

電位分布の測定

[実験テーマの概要]

帯電した金属の周囲に生じる電位の分布を測定する

ガウスの法則

点電荷周囲の電場の大きさは、

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

となり、電場の積分から

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

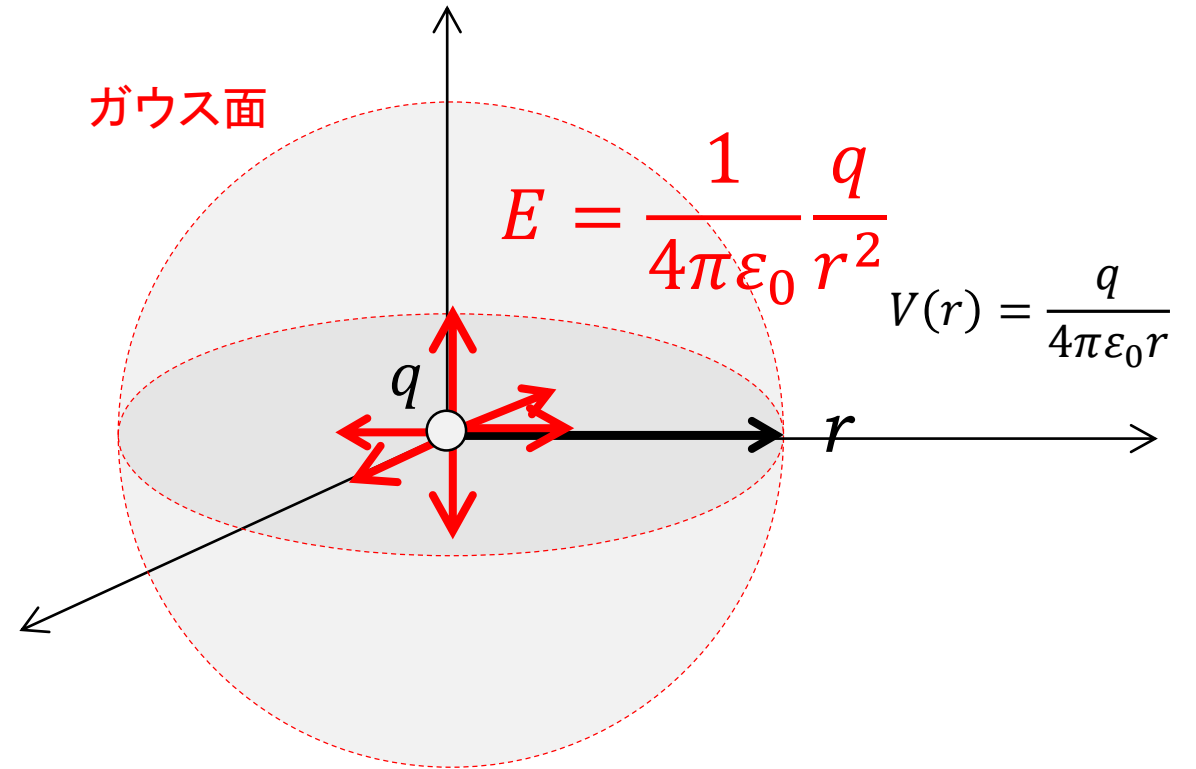
と得られた。両式は点電荷の作る電場以外では成り立たない。

ガウスの法則は閉曲面(ガウス面と呼ぶ)内の総電荷量 Q とガウス面上の電場の関係を与える。

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

微小面ベクトル $d\vec{A}$ の向きをガウス面から外向きを選ぶ。点電荷の場合、点電荷 $q(>0)$ を中心とした半径 r の球面をガウス面とすると、電場ベクトルと微小面素ベクトルは平行なので、

$$\vec{E} \cdot d\vec{A} = E dA$$



となる。また、ガウス面上で E は一定なので

$$\int dA = 4\pi r^2$$

$$E(4\pi r^2) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

が得られる。

高さが h で外径 a の内円筒と、内径 b の外円筒の中心を一致させ、それぞれを $+q$ 、 $-q$ に帯電させた。この状況では、電場は半径方向へ平面的な広がりをするので、円筒状のガウス面を考える。

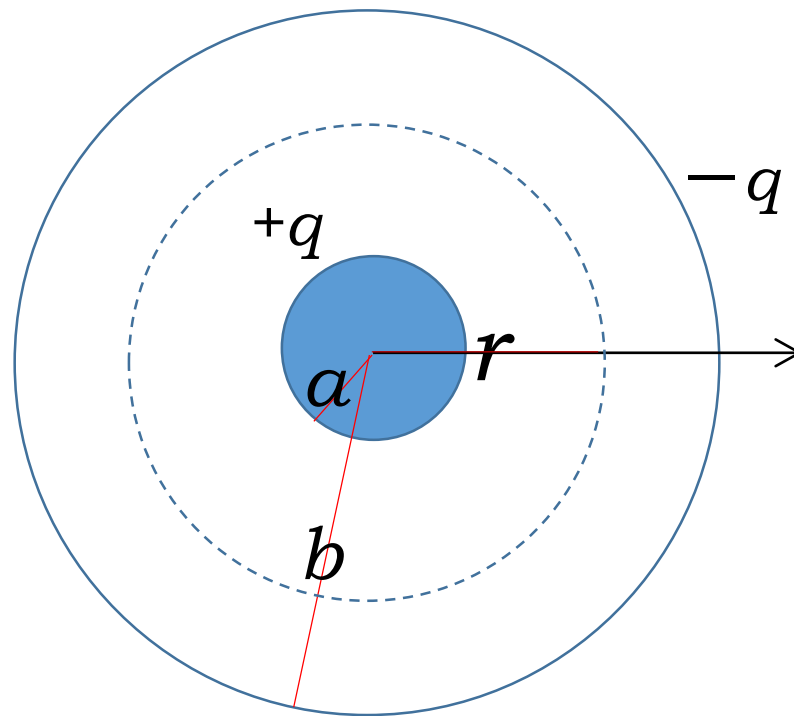
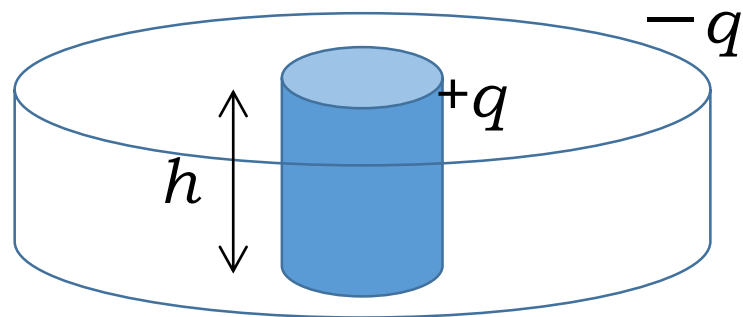
$$\int dA = 2\pi r h$$

$$E(2\pi r h) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r h}$$

また、電位の基準を、外円筒とする。

$$\Delta V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{r} =$$



演習： 帯電した金属棒の周囲の電位を求めよ。

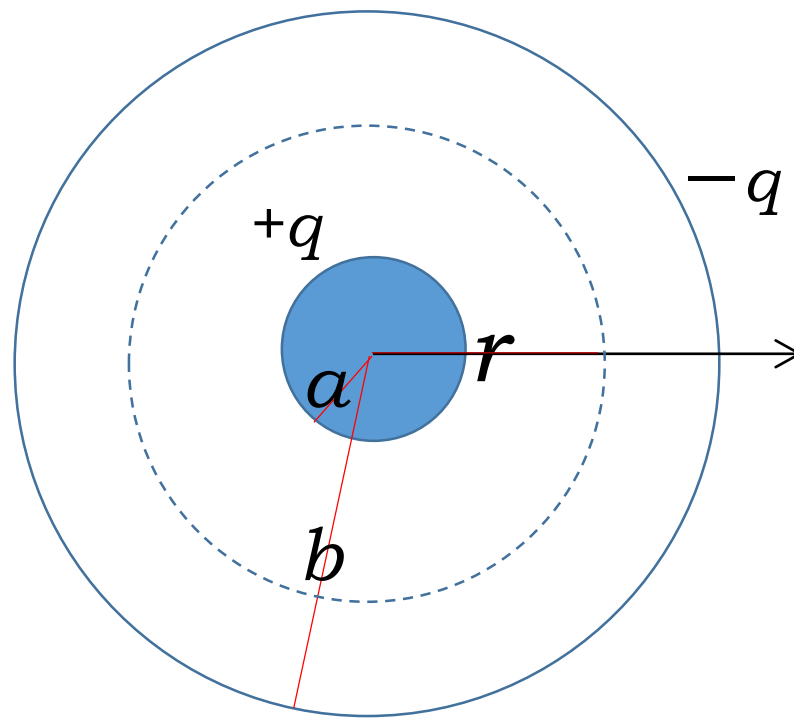
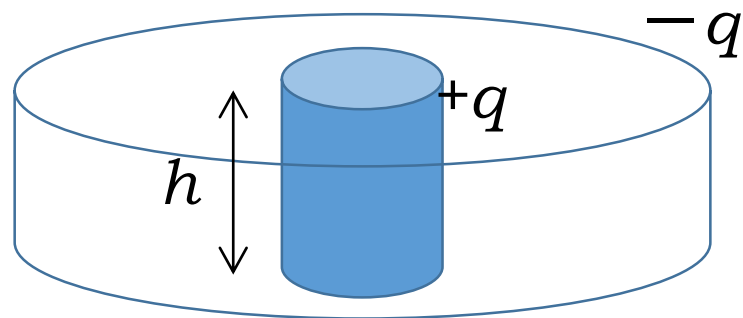
$$\begin{aligned}\Delta V &= - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_b^a \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r h} dr \\ &= - \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h} \int_b^a \frac{dr}{r} = - \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h} [\ln r]_b^a \\ &= - \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h} (\ln a - \ln b) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h} \ln \frac{b}{a}\end{aligned}$$

$\Delta V = V_f - V_i$ であり、 $V_i = 0$ 、 V_f を位置 r での電位 V とすると、

$$V(r) - 0 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h} \ln \frac{b}{r}$$

と求まる。

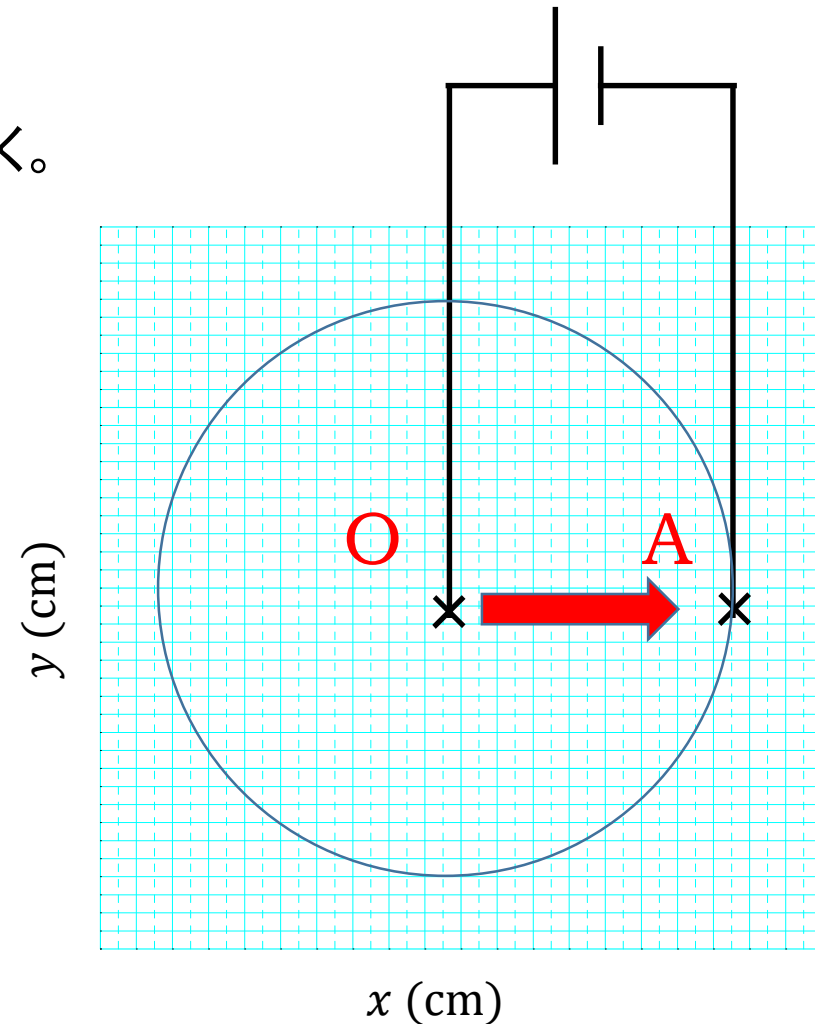
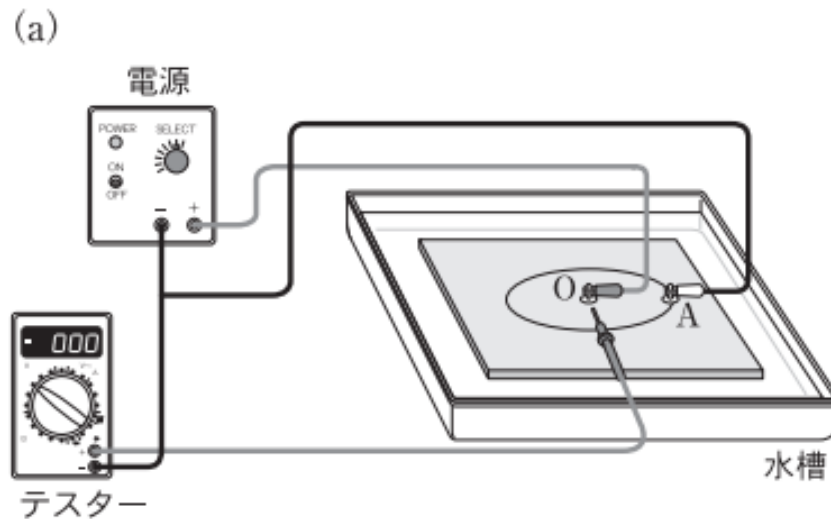
まとめると、電場の大きさは r^{-1} に比例し、電位差は $-\ln r$ と書ける。



実験の手順(指針からの変更点、等)

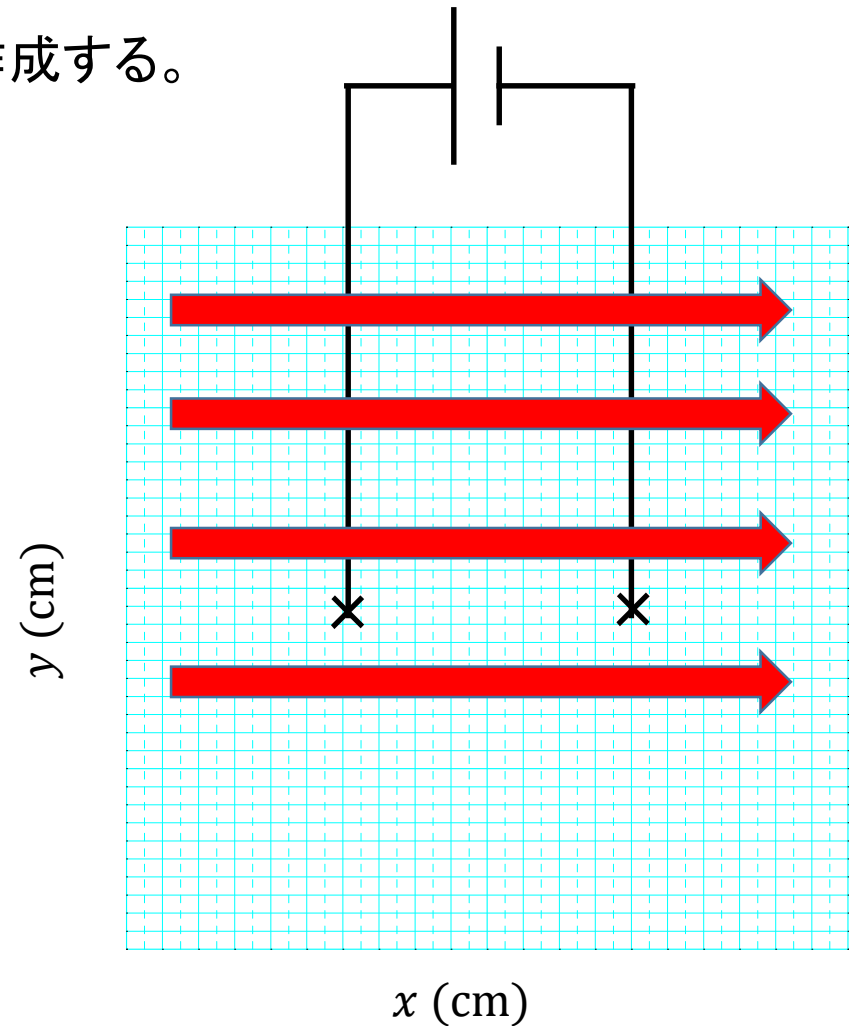
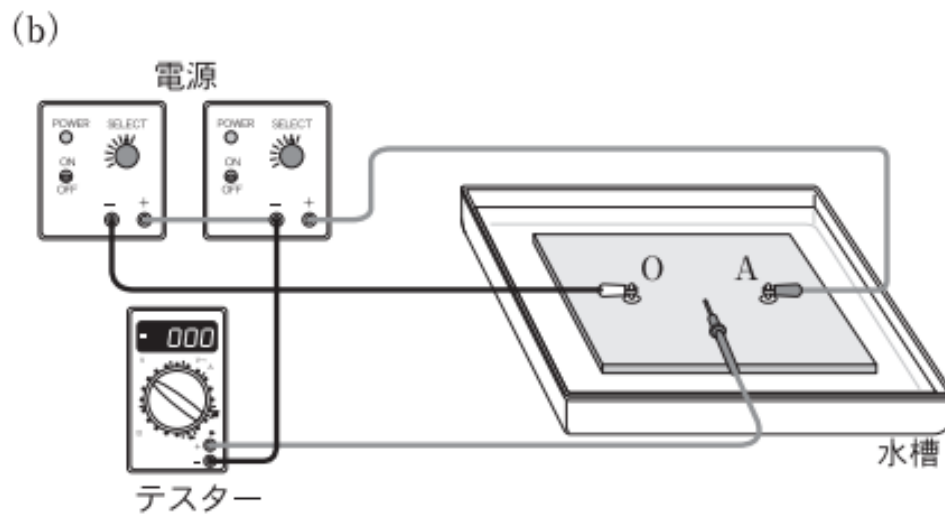
図(a)の回路を組み、電源の起電力を12 Vに設定する。

- ・点OA間上で、点Oからの距離が1 cm、2 cm、・・・の位置にプローブを押し当て、それぞれの位置でのグラウンドに対する電位差を測定する。
- ・横軸をx(位置)、縦軸を電位として、ノートにグラフを描く。



実験の手順(指針からの変更点、等)

- ・図(b)の回路を組み、電源の起電力を12 Vに設定する。
- ・OA周囲で2 cmおきにプローブを押し当て、それぞれの位置での電位差を測定し、電位分布を調べる。エクセルシートに電位を入力し、等高線図を作成する。



なぜ、直流電源が2個いるのか？
→負の電圧を作るために、2個の電源を用いる。

電源とは電位差をあたえる装置、テスターとは電位差を測定する装置である。
2つの電源を直列に接続したので、

0V - 12V - 24V という端子電圧が生じる。
テスターの負端子を左に接続すれば、0A間は0V ~ 24Vと測定できる。

テスターの負端子を電源の間に接続すれば、測定する電位差の基準が、この位置となる。従って、0A間は-12V ~ 12V と測定できる。

