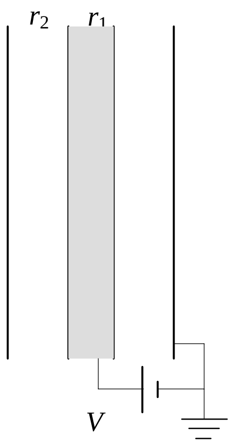
1. 真空中での静電場におけるガウスの法則の意味を説明しなさい。
キーワードとして電場、電荷、真空の誘電率 $\varepsilon_0$ [C²/N· m²]、閉曲面を使うこと。20]

教科書 36~38 ページ参照。

2. 無限に伸びる半径 $r_1$ の導体棒が半径 $r_2$ の薄い円筒形の導体の中心に同軸で置いてある。導体棒と円筒導体との間は真空で $V$ ボルトの電位差となっていて、円筒導体は接地してある。




① 導体棒内部、棒と円筒の間、および円筒の外側の電場とポテンシャルを中心軸からの距離の関数として求めなさい。[10]

$0 \le r \le r_1$ では電場は 0, ポテンシャルは V

$r_1 < r < r_2$ では電場はガウスの法則を用いて $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ およびポテンシャルは、$U(r) - U(r_2) = \int_r^{r_2} E dr = \int_r^{r_2} \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} dr$ において、円筒が接地されている、つまりポテンシャルが 0 なので、$U(r_2) = 0$ であるから、$U(r) = \int_r^{r_2} \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} dr$ となる。したがって、

$U(r) = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}(\log r_2 - \log r) = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \log \dfrac{r_2}{r}$。ここに、$\lambda$ は以下で求める電荷の線密度。円筒導体は接地されているので、ここでのポテンシャルは 0 であることに注意すること。電荷線密度を代入しても、$\lambda$ のままでも良い。

$r_2 < r$ では電場とポテンシャル共に 0。

② 導体棒の表面に現れる単位長さあたりの電荷を求めなさい。[10]

①より、$r = r_1$ ではポテンシャルが $\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \log \dfrac{r_2}{r_1}$ であり、これが V であるから、$\lambda = \dfrac{2\pi\varepsilon_0 V}{\log \dfrac{r_2}{r_1}}$

③ これをコンデンサーと考えて、単位長さあたりの電気容量を求めなさい。[10]

$\lambda = CV$ の関係から、$C = \dfrac{2\pi\varepsilon_0}{\log \dfrac{r_2}{r_1}}$

④　導体棒と円筒の間を比誘電率が $\varepsilon_r$ の誘電体で埋めた。このとき、電気容量は何倍になるか。[10]

$\varepsilon_r$　倍

⑤　このとき、導体棒表面に現れる電荷は何倍になるか。[10]

$\varepsilon_r$　倍

3. 真空中で面積がA [m²] の導体平板を間隔d [m] 離して平行に置き、コンデンサーを形成する。この二枚の導体板にそれぞれQ およびーQ [C] の電荷を帯電させた。真空の誘電率を $\varepsilon_0$ [C²/N· m²]として以下の問いに答えなさい。

①　導体板間に蓄えられている電気エネルギーを求めなさい。[10]

コンデンサーの電気容量は $C=\dfrac{\varepsilon_0 A}{d}$ であり、電気エネルギーは $\mathcal{E}=\dfrac{Q^2}{2C}=\dfrac{Q^2 d}{2\varepsilon_0 A}$

②　Q [C] に帯電している導体板をゆっくり距離 s だけ引き離した。このとき外力が行った仕事を求めなさい。[10]

力が行った仕事はコンデンサーに蓄えられている電気エネルギーの増大分と等しい。したがって、$W=\dfrac{Q^2 s}{2\varepsilon_0 A}$

③　導体板の間に働く力の大きさを求めなさい。[10]

力 x 動いた距離＝仕事であるから、②の結果を用いて $F=\dfrac{Q^2}{2\varepsilon_0 A}$