

電位と電気双極子

高嶋 隆一

京都教育大学, 理学科

May 31, 2020

Contents

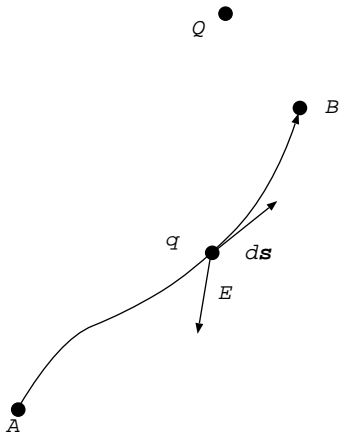
1 電位を数学的に記述すると？

2 電気双極子

電位を3次元空間で記述する？

通常感覚では電位は回路上で計測するが

- 電場を発生する Q による電場 E に逆らって移動させる
- 外部からの仕事によって q がエネルギーを獲得



点電荷の作る電位の3次元表示

原点に電荷があるとき

- 電場ベクトル E と位置ベクトル r は同じ向き
- $r \cdot ds = r dr$ が成り立ち、3次元空間でも簡単となる

どのような経路をとっても原点までの距離で決まる

$$W = - \int_A^B \frac{qQ r \cdot ds}{4\pi\epsilon_0 r^3} = \int_{r_B}^{r_A} \frac{qQ dr}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right]$$

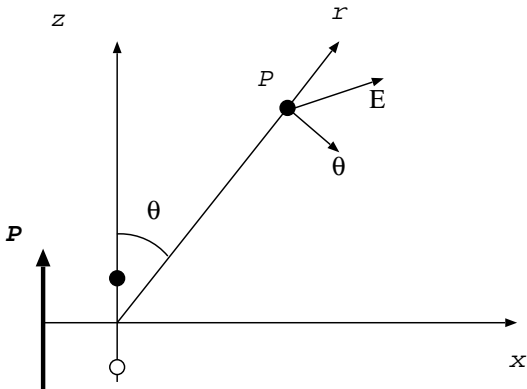
電荷の周りの potential V

$$\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

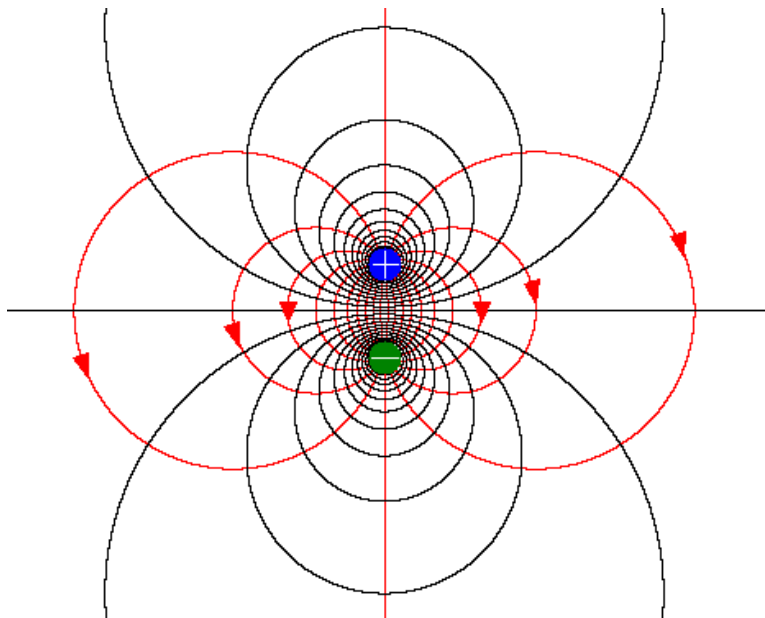
反対電荷の対が電気双極子

分子は自発的に電氣的に分極している

- 塩化水素では塩素が強く電子を引きつける
- 絶縁物も分極電荷を生成する、全体では中性
- 電気双極子を数学的に表現していく、勝手な向き of 極座標も登場



反対電荷の対が電気双極子



双極子が作る電位分布や電場

点電荷の重ね合わせで電位を表示

$$\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} \left[\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z - l)^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z + l)^2}} \right]$$

近似計算をすることで

$$(x^2 + y^2 + (z - l)^2)^{-1/2} \doteq (r^2 \pm 2zl)^{-1/2}$$

最終的に

$$\phi = \frac{pz}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

電気双極子の電場

電場を電位から計算すると

$$E_x = -\frac{\partial\phi}{\partial x} = \frac{3pxz}{4\pi\epsilon_0 r^5}$$

$$E_y = -\frac{\partial\phi}{\partial y} = \frac{3pyz}{4\pi\epsilon_0 r^5}$$

$$E_z = -\frac{\partial\phi}{\partial z} = \frac{-p}{4\pi\epsilon_0 r^3} + \frac{3pz^2}{4\pi\epsilon_0 r^5}$$

E_r can be derived from rotation

$$E_r = E_x \sin \theta + E_z \cos \theta = \frac{2p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

ありがとうございました