

0. z 軸に垂直な 2 つの平面 1,2 の上に電荷が一様に分布している。平面 1,2 はそれぞれ $z = z_1, z_2$ にあり、 $z_2 > z_1$ とする。それぞれの上に、表面電荷密度 σ_1, σ_2 の電荷があるとする。
- (a) 平面 1,2 上の電荷が作る電場をそれぞれ求めよ。2 つの平面は無限に広いとして良い。(演義 No3-0) これらの重ね合わせから全体の電場を求めよ。
- (b) 2 つの平面によって空間は 3 つの部分に分けられている。それぞれにおける Maxwell 応力テンソル $T_{\mu\nu} = \epsilon_0[E_\mu E_\nu - (1/2)\delta_{\mu\nu}|\mathbf{E}|^2]$ の各成分を求めよ。
- (c) 平面 1 および平面 2 の単位面積あたりの部分が受ける力をクーロンの法則から求めよ。
- (d) Maxwell 応力テンソルを用いて (d) と同じ結果が得られることを示せ。
1. 時間的に定常な電流密度場 $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ があるとき、静磁場ができる。静磁場は以下の Maxwell 方程式に従う。

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} \quad (1)$$

以下の問いでは、Maxwell 方程式 (1) を積分することによって、静磁場を求めよ。(ヒント: 例えば回転対称性など、それぞれの問いで考えている系の対称性に注目し、磁場にもその対称性が反映されているとせよ。¹ 電流密度 \mathbf{j} は、単位面積あたりを通過する電流の強さと、方向を表すベクトルである。すなわち適当な面で面積分 $\int dS \hat{\mathbf{n}}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{j}(\mathbf{r})$ すれば、その面を通過する電流の総量となる。)

- (a) z 軸方向に無限に伸びた直線上を、強さ I の定常電流が $+z$ 方向に流れている場合の磁場を求めよ。
- (b) z 軸方向に無限に伸びた半径 a の円柱の内部を、強さ I の定常電流が $+z$ 方向に流れている場合。電流は、円柱内で均一とする。円柱内部、外部を含めて磁場を求めよ。
- (c) z 軸に垂直な無限に広い平面上を、均一な定常電流が x 方向に流れている場合。電流に直交する直線を、単位長さあたり強さ K の電流が通過しているとする。平面の両側で磁場を求めよ。
- (d) z 軸方向に無限に伸びた半径 a の円筒の表面上を、定常電流が円周方向に流れている。電流に直交する直線を、単位長さあたり強さ K の電流が通過しているとする。円筒内部、外部を含めて磁場を求めよ。

¹一般に、ある解に定数ベクトルを足したのもこれらの方程式の解になっているので解は自体は無数にある。