「場」の考え方

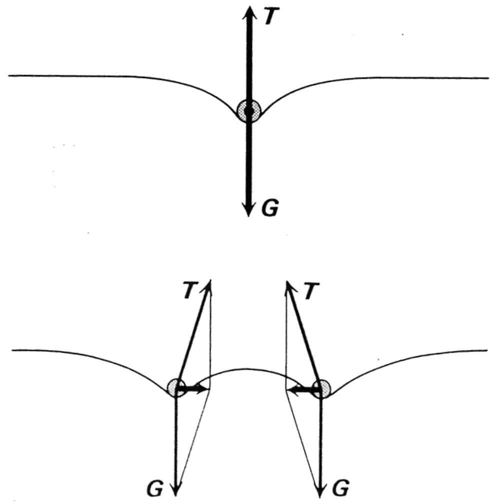
場が・・・・・

場が荒れる　　　場が引き締まる
場が盛り上がる ⟷ 場がしらける

A氏の登場 ⟶ 雰囲気の変化 ⟶ B氏に影響

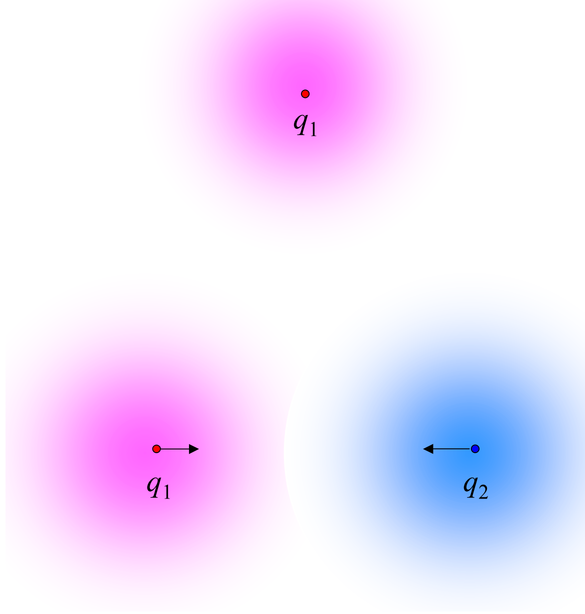
近接相互作用：空間（場）に変化が生じ、その変化が力を伝える。
その変化はベクトル量

場の例：ゴムの膜の上に置いた物体



物体がそのまわりの空間を歪ませる
↓
物体がそのまわりに「場」を作る
↓
作られた「場」によって別の物体が力を受ける
↓
2つの物体が引き合う

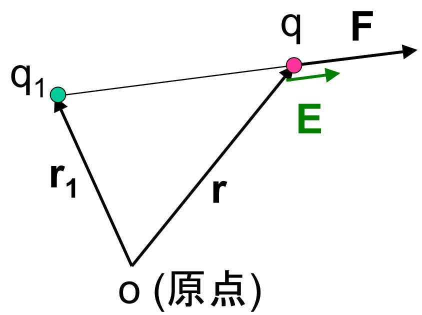
電場の考え方：近接相互作用



電荷がそのまわりの空間を歪ませる
↓
電荷がそのまわりに「電場」を作る
↓
作られた「電場」によって別の電荷が力を受ける
↓
2つの電荷が引き合う

電場

点電荷が作る静電場(時間的に変化しない電場)



$$\mathbf{F} = \frac{qq_1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_1}{\left|\mathbf{r}-\mathbf{r}_1\right|^3}$$

E(r)：電場

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E}(\mathbf{r})$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_1}{\left|\mathbf{r}-\mathbf{r}_1\right|^3}$$

電場

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_1}{\left|\mathbf{r} - \mathbf{r}_1\right|^3}$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}(x, y, z)$$

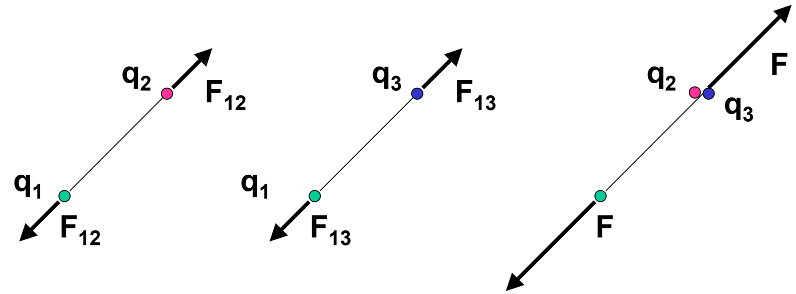
$$E_x(x, y, z) = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{x - x_1}{\left[(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2\right]^{3/2}}$$

$$E_y(x, y, z) = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{y - y_1}{\left[(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2\right]^{3/2}}$$

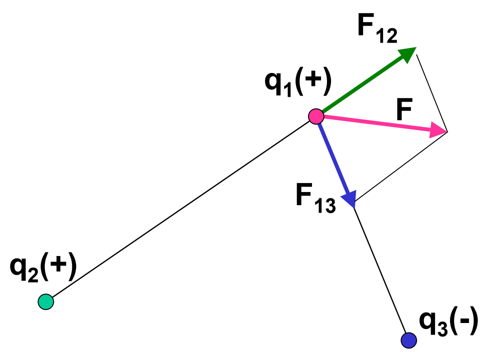
$$E_z(x, y, z) = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{z - z_1}{\left[(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2\right]^{3/2}}$$

重ね合わせの原理(1)

$$F_{12} = k\frac{q_1 q_2}{R_{12}^2} \qquad F_{13} = k\frac{q_1 q_3}{R_{12}^2} \qquad \boxed{F = k\frac{q_1(q_2 + q_3)}{R_{12}^2}}$$



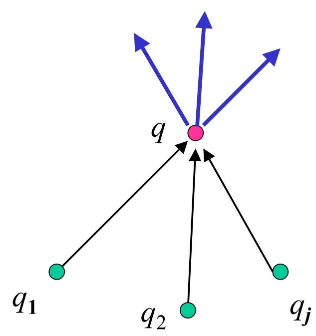
重ね合わせの原理(2)



クーロン力の合成

点電荷が多数あるとき

$q_1, q_2, q_3, \cdots$ が $r_1, r_2, r_3, \cdots$ にあるとき



$$\mathbf{F}_1 = \frac{qq_1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_1}{\left|\mathbf{r} - \mathbf{r}_1\right|^3}$$

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = \sum_j \mathbf{F}_j(\mathbf{r}) = \sum_j \frac{qq_j}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_j}{\left|\mathbf{r} - \mathbf{r}_j\right|^3}$$

$$= q\sum_j \frac{q_j}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_j}{\left|\mathbf{r} - \mathbf{r}_j\right|^3}$$

電場の合成

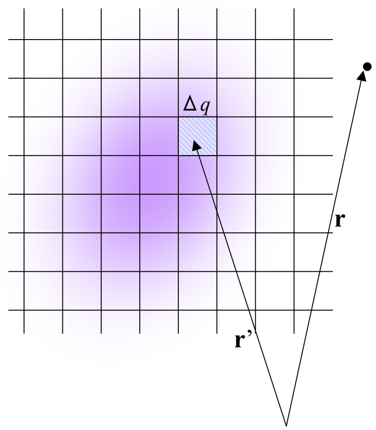
$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = q\sum_j \frac{q_j}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_j|^3} = q\sum_j \mathbf{E}_j(\mathbf{r}) = q\mathbf{E}(\mathbf{r})$$

$$\mathbf{E}_j(\mathbf{r}) = \frac{q_j}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_j|^3}$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \sum_{j=1}^{N}\mathbf{E}_j(\mathbf{r})$$

電場　電荷が空間的に分布している場合

空間を微小体積に分ける



電荷密度: $\rho(\mathbf{r}) = \Delta q / \Delta V$

*j*番目の微小領域がつくる電場

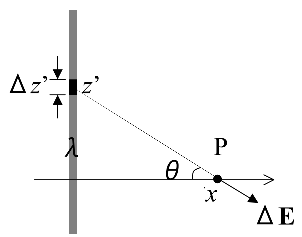
$$\mathbf{E}_j(\mathbf{r}) = \frac{\Delta q_j}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_j|^3} = \frac{\rho(\mathbf{r}_j)\Delta V}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_j|^3}$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \sum_{j=1}^{N}\mathbf{E}_j(\mathbf{r}) = \sum_{j=1}^{N}\frac{\rho(\mathbf{r}_j)\Delta V}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_j|^3}$$

$$\downarrow$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \int dV'\frac{\rho(\mathbf{r}')}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\mathbf{r}-\mathbf{r}'}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|^3}$$

例題　線密度λの直線電荷が作る電場

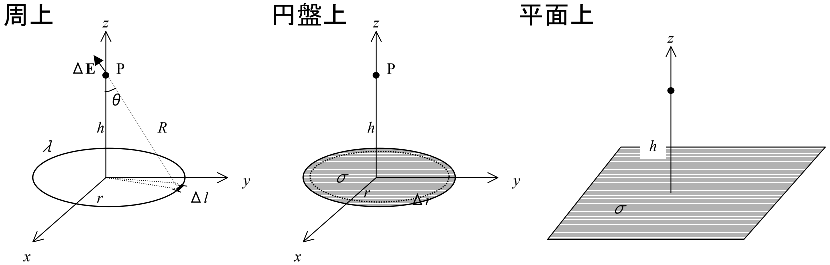


1) 微小領域Δz'が点Pに作る電場ΔE

2) そのx成分

3) それを合成→z'で積分

円周上　円盤上　平面上



$\Delta q = \lambda\Delta l$

円周: Δlの重ね合わせ

$\Delta q = \sigma\ \Delta s = \sigma\Delta r\Delta l$

$\lambda = \sigma\Delta r$ とすると

円盤: 幅Δrの円周の重ね合わせ

平面: 半径rを無限大にした円盤