科目名 物理学B（電磁気学）	教官名 鳥井寿夫		平成１５年２月10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答えよ．「**〜とは**」で始め，**物理量の名称**で終わること．

（例）**1A（アンペア）とは**、真空中に１m の間隔で平行に置かれた無限に長い２本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体に１ m ごとに 2×10^{-7} N の力を及ぼし合う**電流**.

（１）１C（クーロン）

（２）１V（ボルト）

（３）１F（ファラッド）

（４）１Ω（オーム）

（５）１W（ワット）

[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 $E(r)$ を求め，横軸を r，縦軸を $E(r)$ とするグラフに表しなさい．

（２）この帯電球の中心からの距離 r の位置における電位 $\phi(r)$ を求め，横軸を r，縦軸を $\phi(r)$ とするグラフに表しなさい．ただし，電位の基準点は無限遠とする．

（３）この帯電球の静電エネルギー U を求めよ．

（４）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

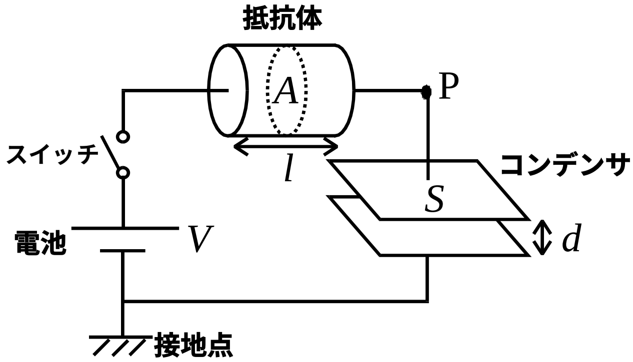
$$a = r_0 A^{1/3},\quad r_0 = 1.2\times10^{-15}\ \mathrm{m}$$

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，（３）の結果を用いて，ウラン原子（原子番号 92，質量数 235）の原子核の持つ静電エネルギーを計算用紙で計算し（ヒント：$\sqrt[3]{235} \cong 6.2$），答えに一番近いものを次の①〜⑩の中から選んで解答せよ．

①$1.6\times10^{-10}$ J　②$1.6\times10^{-12}$ J　③$1.6\times10^{-14}$ J　④$1.6\times10^{-16}$ J　⑤$1.6\times10^{-18}$ J
⑥$1.6\times10^{-20}$ J　⑦$1.6\times10^{-22}$ J　⑧$1.6\times10^{-24}$ J　⑨$1.6\times10^{-26}$ J　⑩1.6×10^{-28} J

（５）ウラン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 のウラン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，電圧 V の電池に，円柱形（断面積 A，長さ l，電気伝導度 σ）の抵抗体と，平行平板（間隔 d，面積 S）コンデンサとスイッチを直列につなぎ，時刻 $t=0$ にスイッチを入れた．スイッチを入れる前には，コンデンサは帯電していないとする．以下の問いに答えよ．



（1）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．

（2）スイッチを入れてから十分時間が経った後（$t\to\infty$）にコンデンサに溜まっている電荷量 Q を求めよ．

以下の問いには，抵抗体の抵抗を R，コンデンサの電気容量を C として答えよ．

（3）時刻 $t\geq 0$ に抵抗体を流れている電流を $I(t)>0$ とする．時刻 t における点 P の電位 $V_P(t)$ を $I(t)$ を用いて表せ．ただし電位の基準点は接地点とする．

（4）時刻 t にコンデンサに溜まっている電荷量を $Q(t)$ とすると，$I(t)$ は $I(t)=dQ(t)/dt$ と表せることを利用し，$V_P(t)$ 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，$V_P(t)$ をグラフ化せよ．

[IV] 次の問いに答えよ．

（1）図１のように z 軸を中心軸とし，$z=0$ を中心とする半径 a の円状コイルに電流 I が流れているとする．このコイルが z 軸上につくる磁場の大きさ $B(z)$ を求め，$-a<z<a$ の範囲でグラフ化せよ．

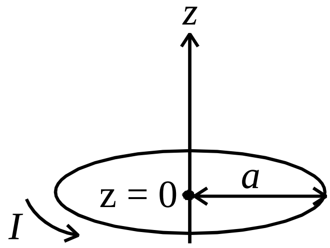


図１

（2）図２のような単位長さあたりの巻き数が n，半径 a，長さ l のソレノイドコイルに電流 I が流れているとする．ソレノイドコイルが無限に長いと仮定し（$l\to\infty$），コイルの中心軸における磁場の大きさを次の 2 通りの方法で求めよ．

①アンペールの法則を用いる．

②（1）の結果を用いる．

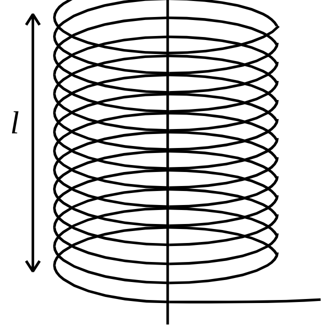


図２

（3）ソレノイドコイル内の磁場の大きさは一様に（２）で求めた値であると仮定し，ソレノイドコイルの自己インダクタンス L を求めよ．

（4）時刻 $t=0$ にソレノイドコイルの両端に電圧 V をかけ始めた．その後の時刻 $t>0$ にコイルに流れている電流 $I(t)$ を求めよ．ただしコイルの抵抗は無視する．