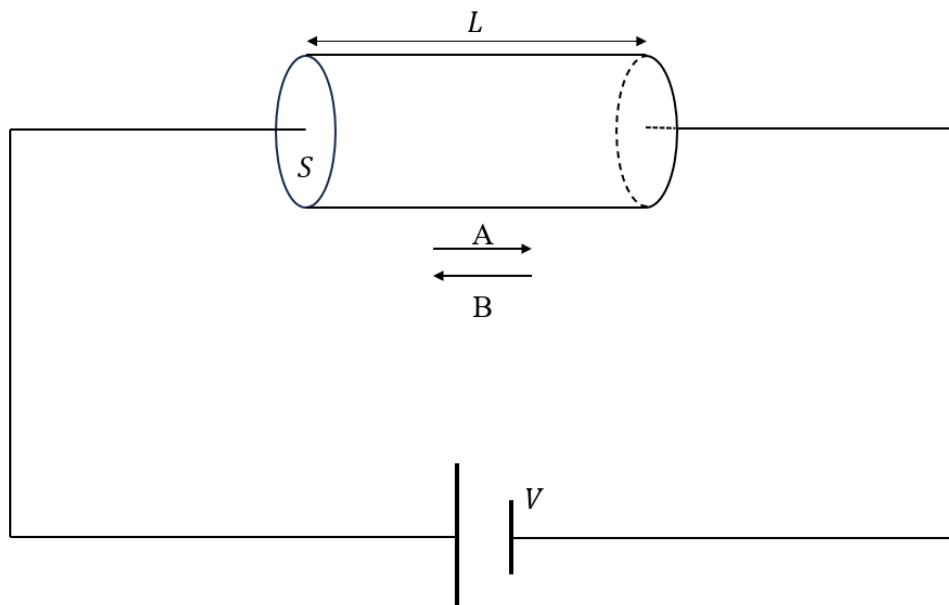


図 1

< 計算用紙 >

