

物理 II

後期 第3回 電磁気

電場の合成

教科書 p21-25

今日の内容

1. 重ね合わせの原理：電場の合成

任意の電荷の受ける力は、他の各電荷から受けるクーロン量のベクトル和で計算される。

2. クーロンの法則と重ね合わせの原理

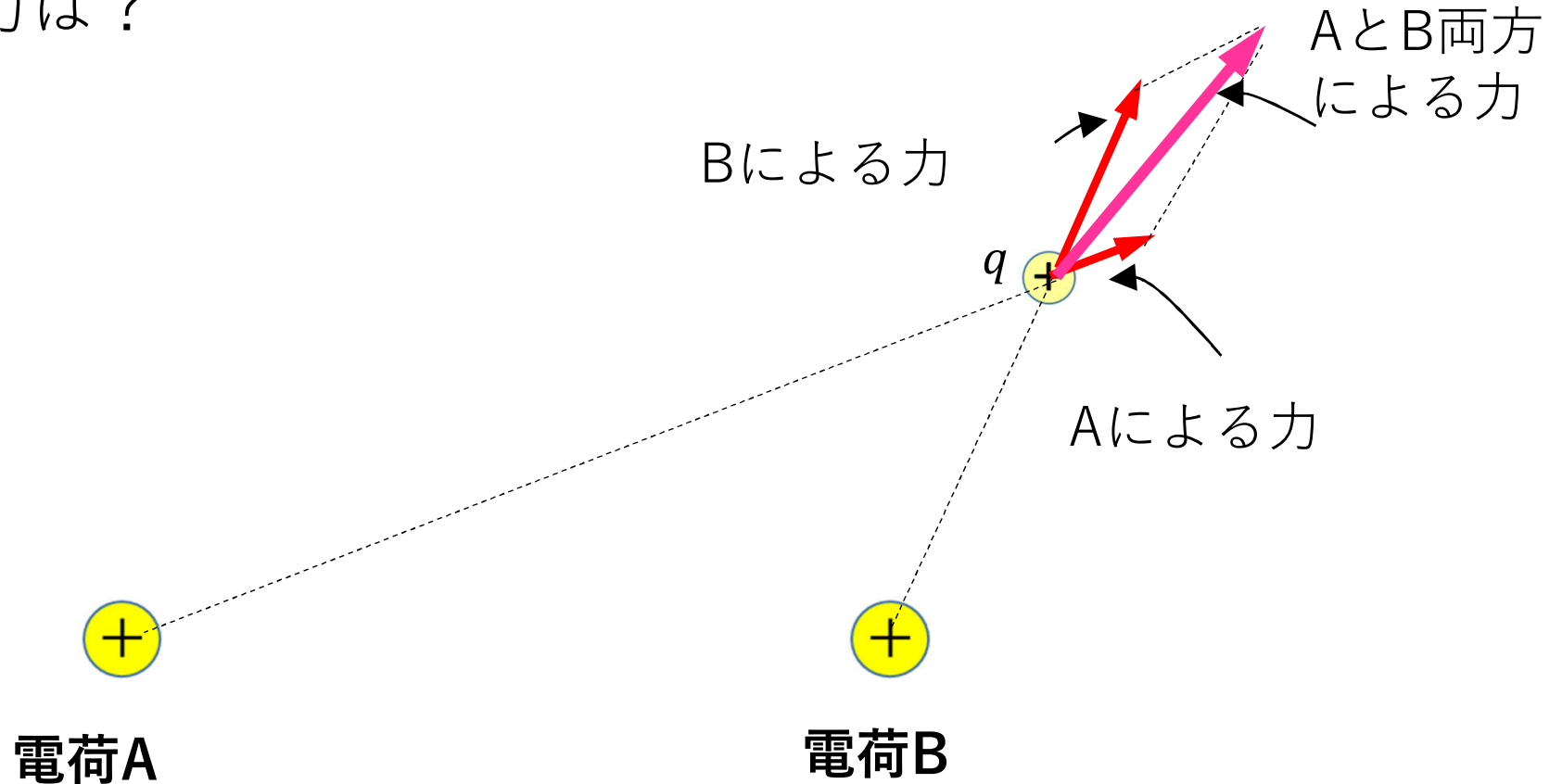
静電気学の問題は、クーロンの法則と重ね合わせの原理を結びつけて解く。電荷の位置を知っていれば静電気学の問題はすべて完全に解かれる。

3. 電気力線とガウスの法則（簡単に）

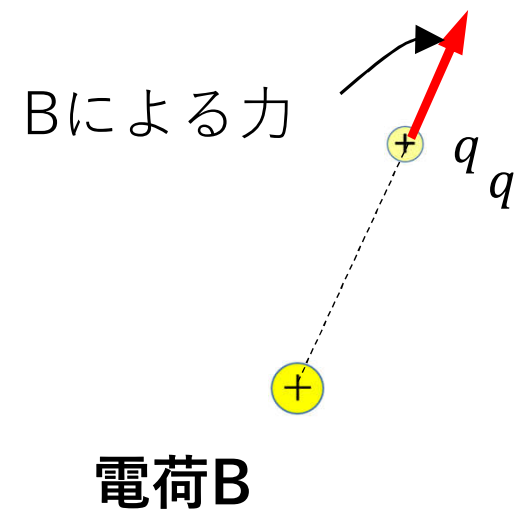
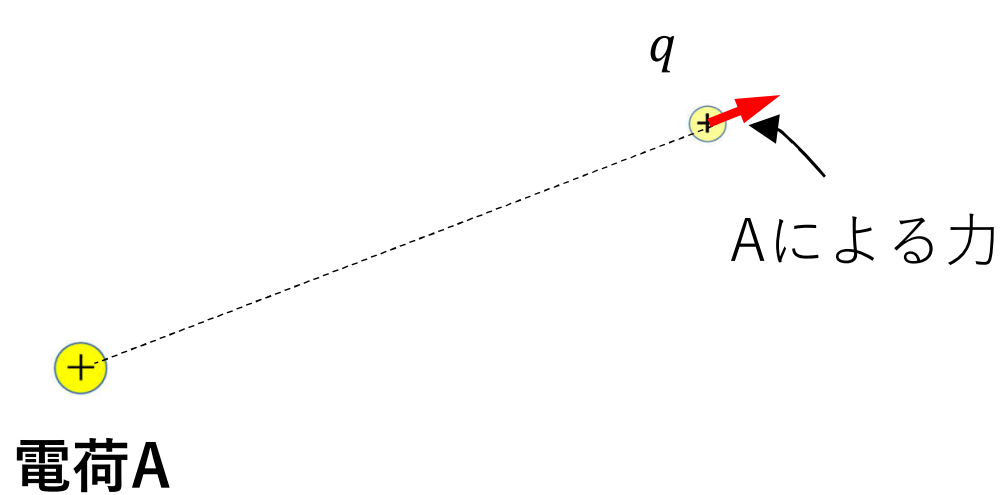
電気力線の特徴を理解する。

2個の電荷から受ける静電気力

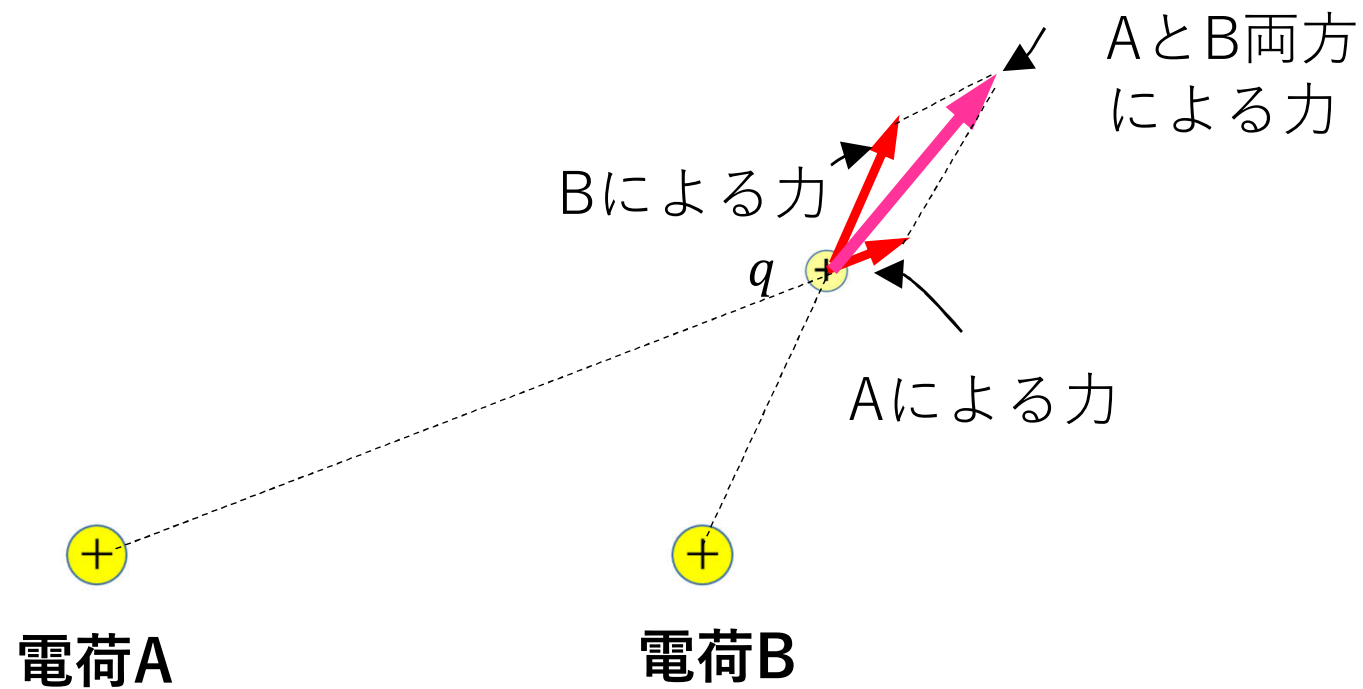
2個の正電荷Aと正電荷Bがあるとき、別の正電荷 q に働くクーロン力は？



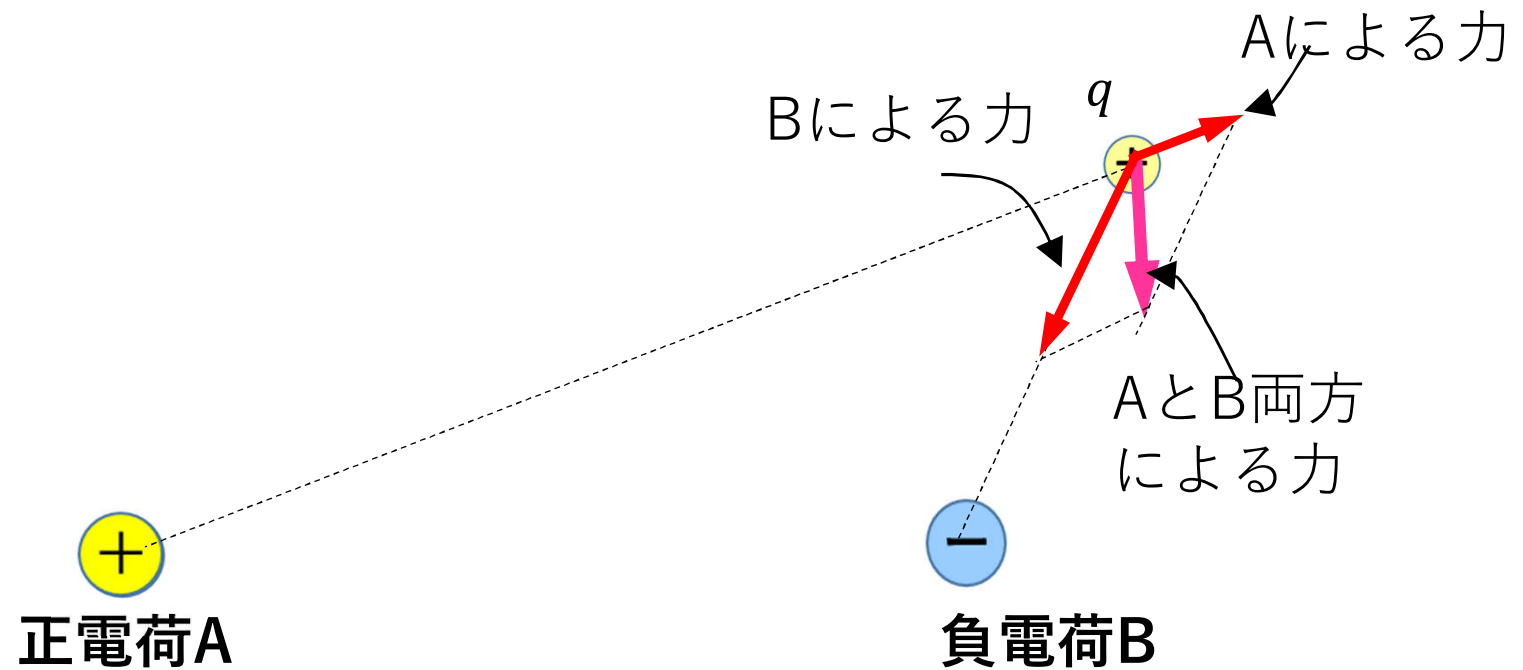
電荷 q が受ける力は、電荷Aだけがあるときに受ける力と電荷Bだけがあるときに受ける力のベクトル和に等しい
(重ね合わせの原理)



Aによる力 + Bによる力 = AとB両方による力



正電荷Aと負電荷Bがあるとき、別の正電荷 q に働くクーロン力は？

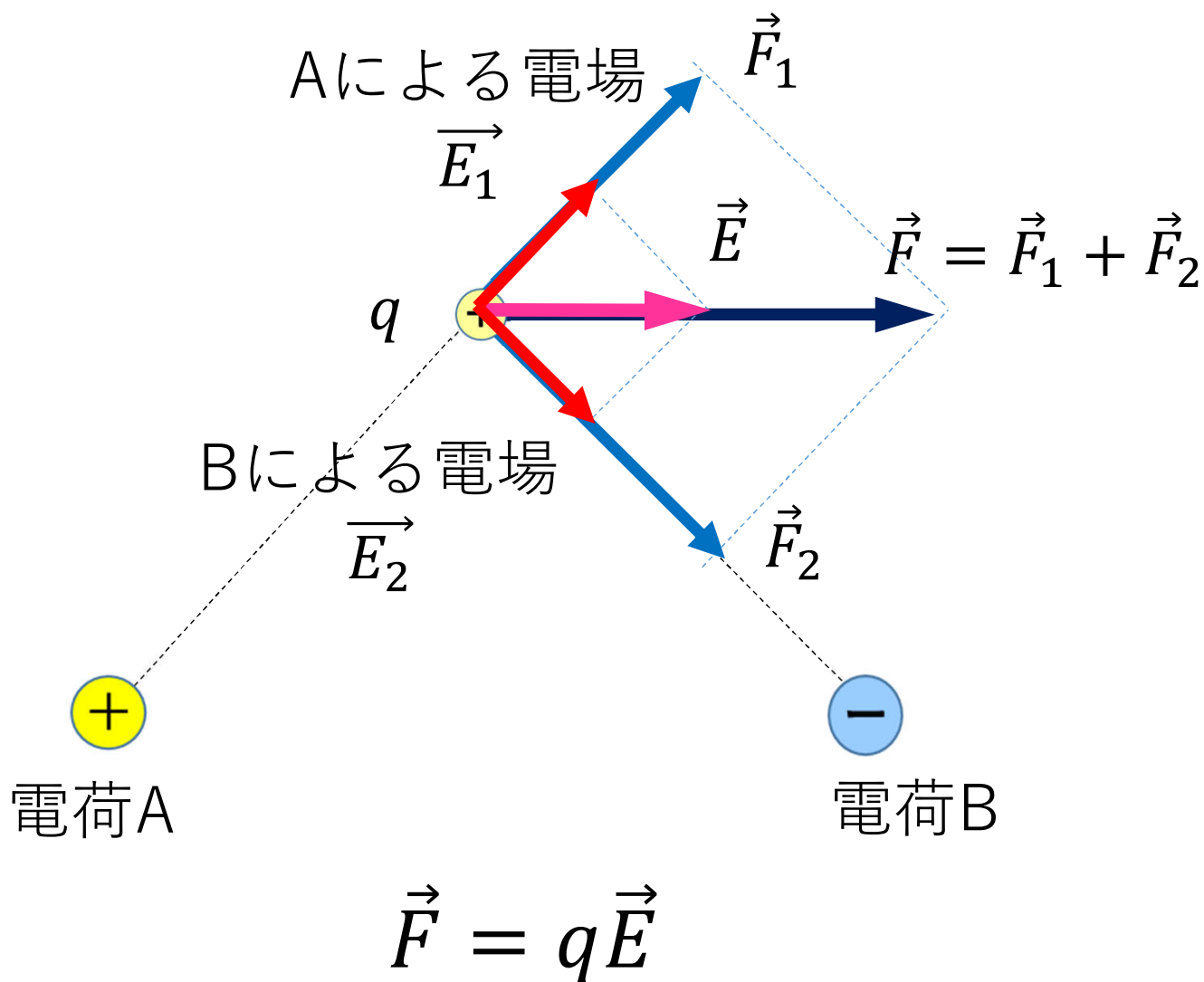


電場の重ね合わせ

$$\frac{\vec{F}}{q} = \frac{\vec{F}_1}{q} + \frac{\vec{F}_2}{q}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

電荷A,Bの電場を求め、
その電場を加えてA,Bの
作る電場を計算し、これ
より電荷 q に働く力を求
めることができる。



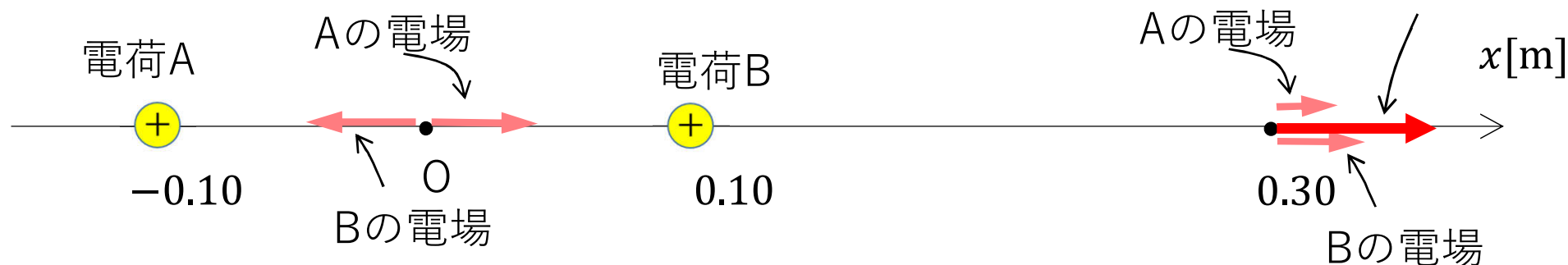
*** 電荷は自分自身が作る電場から力を受けない（静電場の場合）**

例題 1 一直線上の電場

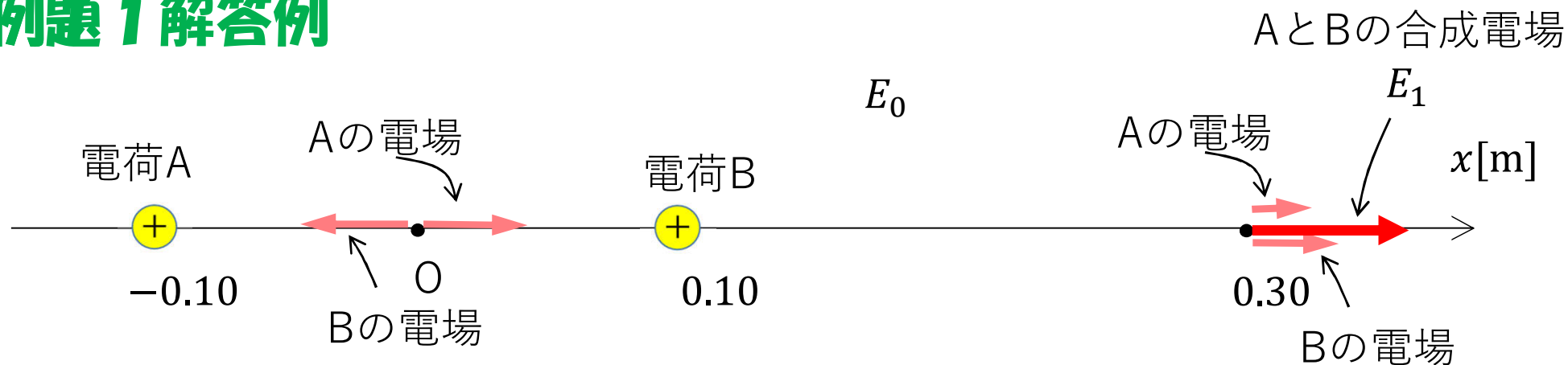
演習プリント3-B [2]

x 軸上の $x = -0.10 \text{ m}$, 0.10 m の位置にともに $+1.6 \times 10^{-8} \text{ C}$ の正電荷がある。

AとBの合成電場



例題 1 解答例



図より、各点の電場を点電荷の周りの電場の強さの式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ を使って計算する。

$$(1) \quad E_0 = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{1.6 \times 10^{-8}}{0.10^2} - 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{1.6 \times 10^{-8}}{0.10^2} = 0 \text{ N/C}$$

$$(2) \quad E_1 = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{1.6 \times 10^{-8}}{0.40^2} + 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{1.6 \times 10^{-8}}{0.20^2}$$

$$= 9.0 \times 10^2 + 3.6 \times 10^3 = 4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

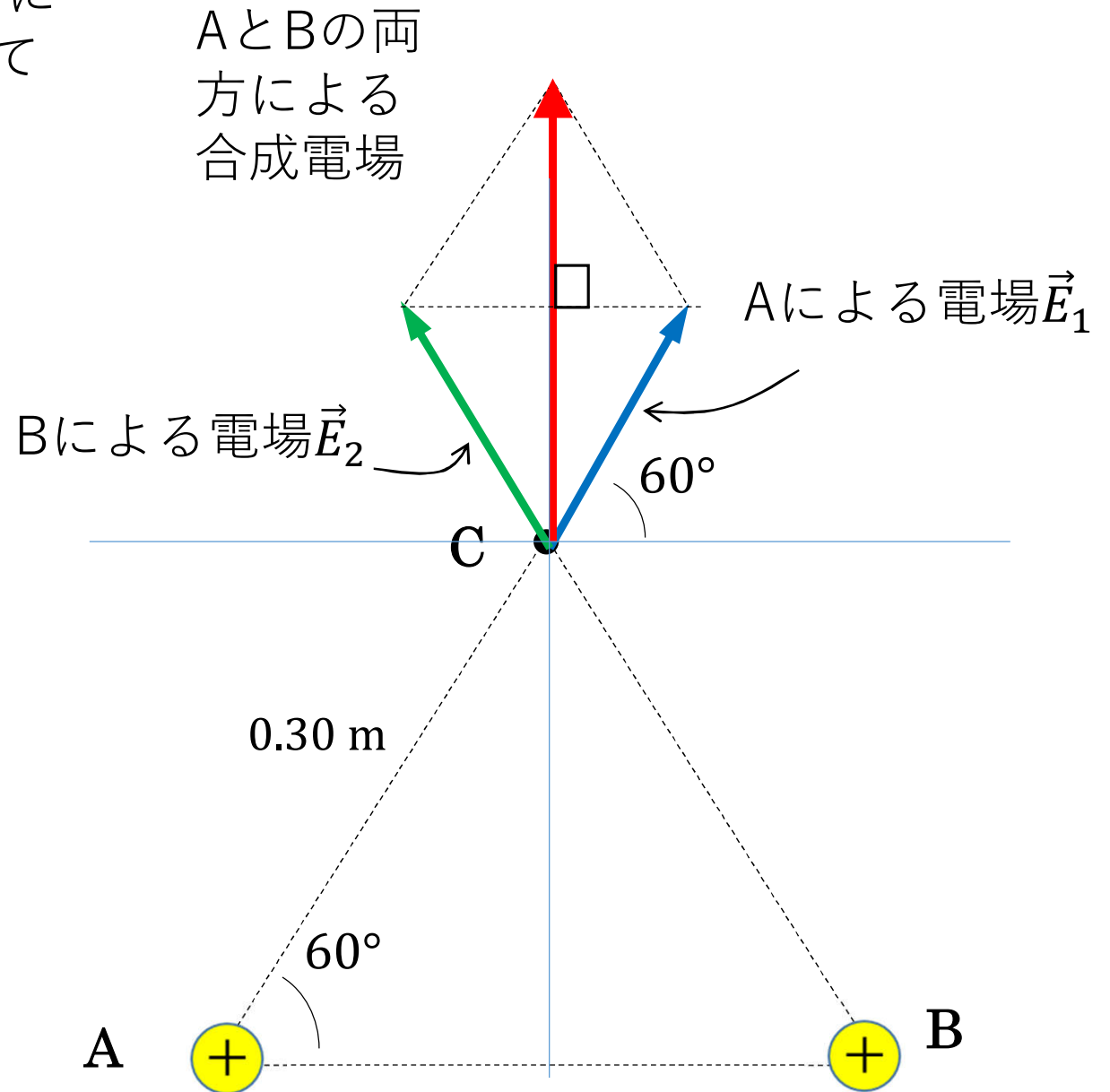
$$(3) \quad \vec{F} = q\vec{E} \quad \text{より}$$

$$\vec{F} = (-2.0 \times 10^{-8} \text{ C}) \cdot (+4.5 \times 10^3 \text{ N/C}) = -9.0 \times 10^{-5} \text{ N}$$

x軸負の向きに $9.0 \times 10^{-5} \text{ N}$

例題2

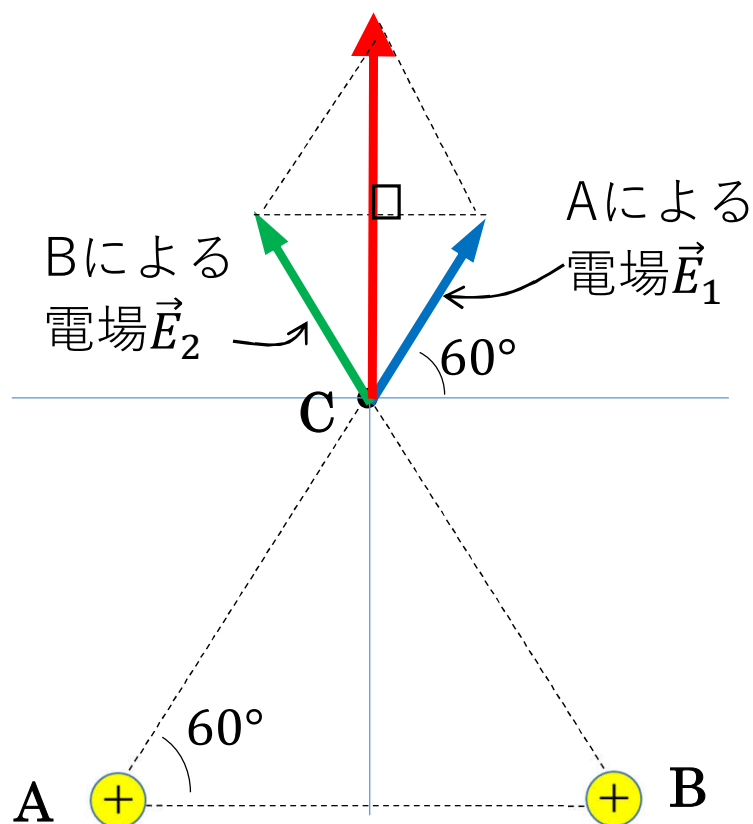
正三角形の頂点A、Bに、ともに同じ電気量の正電荷が置かれている。



例題2 解答例

(1)

AとBの両方による
合成電場 $\vec{E}_C$



Aによる電場は $\overrightarrow{AC}$ の向き、Bによる電場は $\overrightarrow{BC}$ の向きであり、 $AC=BC$ なので、それぞれの電場の大きさは等しい。したがって、合成された電場の向きは上向き。 $\angle CAB=60^\circ$ なので

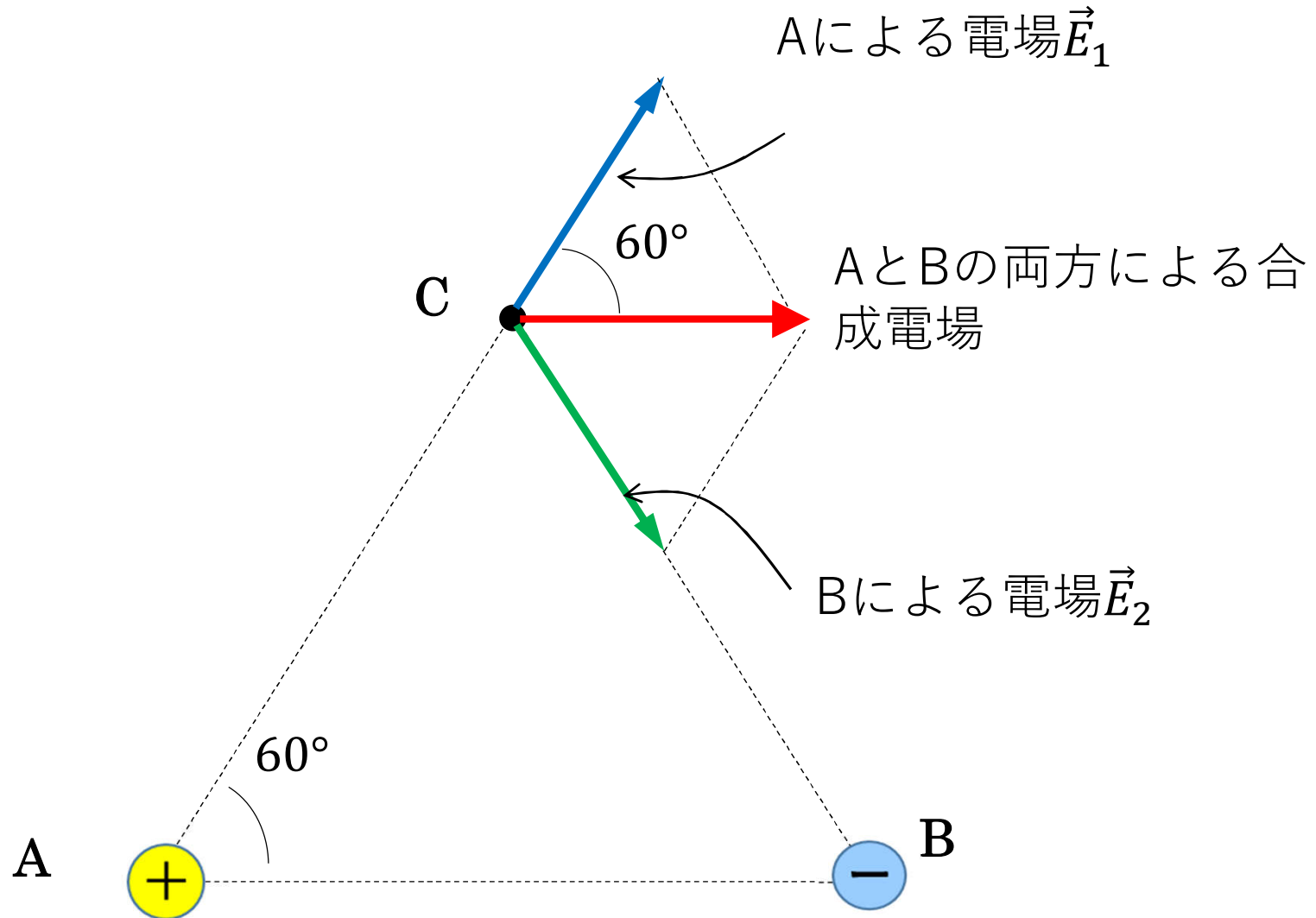
$$\begin{aligned} E_1 = E_2 &= 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{2.0 \times 10^{-6}}{0.30^2} \\ &= 2.0 \times 10^5 \text{ N/C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_C &= 2E_1 \cos 30^\circ = 2 \cdot 2.0 \times 10^5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \\ &= 3.4 \times 10^5 \text{ N/C} \end{aligned}$$

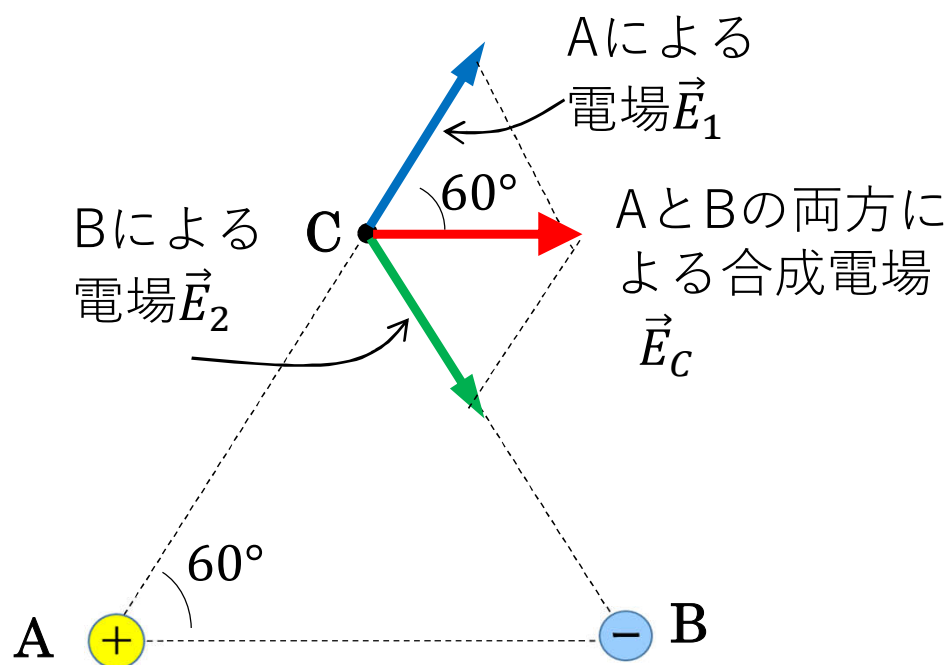
上向きに $3.4 \times 10^5 \text{ N/C}$

例題3

正三角形の頂点A、Bに、それぞれ同じ電気量の正電荷、負電荷が置かれている。



(2)

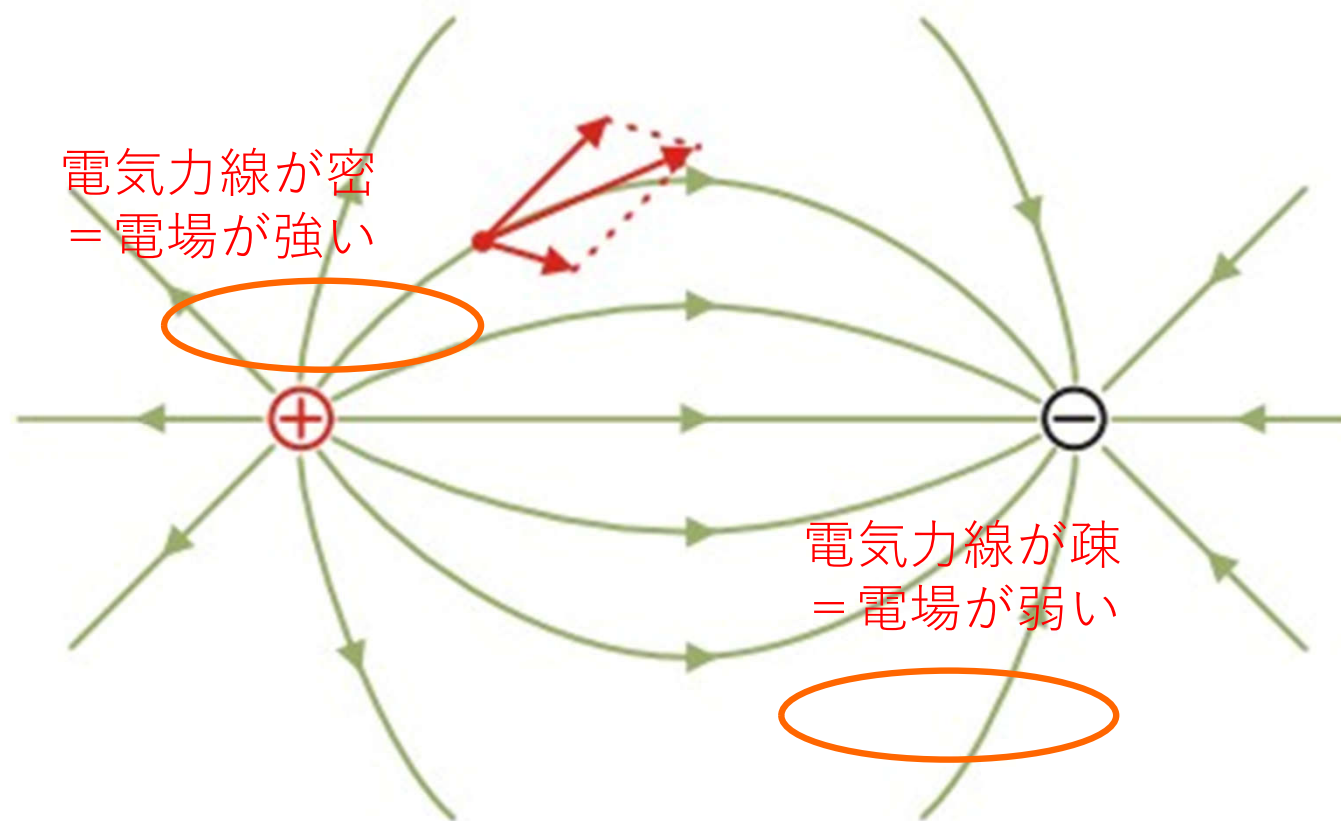


Aによる電場は $\vec{AC}$ の向き、Bによる電場は $\vec{CB}$ の向きであり、 $AC=BC$ なので、それぞれの電場の大きさは等しい。したがって、合成された電場の向きは図のように右向き。 $\angle CAB = 60^\circ$ なので

$$E_C = E_1 = 9.0 \times 10^9 \cdot \frac{2.0 \times 10^{-6}}{0.30^2}$$
$$= 2.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

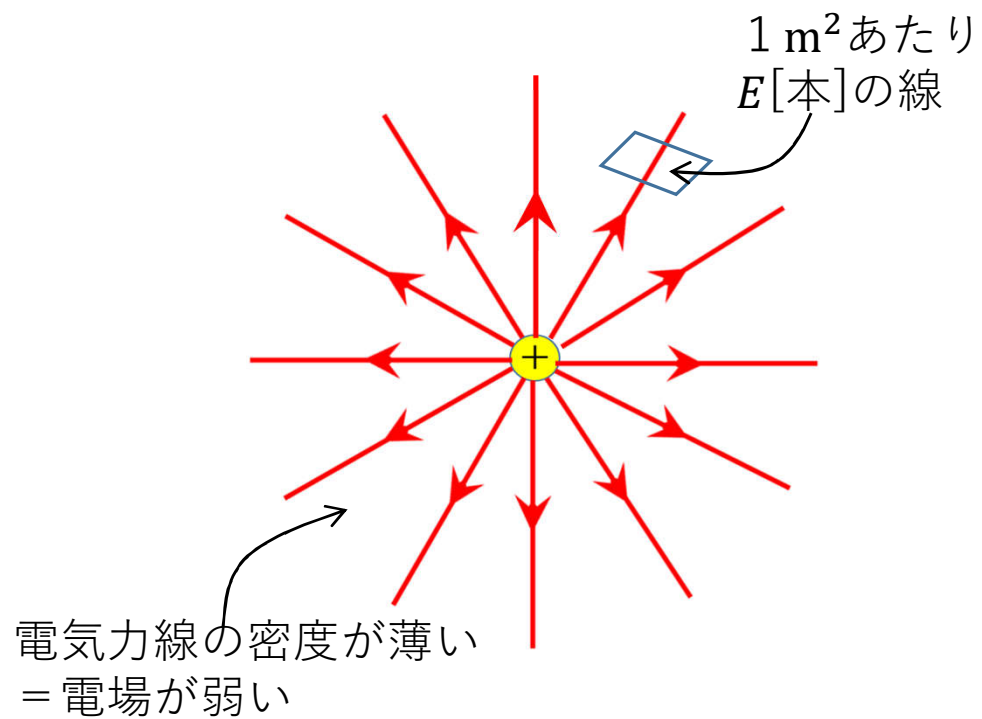
右向きに $2.0 \times 10^5 \text{ N/C}$

電気力線 電場の様子を一目でわかるように表した線

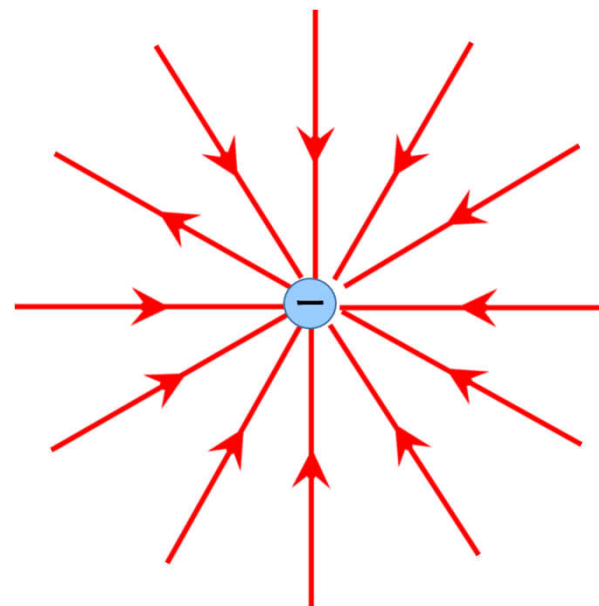


- ① 電気力線は正電荷から出て負電荷に入る。
無限遠方から始まって無限遠方で終わることもある。
- ② 電気力線の接線は接点での電場の向きを表す。
- ③ 電場の強さ E [N/C] の場所は、 1m^2 あたり E 本の電気力線を引く。
- ④ 電気力線は電荷のあるところ以外では交差したり枝分かれしない。

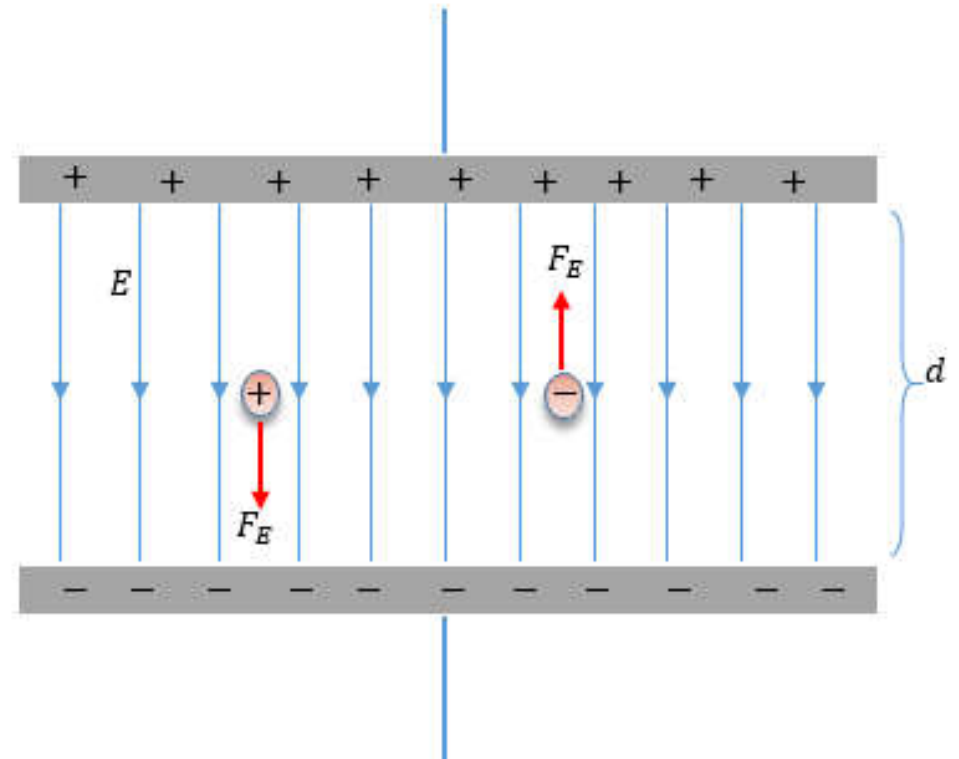
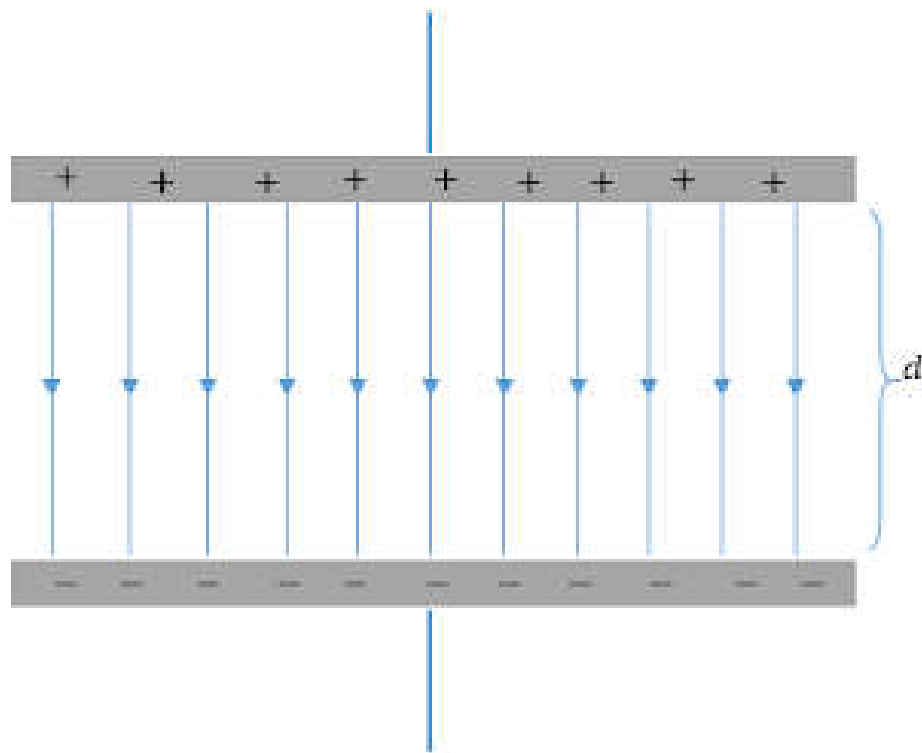
1個の正電荷



1個の負電荷

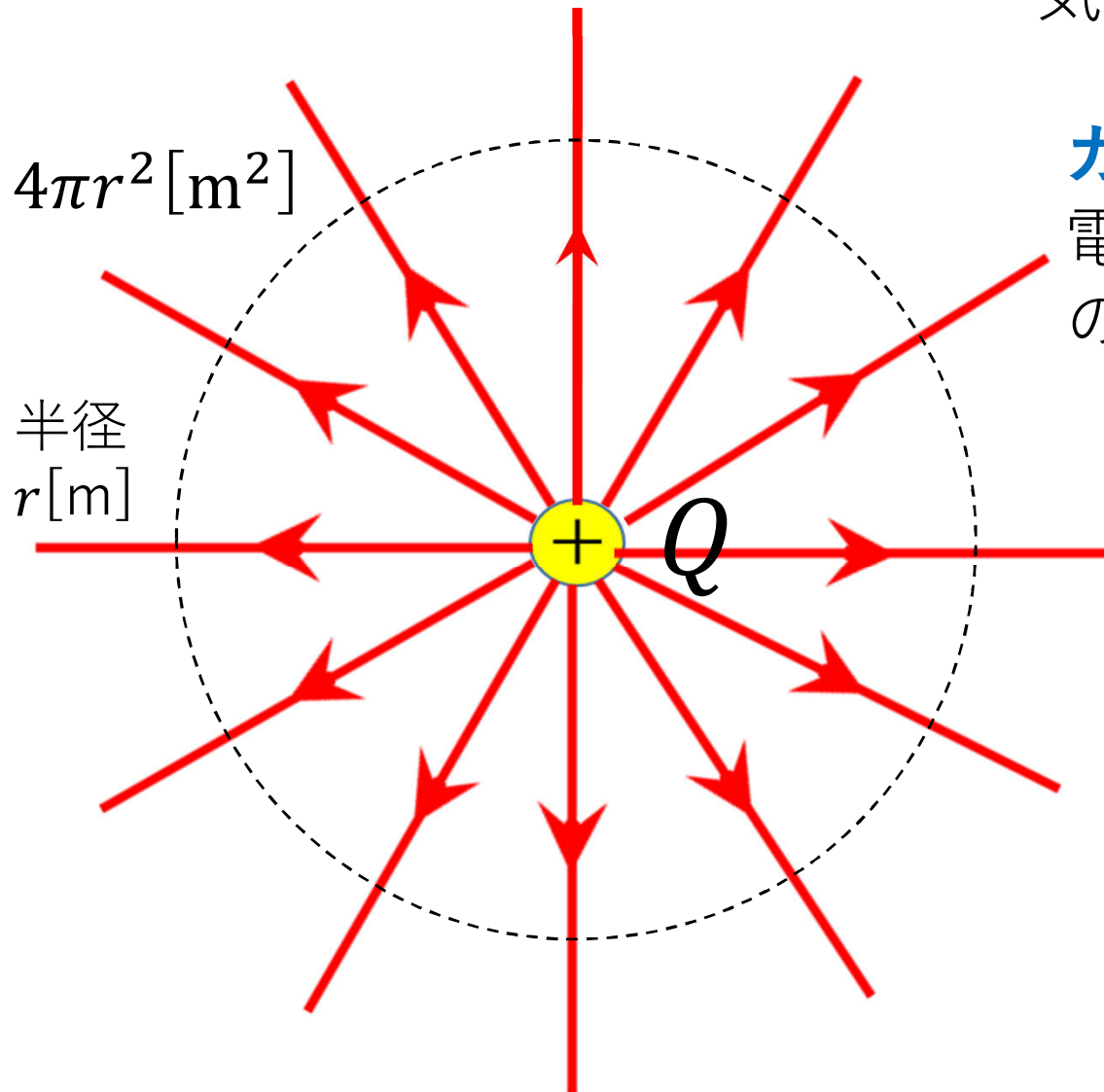


一様な電場



ガウスの法則

半径 r [m]の球面上の電場の強さを E [N/C]とすると、電気力線の本数は $4\pi r^2 E$ 本



ガウスの法則より、正の点電荷 Q [C]から出る電気力線の本数は $4\pi kQ$ [本]

$$4\pi r^2 E = 4\pi kQ$$

これより

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad [\text{N/C}]$$