

電界と電気力線 (演習問題)

v1.3 Oct.2020

番号: _____ 氏名: _____

- ◇ 電界中に 10^{-7} C の微小電荷を置いたとき、それにはたらく力が 1.5×10^{-5} N であった。電荷を置いた点の電界の大きさを求めよ。^{*1}
- ◇ 10^{-6} C (= $1\mu\text{C}$) の点電荷からの距離がそれぞれ (1) 1 cm, 20 cm, 3 m の点の電界の大きさを求めよ。^{*2}
- ◇ $Q_1 = 3 \times 10^{-9}$ C と $Q_2 = -6 \times 10^{-9}$ C の点電荷が $r = 10$ cm 離れているとき、次の各点の電界の強さを求めよ。(1) 両電荷の中点, (2) 電荷 Q_1 の延長上 $r_1 = 5$ cm 離れた P_1 , (3) 電荷 Q_2 の延長上 $r_2 = 5$ cm 離れた P_2 ^{*3}
- ♡ 電界中に置かれた電子が点 P_1 から点 P_2 に向かう静電力を受けるとき、電気力線は点 P_1 , 点 P_2 のどちらからどちらへ向いているか。^{*4}
- ♡ 1 辺の長さが a [m] である正方形の一つの頂点に電荷 Q [C] を置いたとき、そのほかの頂点での電界の強さを求め、それを図中に矢印で示せ。^{*5}
- ♡ 等量同符号の二つの点電荷が、 x 軸上で原点を中心に距離 $2d$ 離れて配置されている。二つの電荷を結ぶ中線 y 軸上で電界が最大となる点を求め、その点の電界の大きさを求めよ。^{*6}
- ♡ 電気力線上の任意の点 $P(x, y, z)$ に電気力線に沿って線素 dl をとったとき、電気力線の方程式は式 (1) となることを導け。また、電気力線の方程式を用いて電気力線を作図する方法について考察せよ。ただし、 dx, dy, dz はそれぞれ dl の x, y, z 成分である。^{*7}

$$\frac{dx}{E_x} = \frac{dy}{E_y} = \frac{dz}{E_z} \quad (1)$$

- 図 1 に示すように、真空中の A 点と B 点にそれぞれ、 $3Q$ [C] と $-Q$ [C] (ただし、 $Q > 0$) の点電荷が距離 d [m] の間隔で配置されている。真空の誘電率を ϵ_0 として次の問に答えよ。^{*8}(1) A 点の電荷に働くクーロン力の大きさと方向を求めよ。(2) P 点における電界の大きさと方向を求めよ。
- ♠ 1 辺が a の正三角形の各頂点に電荷 Q が配置されている。隣り合う 2 つの電荷はそれぞれ細い絶縁糸で結ばれている。この絶縁糸は 0.1 N 以上の力が加わると切れるようになっている。(a) $a=20$ mm のとき、糸を切断するのに必要な電荷 Q を求めよ。(b) A-B の中心部分における電界を求めよ。^{*9}
- ♠ 電子一つが空間の一点に配置されている。(a) 空間の任意の位置における電界の強さを求めよ。(b) 電子から距離 r の位置に浮遊している $+3.2 \times 10^{-19}$ C に帯電している塵に働く力の大きさを求めよ。^{*10}
- ♠ 電子一つが空間の一点に配置されている。(a) 空間の任意の位置における電界の強さを求めよ。(b) 電子から距離 r の位置に浮遊している $+3.2 \times 10^{-19}$ C に帯電している塵に働く力の大きさを求めよ。^{*11}

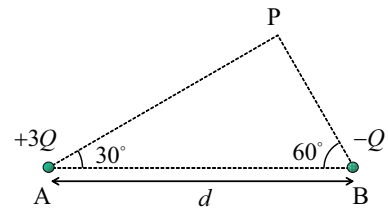


図 1 空間に配置された 2 つの点電荷が作る電界

*1 答え : 150 V/m

*2 答え : 9×10^7 V/m, 2.25×10^5 V/m, 10^3 V/m

*3 答え : 3.24×10^4 N/C, -8.4×10^3 N/C, -2.04×10^4 N/C

*4 答え : 負電荷は電界と逆向きにクーロン力を受けるので、電界は $P_2 \rightarrow P_1$ の方向へ向いている。

*5 答え : $E_1 = E_3 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2}$ [V/m], $E_2 = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a^2}$ [V/m], 方向は略

*6 答え : $\frac{Qy}{2\pi\epsilon_0(d^2+y^2)^{3/2}}$ [V/m]

*7 答え : $\vec{E} = E_x\hat{x} + E_y\hat{y} + E_z\hat{z}$ とすると、各方向余弦は $\frac{E_x}{E} = \frac{dx}{dl}$, $\frac{E_y}{E} = \frac{dy}{dl}$, $\frac{E_z}{E} = \frac{dz}{dl}$ となる。これを变形して $\frac{dl}{E}$ を求めると式 (1) となる。P(x, y, z) から微小距離移動した点を $P'(x', y', z')$ とすると、 $x' = x + dx = x + \frac{E_x}{E} dl$, $y' = y + dy = y + \frac{E_y}{E} dl$, $z' = z + dz = z + \frac{E_z}{E} dl$ となるから、P(x, y, z) と $P'(x', y', z')$ を結ぶ軌跡を描くと電気力線となる。

*8 答え : (1) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q^2}{d^2}$ [N], A \rightarrow B (2) $\frac{\sqrt{2}Q}{\pi\epsilon_0 d^2}$ [N/C], 方向は A-B を結ぶ直線から 15° 右下方へ傾斜

*9 答え : (a) 5.44×10^{-8} , (b) $-\hat{y} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 3a^2}$

*10 答え : (a) $\frac{1.44 \times 10^{-9}}{r^2}$, (b) $\frac{4.61 \times 10^{-28}}{r^2}$

*11 答え : (a) $\frac{1.44 \times 10^{-9}}{r^2}$, (b) $\frac{4.61 \times 10^{-28}}{r^2}$