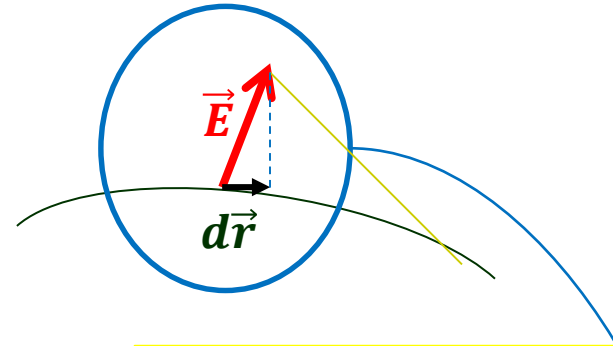


# 電位 $\phi$



## ■ 同じ電荷分布ならば

- 空間の電氣的性質は同じ
- 位置エネルギーに対応する空間の性質

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow \phi = \frac{U}{q}$$

## ■ 電位 = 位置エネルギー ÷ 試験電荷

- 電場の線積分の符号を反転したもの

$$U(\vec{r}) = - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{F} \cdot d\vec{r} = - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} q \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$\phi(\vec{r}) = \frac{U(\vec{r})}{q} = - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

## ■ 電位は基準点から測る

- 電位差

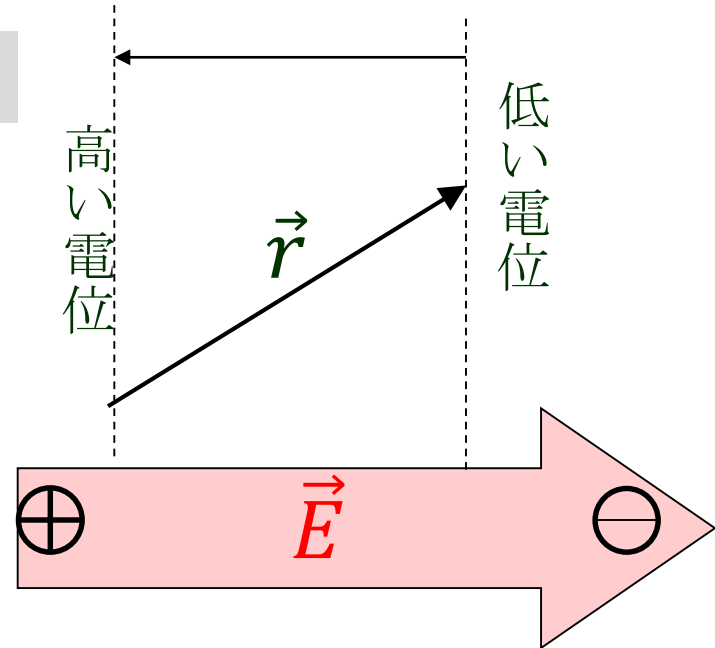
$$\phi(\vec{r}_B) - \phi(\vec{r}_A) = - \int_{\vec{r}_A}^{\vec{r}_B} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

# 電位と電場

$$\phi(\vec{r}) - \phi(0) = -\vec{E} \cdot \vec{r} = -Er \cos\theta$$

電位(差) = -電場 × 距離

- 電位(差)の単位 (V、ボルト)
  - [電場] × m
- 電場の向き
  - 電位が下がる向き
  - 正(負)電荷に近づくと電位が上(下)がる



# 電位とエネルギー

## ■ 単位

□  $J = C \cdot V = N \cdot m$

1Vの電位差は  
1Cの電荷にとって  
1Jのエネルギー差

## ■ 電子ボルト

□ 素電荷が1Vの電位差によって得るエネルギー

□  $1 \text{ eV} \sim 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

電場の単位：  
 $1 \text{ N/C} = 1 \text{ V/m}$

原子・分子の世界で使われる  
エネルギーの単位

# 静電場の周回積分はゼロになる

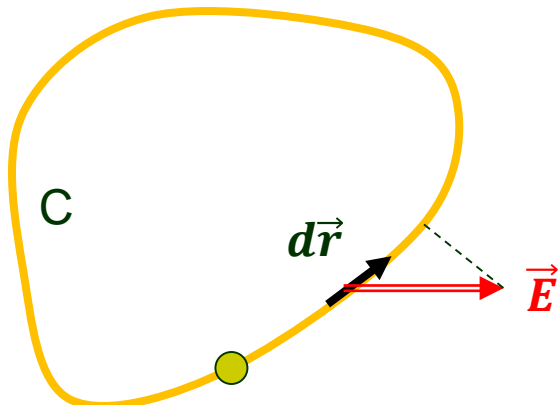
## ■ 静電場には電位がある

- 電位は、電場の線積分により計算される
- 電位差は、2点間の積分径路をどのように選んでも、同じ値である

$$\phi(\vec{r}) = \phi(\vec{r}_0) - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

## ■ 静電場を「周回積分」するとゼロになる

- 電位は、もとの位置にもどると、同じ値
- 電位がある  $\longleftrightarrow$  クーロン電場(静電場)である  
 $\longleftrightarrow$  任意の周回路で電場の周回積分を計算すると0



$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0$$

# 電位の計算法（無限遠を基準）

$Q$  が原点にあるときの電位

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{|\vec{r}|} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

$Q$  が  $r_0$  にあるときの電位

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{|\vec{r} - \vec{r}_0|}$$

重ね合わせの原理

複数の点電荷による電位

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j=1, \dots, N} \frac{Q_j}{|\vec{r} - \vec{r}_j|}$$

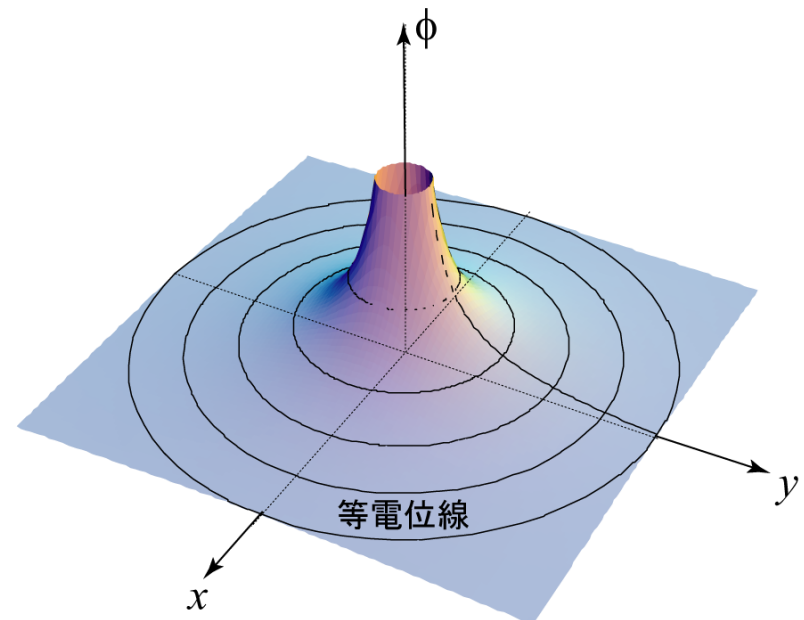
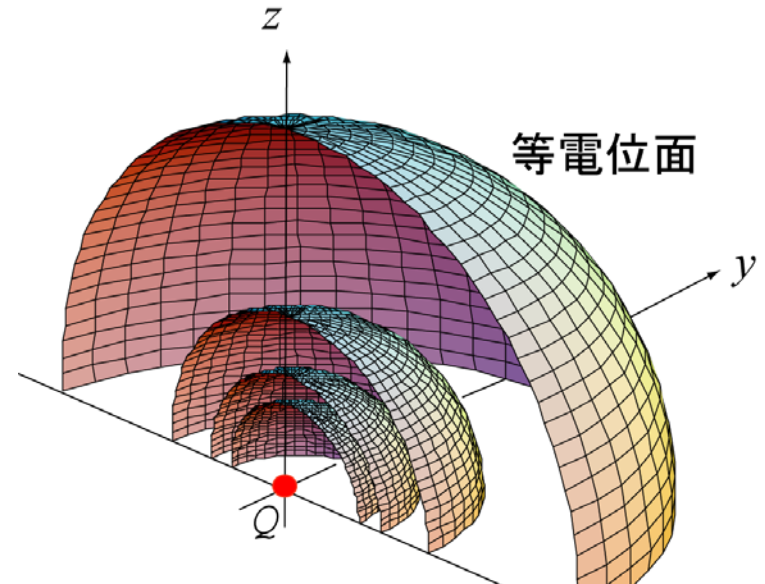
電荷密度  $\rho$  による電位

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV'$$

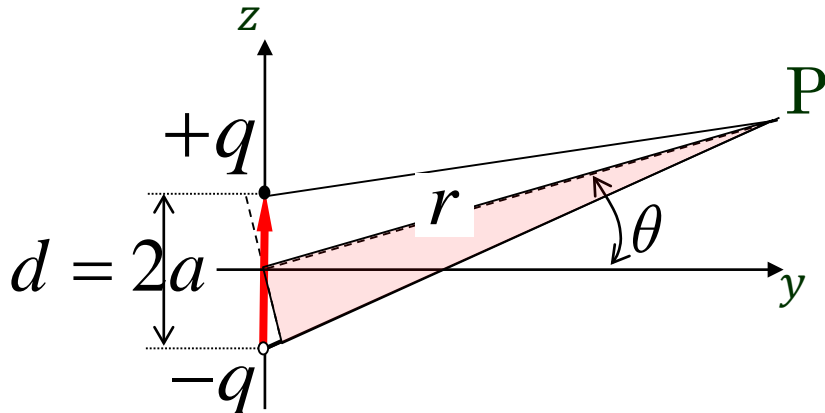
# 等電位面(線)

- 電位が等しい点をつなげた面(線)
  - 等しい電位差で描いた等電位面(線)の間隔が狭ければ、電場が大きい
  - 電場は面(線)と直交

$$\vec{E} = -\nabla\phi$$



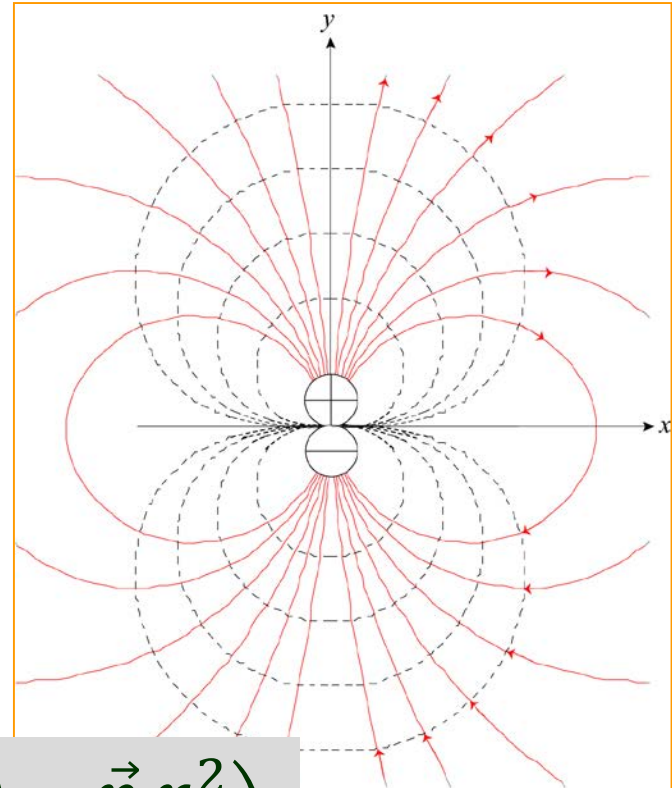
# 電気双極子による電位と電気力線(＊)



電気双極子モーメント  $\vec{p} = q\vec{d}$

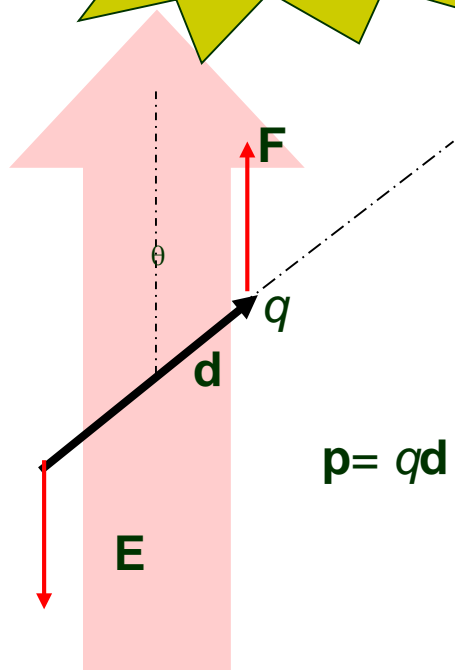
$$\phi(x, y, z) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}$$

$$\vec{E} = -\nabla\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{3\vec{r}(\vec{p} \cdot \vec{r}) - \vec{p}r^2}{r^5} \right)$$



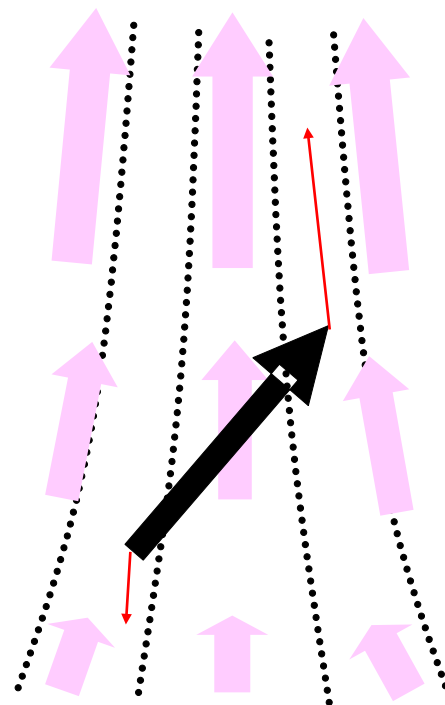
# 電気双極子が電場から受ける力（＊）

こちらは基本事項



$$\mathbf{N} = \mathbf{d} \times \mathbf{F} = \mathbf{d} \times q\mathbf{E} = (q\mathbf{d}) \times \mathbf{E} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$$

トルク  $N$  を受ける



電場の強い方に引き寄せられる



# 水分子の電気双極子モーメント(\*)

