科目名 物理学B（電磁気学）	教官名 鳥井寿夫	平成15年2月8日4限 試験時間９０分

指定クラス なし	解答用紙 両面１枚	計算用紙 １枚	持ち込み不可

次の[I]～[IV]のすべてに解答しなさい。必要であれば，以下の物理定数を計算に用いよ．

真空の誘電率：$\varepsilon_0 \cong 8.9\times10^{-12}$ F/m，$1/4\pi\varepsilon_0 \cong 9.0\times10^{9}$ m/F
真空の透磁率：$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ H/m，電気素量：$e \cong 1.6\times10^{-19}$ C
アボガドロ数：$N_A \cong 6.0\times10^{23}$

[Ｉ] 以下の物理量の定義を**数式を用いずに**答えよ．以下の例のように「**～とは**」で始め，**物理量の名称**で終わること．

（例）１C**とは**，１A の電流が１秒間に運ぶ**電荷**.

（１）１V（ボルト）

（２）１F（ファラッド）

（３）１Ω（オーム）

（４）１W（ワット）

（５）１H（ヘンリー）

[II] 以下の問いに答えよ．

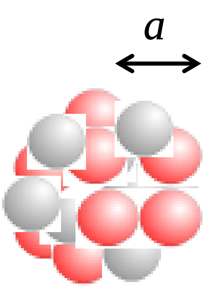
（１）電荷$Q>0$が一様に帯電している半径aの球を考える。中心からの距離rの位置における電場の大きさ$E(r)$をガウスの法則を用いて求め，横軸をr，縦軸を$E(r)$とするグラフに表しなさい．

（２）「静電エネルギーは電場という形で空間に蓄えられている」という考え方に基づき，この帯電球の静電エネルギーUを計算せよ．

（３）質量数（陽子と中性子の総数）がAである原子核の半径aは、原子種に依らず

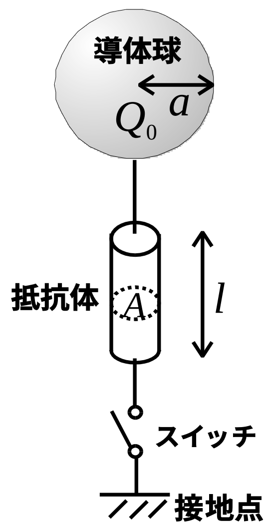
$$a = r_0 A^{1/3},\quad r_0 = 1.2\times10^{-15}\ \mathrm{m}$$

と近似的に表されることが衝突実験よりわかっている。陽子は原子核内に一様に分布していると仮定し，（２）の結果を用いて，プルトニウム原子（原子番号 94，質量数 239）の原子核の持つ静電エネルギーを有効数字 2 桁で計算せよ．（ヒント：$\sqrt[3]{239} \cong 6.2$）.



（４）プルトニウム原子が核分裂すると，持っていた静電エネルギーの約 20%が熱エネルギーとして放出される．１g のプルトニウムが核分裂する際に放出される熱エネルギーは，日本の一世帯あたり一ヶ月間に消費する平均電力量 300kWh（キロワット時：1kW の電力が 1 時間にする仕事）の何ヶ月分に相当するか計算せよ．

[III] 右の図のように，半径 a の導体球が，抵抗体（断面積 A，長さ l，電気伝導度 σ ）とスイッチを介して接地されている．最初スイッチは開いており，導体球には電荷 Q_0 が帯電している．時刻 $t=0$ にスイッチを入れ，この電荷を放電する．接地点（電位の基準点）は導体球から無限遠とみなせるほど十分遠いとして，以下の問いに答えよ．



（1）スイッチを入れる前の導体球の電位 V_0 を求めよ．

（2）導体球の静電容量 C を求めよ．

（3）スイッチを入れた直後における抵抗体内部の電場の大きさ E，電流密度 j，および抵抗体を流れる電流 I を求めよ．ただし，抵抗体内部の電流密度は一様であると仮定する．

以下の問には，導体球の電気容量を C，抵抗体の抵抗を R として答えよ．

（4）時刻 $t \geq 0$ に導体球に溜まっている電荷量を $Q(t)$ とする．抵抗体を流れる電流 $I(t)>0$ は $I(t)=-dQ(t)/dt$ と表せることを利用し，$Q(t)$ に関する微分方程式を書き表しなさい．

（5）（4）の微分方程式を解き，$Q(t)$ をグラフ化せよ．

[IV] 以下の問いに答えよ．

（1）図１のように z 軸を中心軸とし，$z=0$ 平面にある一辺が $2a$ の正方形コイルに電流 I が流れているとする．このコイルが z 軸上 $z=0$ の点につくる磁場の大きさを求めなさい．

（2）図２のような単位長さあたりの巻き数が n，一辺が $2a$，長さ l のソレノイドコイルに電流 I が流れている。ソレノイドコイルの外部には磁場はなく、コイル内部の磁場は z 軸に平行であるとする。コイル内部の磁場の大きさを求めよ。

（3）このソレノイドコイルの自己インダクタンス L を求めよ。

（4）自己インダクタンス L のソレノイドコイルに、図３のように電池 V、抵抗 R をつないだ。時刻 $t=0$ にスイッチを入れた。その後の時刻 $t>0$ にコイルに流れている電流 $I(t)$ を求め、グラフ化せよ．

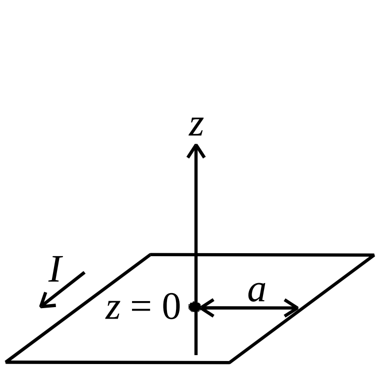


図１

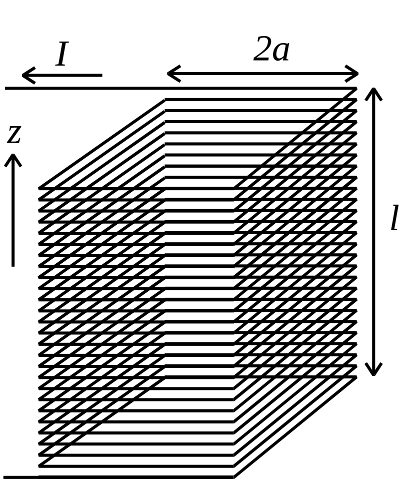


図２

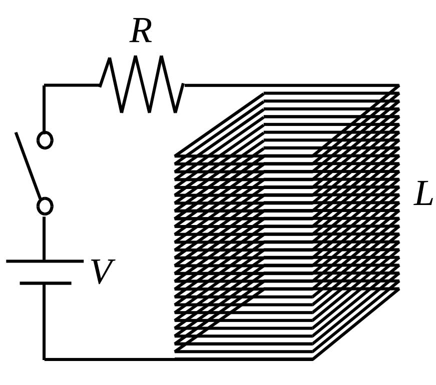


図３