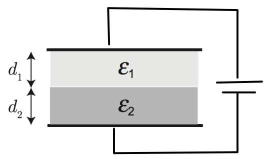
電磁気学１演義　　　　第11回　2019年7月8日[1]

0. 面積 S の平行平板コンデンサーの間を誘電率 ϵ_1、ϵ_2、厚さ d_1、d_2 の誘電体で満たし、2つの極板に電荷 $\pm Q$ を与えた。電荷は極板に均一に分布するとして良い。

   (a) コンデンサー内部での電場、電束密度を求めよ。

   (b) 極板間の電位差 V を求めよ。

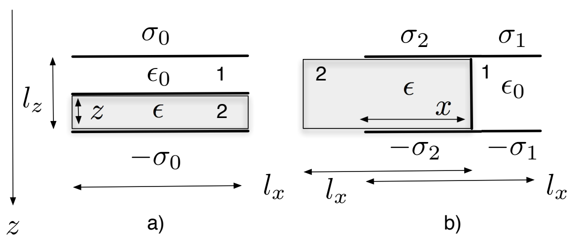


1. 半径 a の球の内部に一様に分極 $\boldsymbol{P} = P\hat{z}$ がある。表面分極電荷密度を求めよ。結果は、極座標で表示せよ。

2. 分極 $\boldsymbol{P} = P\hat{z}$ で一様に分極した誘電体の中に半径 a の球形の穴があるとき、穴の表面に生じる分極電荷が、穴の中心につくる電場を求めよ。

   講義では、この結果を Clausius-Mosotti の関係式を導くのに用いる。

3. 平行に置かれた2枚の平らな導体板からなるコンデンサーを考える。導体板はどちらも x、y 軸方向の長さが l_x、l_y の長方形で、図のように z 軸に垂直に置かれている。互いの距離を l_z とする。コンデンサーの中には a)、b) のように誘電率 $\epsilon(>\epsilon_0)$ の誘電体 (領域2) が部分的に入っている。この状態で系は固定されている。誘電体は x、y 軸方向の長さが l_x、l_y の直方体で、z 軸方向の厚みは a)、b) で異なっている。また、b) では、x 軸方向に長さ x の分だけがコンデンサーに入っていて、残りははみ出ている。誘電体以外の領域 (領域1) は真空とする。導体板、誘電体の端の効果は無視し、電場、電気分極は z 軸に平行な成分しかないとする。導体板には $\pm Q$、ただし $Q = \sigma_0 l_x l_y$ の電荷が与えられている。



[1] yoshino@cmc.osaka-u.ac.jp

(1) 誘電体が入っていない場合の、電場の大きさ E_0 、静電容量 C_0、静電場のエネルギー U_0 を求めよ。また、導体板に働く応力、すなわち単位面積あたりの力を方向を含めて求めよ。(ヒント：極板間の距離 l_z を仮想的に変化させることを考えてみよ。)

(2) a) の場合の電場 $\boldsymbol{E}(z)$、静電容量 C、静電場のエネルギー U を求めよ。結果は見やすくするために U_0、E_0、C_0、体積 $V = l_x l_y l_z$、誘電率の比 ϵ/ϵ_0、z/l_z を用いて表せ。また、誘電体と真空との境界面に働く応力を方向を含めて求めよ。(ヒント：z を仮想的に変化させることを考えてみよ。) [2]

(3) b) の場合についても同様に考えよ。ただし、z/l_z のかわりに x/l_x が自然なパラメータになることがわかるだろう。仮にコンデンサー内に入る長さ x が可変であるとすると (x 軸方向の長さ l_x は固定)、どうなると予想されるか議論せよ。

[2]実験の YouTube 動画:https://www.youtube.com/watch?v=cSjbZ-LFdW0