

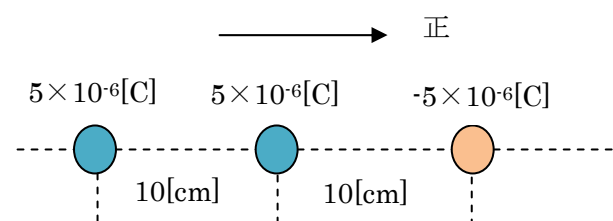
平成 22 年度 電磁気学 I 理解度チェックテスト(自己採点后、回収します。)

| 学生番号 | 名前 | 自己採点 |
|------|----|------|
|      |    | /100 |

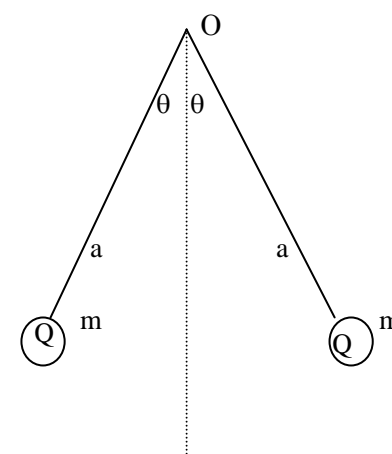
\* 本テストの結果は判定には全く加味しません。皆さんの今の実力を自分で把握してもらうことが目的です。定期試験のつもりで取り組んでください。カンニング・人との相談は禁止です。

1. 電子と陽子が  $10^{-8}$ [cm] 離れているとして、両者間に働く力の大きさと向き(斥力か引力か)を求めなさい。真空の誘電率は  $\epsilon_0=8.854 \times 10^{-12}$ [F/m]、電子の素電荷は  $q=1.602 \times 10^{-19}$ [C] として計算しなさい。(10 点)

2. 図のように、真空中で 1 直線上に間隔 10[cm] 隔てて  $5 \times 10^{-6}$ [C]、 $5 \times 10^{-6}$ [C]、 $-5 \times 10^{-6}$ [C] の電荷が存在する。それぞれの電荷に加わる力の大きさと向きを求めなさい。(10 点)



3. 質量  $m=1$ [g]、電荷  $Q$  の小さな物体 2 個を、それぞれ長さ  $a=50$ [mm] の絶縁糸で同一の点  $O$  からつるしたとき、糸の鉛直に対する傾き  $\theta$  が  $10^\circ$  になった。このときの  $Q$  はいくつか? (10 点)

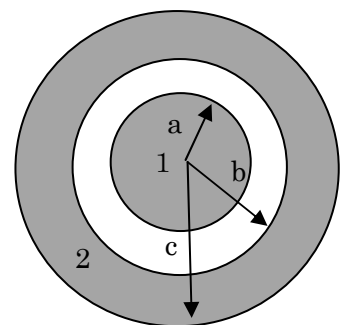


4. それぞれ  $6 \times 10^{-8}$ [C] と  $-12 \times 10^{-8}$ [C] の 2 つの点電荷が 10[cm] 離れて存在している。  
 (a) 両電荷の中点の電界を求めなさい。(10 点)  
 (b) 電界の強さがゼロになる点を求めなさい。(10 点)

5. 直径 100[mm]の導体球に  $5 \times 10^{-7}$ [C]の電荷がある。
- (1) 表面の電荷密度(3点)
  - (2) 表面の電界の強さ(3点)
  - (3) 導体から 5[cm]離れた点の電界を求めなさい。(4点)

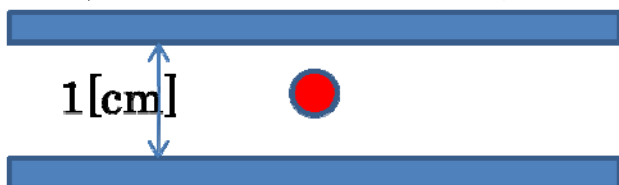
6. 1個の電子が電界に従って 1[V]の電位差だけ移動したとき、電子が得るエネルギーはいくらか。エネルギーの単位[J]で答えなさい。(10点)

7. 右の図は、2個の同心の導体球である。
- (1) 導体 1 の電荷  $Q$ [C]、導体 2 の電荷  $0$ [C]の時、
  - (2) 導体 1 の電荷  $0$ [C]、導体 2 の電荷  $Q$ [C]の時、
  - (3) 導体 1 の電荷  $Q$ [C]、導体 2 の電荷  $-Q$ [C]の時、各地点における電界および各導体の電位はどうなるか。(10点)



8. 空気中における直径 1[m]の導体球の表面の電界の強さが 3 万[V/cm]である。球の電位を求めなさい。空気の誘電率は真空の誘電率と同じ  $8.854 \times 10^{-12}$ [F/m]である。(10点)

9. 図のように、間隔 1[cm]の 2 枚の平行な導体板を水平に置く。その間に電子を置いて、静止するためには、両導体間にどれだけの電位差を加えればよいか？ 電子の静止質量  $m_0$  は  $m_0 = 9.109 \times 10^{-31}$ [kg]、重力加速度  $g = 9.8$ [m/s<sup>2</sup>]、素電荷  $e = 1.602 \times 10^{-19}$ [C]で計算しなさい。



平成 22 年度 電磁気学 I 理解度チェックテスト 解答例(持ち帰ってください。)

1. 電子と陽子が  $10^{-8}$ [cm] 離れているとして、両者間に働く力の大きさと向きを求めなさい。真空の誘電率は  $\epsilon_0=8.854 \times 10^{-12}$ [F/m]、電子の素電荷は  $q=1.602 \times 10^{-19}$ [C] として計算しなさい。(10 点)

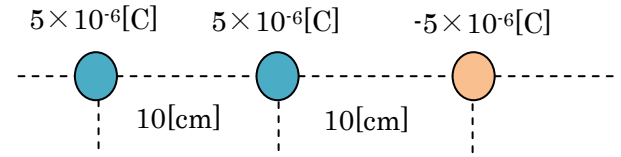
$$\frac{(1.602 \times 10^{-19})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (10^{-10})^2} = 2.31 \times 10^{-8} [N] \text{ の引力が働く。}$$

2. 図のように、真空中で 1 直線上に間隔 10[cm] 隔てて  $5 \times 10^{-6}$ [C]、 $5 \times 10^{-6}$ [C]、 $-5 \times 10^{-6}$ [C] の電荷が存在する。それぞれの電荷に加わる力の大きさと向きを求めなさい。(10 点)

$$\text{左: } -\frac{(5 \times 10^{-6})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (10^{-1})^2} + \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (2 \times 10^{-1})^2} = -16.9 [N]$$

$$\text{中央: } \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (10^{-1})^2} + \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (10^{-1})^2} = 44.9 [N]$$

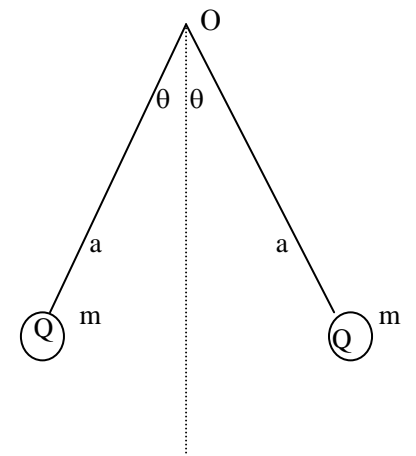
$$\text{右: } \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (10^{-1})^2} - \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{4\pi\epsilon_0 \times (2 \times 10^{-1})^2} = -28.1 [N]$$



3. 質量  $m=1$ [g]、電荷  $Q$  の小さな物体 2 個を、それぞれ長さ  $a=50$ [mm] の絶縁糸で同一の点  $O$  からつるしたとき、糸の鉛直に対する傾き  $\theta$  が  $10^\circ$  になった。このときの  $Q$  はいくつか? (10 点)

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{mg}{\tan(10^\circ)}$$

$$q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 r^2 mg \cdot \tan(10^\circ)} = 7.61 \times 10^{-9} [C]$$



4. それぞれ  $6 \times 10^{-8}$ [C] と  $-12 \times 10^{-8}$ [C] の 2 つの点電荷が 10[cm] 離れて存在している。

(a) 両電荷の midpoint の電界を求めなさい。(10 点)

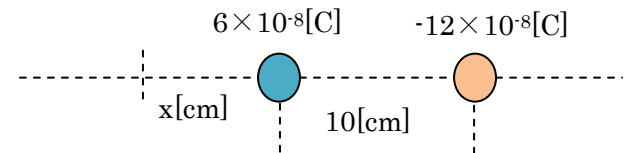
(b) 電界の強さがゼロになる点を求めなさい。(10 点)

(a) どちらも同じ向きなので、

$$\frac{6 \times 10^{-8}}{4\pi\epsilon_0 (0.05)^2} + \frac{12 \times 10^{-8}}{4\pi\epsilon_0 (0.05)^2} = 6.47 \times 10^5 [N/C = V/m]$$

(b) 必ず軸上に存在する。

$$\frac{6 \times 10^{-8}}{4\pi\epsilon_0 x^2} = \frac{12 \times 10^{-8}}{4\pi\epsilon_0 (x+0.1)^2} \quad x = 0.1 \pm 0.1\sqrt{2} = 24.1 [cm], -4.1 [cm]$$



このうち  $-4.1$ [cm] が解でないのは、(a) より明らか。従って、最終解は二つの点電荷の軸上、 $6 \times 10^{-8}$ [C] の電荷の反対側  $24.1$ [cm] の地点

5. 直径 100[mm] の導体球に  $5 \times 10^{-7}$ [C] の電荷がある。

(1) 表面の電荷密度 (3 点)

(2) 表面の電界の強さ (3 点)

(3) 導体から 5[cm] 離れた点の電界を求めなさい。(10 点)

$$\text{(a) } \frac{5 \times 10^{-7}}{4\pi \times 0.05^2} = 1.59 \times 10^{-5} [C/m^2]$$

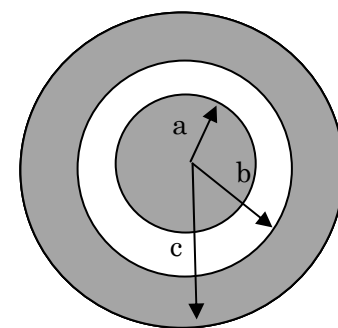
$$\text{(b) } E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{5 \times 10^{-7}}{4\pi\epsilon_0 \times 0.05^2} = 1.80 \times 10^6 [V/m]$$

$$\text{(c) } E = \frac{5 \times 10^{-7}}{4\pi\epsilon_0 \times 0.1^2} = 4.49 \times 10^5 [V/m]$$

6. 1個の電子が電界に従って1[V]の電位差だけ移動したとき、電子が得るエネルギーはいくらか。エネルギーの単位[J]で答えなさい。(10点)

$$1.602 \times 10^{-19} [\text{J}]$$

7. 図のように2個の同心球がある。中と外の導体球の間、および外の導体球の外部は真空である。

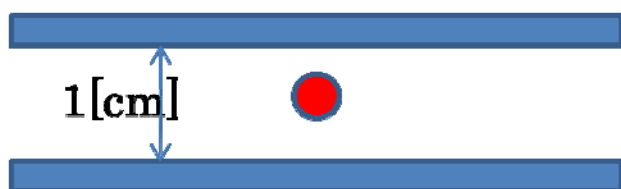


- (1) 中の導体球に電荷  $Q$  を与え、外の導体球は電荷零のとき、
- (2) 中の導体球の電荷零、外の導体球の電荷  $Q$  のとき、
- (3) 中の導体球の電荷  $Q$ 、外の導体球の電荷  $-Q$  のときの各部の電界および各導体の電位を求めなさい。

8. 空気中における直径1[m]の導体球の表面の電界の強さが3万[V/cm]である。球の電位を求めなさい。空気の誘電率は真空の誘電率と同じ  $8.854 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$  である。(10点)

$$\begin{aligned} V &= -\int_{\infty}^{0.5} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 0.5} \\ &= 1.5 \times 10^6 [\text{V}] \end{aligned}$$

9. 図のように、間隔1[cm]の2枚の平行な導体板を水平に置く。その間に電子を置いて、静止するためには、両導体間にどれだけの電位差を加えればよいか？ 電子の静止質量  $m_0$  は  $m_0 = 9.109 \times 10^{-31} [\text{kg}]$ 、重力加速度  $g = 9.8 [\text{m/s}^2]$ 、素電荷  $e = 1.602 \times 10^{-19} [\text{C}]$  で計算しなさい。



$$m_0 \times g = e \times V \cdot 0.01$$

$$V = 5.57 \times 10^{-13} [\text{V}]$$

以上