

電磁気学中間試験 2012

※1：文末に（単位）と書いてある問題はすべて単位を付けて答えること

※2：特にことわりがない限り、すべて真空中での実験と考えて解答せよ

※3：以下の物理定数は文中における記載の有無に関わらず使える

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{クーロンの法則における比例定数 } k \\ \text{重力加速度 } g \end{array} \right.$$

問1 以下の物理量を表すのに適当な単位を答えなさい。なお、(B)以外はすべてアルファベット1文字で解答すること（5点）

(A)電荷 Q

(B)電場 E

(C)電位（電位差） V

(D)コンデンサの電気容量（接頭語は付けなくてもよい）

(E)エネルギー

問2 一様な電場内で電場の方向に $2[\text{m}]$ 離れた2点間の電位差が $10[\text{V}]$ だった。このとき以下の問いに答えなさい（4点）

(1)電場の強さを求めなさい（単位）

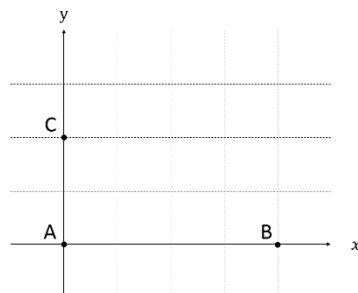
(2)この電場に置かれた $+1[\text{C}]$ の電荷が受ける電気力の大きさを求めなさい（単位）

問3 2枚の極板（導体の板）がある。一方の極板で静止していた点電荷（質量 m 、電荷 $+Q$ ）が電位差 V の極板の極板間を電気力のみを受けて移動したとする。反対側の極板に到達する直前の点電荷の速度を求めなさい（2点）

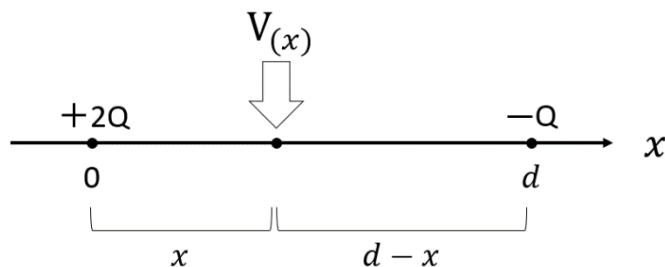
問4 電気容量 $1[\mu\text{F}]$ のコンデンサに電圧 $100[\text{V}]$ を加えた。このとき、コンデンサに蓄えられる電荷を求めなさい（単位）（2点）

問5 あるコンデンサに $20[\text{V}]$ の電位差を加えたところ $10^{-4}[\text{C}]$ の電荷が蓄えられた。このコンデンサの電気容量を求めなさい（単位）（2点）

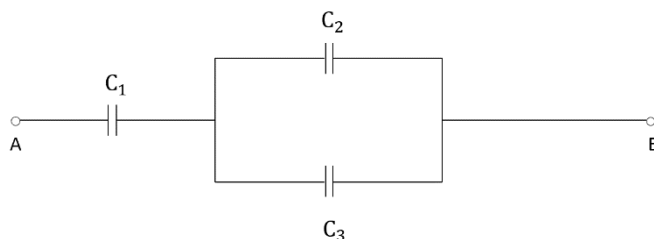
問6 右図に示すように xy 平面上に点電荷 A, B, C を書いた。A, B, C の電荷がそれぞれ $+4[\text{C}]$, $+12[\text{C}]$, $-4[\text{C}]$ のとき、点電荷 A に働く電気力の大きさを求めなさい。図中の目盛りは $1[\text{m}]$ ごとに引かれている。クーロンの法則における比例定数を $k = 9 \times 10^9 [\text{Nm}^2/\text{C}^2]$ として計算しなさい（単位）（10点）



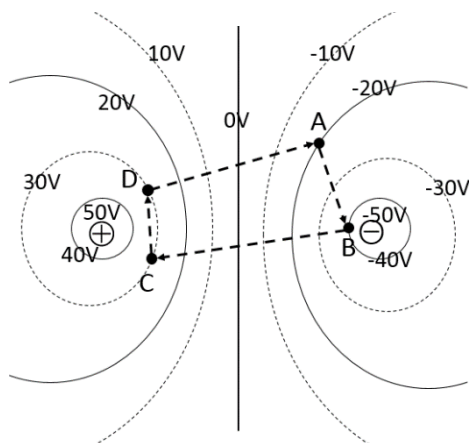
- 問7 下図のように x 軸上の2点($x=0, d$)に2つの点電荷 $+2Q, -Q$ を配置した。このとき、 x 軸上の点電荷に挟まれた領域(すなわち、 $0 < x < d$ の範囲)の任意の点における電位 $V(x)$ を求めよ(10点)



- 問8 電気容量がそれぞれ C_1, C_2, C_3 の3つのコンデンサを下図のように接続した。このときA-B間の合成容量を求めなさい(10点)



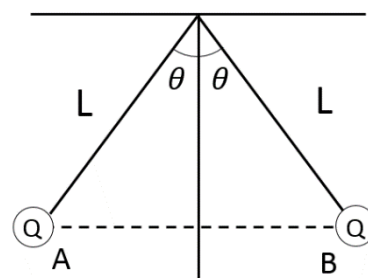
- 問9 下図のような等電位線を持つ電場において $+5[C]$ の電荷を「点A→点B→点C→点D→点A」という経路を破線の矢印に沿って一周させたとする。このとき以下の問いに答えなさい。(単位) (9点)



(1)各区間において電場がした仕事($W_{A \rightarrow B}, W_{B \rightarrow C}, W_{C \rightarrow D}, W_{D \rightarrow A}$)を求めなさい。

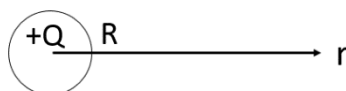
(2)点Aを出発して、再び点Aに戻ってくるまでに電場がした仕事の総和を求めなさい。

問 1 0 質量 m の金属小球 A, B が右図のように天井から長さ L の糸でつり下げられている。A, B に等しい正電荷 Q を与えたところ、2 本の糸はそれぞれ鉛直線と θ の角をなして静止した。このとき、以下の問いに答えなさい (9 点)

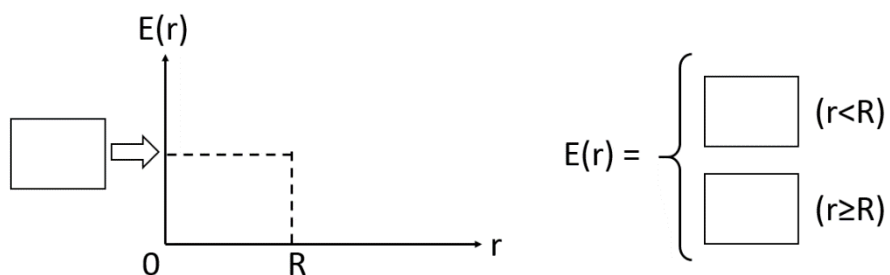


- (1) 金属小球 A に作用するクーロン力 (電気力) F_E を m, g, θ を用いて表しなさい。
- (2) 金属小球 A に作用するクーロン力 (電気力) F_E を k, L, Q, θ を用いて表しなさい。
- (3) 金属小球に与えられた電荷 Q を k, m, g, L, θ を用いて表しなさい。

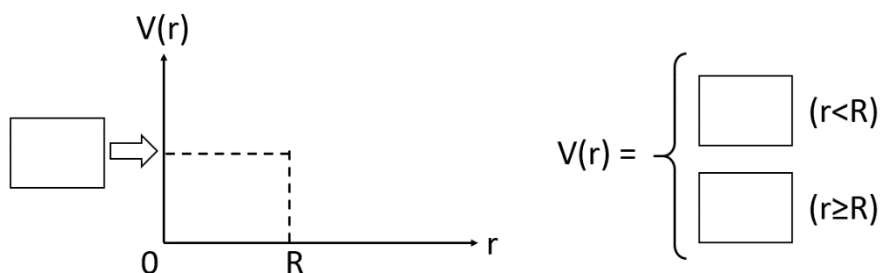
問 1 1 半径 R の導体球に正電荷 $+Q$ を置いた。このとき以下の問いに答えなさい (10 点)



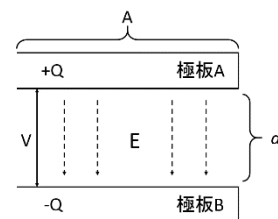
- (1) 導体球の中心からの距離 r における電場 $E(r)$ をもとめ空欄に記入しなさい (場合分けすること)。また電場 $E(r)$ を以下のグラフに図示し、空欄に適当な電場の大きさを記入しなさい。



- (2) 導体球の中心からの距離 r における電位 $V(r)$ をもとめ空欄に記入しなさい (場合分けすること)。また電位 $V(r)$ を以下のグラフに図示し、空欄に適当な電位の大きさを記入しなさい。

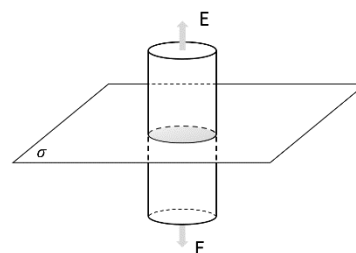


問 1 2 右図のように、極板の面積が A 、極板の間隔が d の平行板コンデンサを考える。いま、各極板に $+Q$ 、 $-Q$ の電荷が蓄えられている。このとき以下の問いに、 A 、 d 、 Q 、 k 、及び、問題文中で与えられた記号を使って答えなさい (7 点)

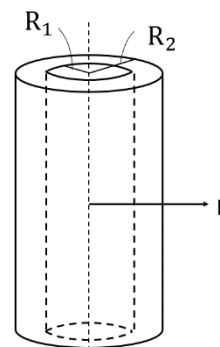


- (1) 極板 A の電荷密度 σ を求めなさい
- (2) 極板間の電場の強さ E を Q を用いて求めなさい
- (3) 極板 A と極板 B の電位差 V を Q を用いて求めなさい
- (4) このコンデンサの電気容量 C_0 を求めなさい
- (5) 以下の作業を行ったところコンデンサの電気容量が変化した。変化後の電気容量 C' を C_0 を用いて表しなさい。
 - (a) 極板の間隔を d から $2d$ に広げる
 - (b) 極板の面積を A から $2A$ に広げる
 - (c) 極板 A と極板 B の間を比誘電率 ϵ_r の誘電体で完全に満たす

問 1 3 無限に広い平面上に電荷が一様な面密度 σ で分布している。このとき平面の両側に、平面に垂直な一様電場 E が生じる。断面積 A の円柱を閉曲面としたガウスの法則を考えることにより、電場 E の大きさを求めなさい (10 点)



問 1 4 半径がそれぞれ R_1 、 R_2 の無限に長い 2 つの円筒で構成されるコンデンサ (右図) について、以下の問いに答えなさい。なお、2 つの円筒の軸は完全に一致しているものとする (10 点)



- (1) 半径 R_1 、 R_2 の円筒の単位長さあたりに蓄えられている電荷をそれぞれ $+Q$ 、 $-Q$ とすると、軸からの距離 r ($R_1 < r < R_2$) における電場の大きさは $E(r) = \frac{2kQ}{r}$ と表せることを示しなさい。

- (2) このコンデンサの単位長さあたりの電気容量を求めなさい。