(1)　真空中に蓄えられる電場のエネルギーは$U=\dfrac{1}{2}\int_V \varepsilon_0 \left|\boldsymbol{E}\right|^2 dV$　で与えられる。電場が静電場のとき

$$U=\frac{1}{2}\int_V \rho\varphi\, dV$$

となることを示せ。ただし V は電場が拡がる体積領域，ρは電荷密度，ε_0は真空中の誘電率であり，電束密度 $\boldsymbol{D}$ と電場 $\boldsymbol{E}$ の間には$\boldsymbol{D}=\varepsilon_0\boldsymbol{E}$ の関係があるものとする。

(2)　表面電荷が，$+Q$，$-Q$，表面の静電ポテンシャルがφ_1, φ_2であるような任意の形をした孤立した導体を考える。この二つの導体が作る静電エネルギーを求めよ。

(3)　電気容量 $C_1, C_2, ..\ C_N$ を各々持つ N 個のコンデンサーが導線によって接続されている閉回路を考える。N 個のコンデンサーが直列に接続されている場合と，並列に接続されている場合の合成容量を，それぞれ導出せよ。

問３　次の文を読み，設問(1)～(3)に答えよ。

電流 I が流れる導線上にコイル素子を連結した回路を考える。このコイルを貫く磁束が，$\Psi=LI$ で与えられるとき，L をこの回路素子における自己インダクタンスという。このとき誘導起電力εは$\varepsilon=-L\dfrac{d}{dt}I$で与えられる。

(1)　自己インダクタンス L をもつ一個のコイルに電源をつないで電流を流すことを考えよう。電源の起電力を V, コイルの抵抗を R としたとき，電流 I と Vの満たす関係式を求めよ。

(2)　さらに電気容量 C のコンデンサーを直列に接続する。コンデンサーに蓄えられている電荷をQとした場合の I と Vの関係を求めよ。

(3)　設問(2)の状況において時間変化する電流Iが流れているときに電源が単位時間あたりにする仕事 Wを求め，各項の物理的意味を説明せよ。ただし，必要に応じて，回路を流れる電流 I とコンデンサーに蓄えられる電荷Qの間には$I=dQ/dt$ が成り立つことを用いてよい。