

物理学 A (電磁気学)	富谷光良 担当	2008 年 2 月 8 日(金) 4 時限 試験時間 90 分
理科 I 類 16、21、22 組	両面解答用紙 1 枚 計算用紙 1 枚	教科書・ノート等の持ち込み無

注意：答案用紙にはどの問に対しても解答のみではなく、導出方法も必ず記述すること。問題文に明示されていない物理量や条件が必要と思われる場合には、適宜それらを定義した上で解答に用いてよい。

以下の物理定数を必要なら用いてよい：

真空の誘電率  $\epsilon_0 = \frac{10^7}{4\pi c^2} \text{F/m}$ 、真空の透磁率  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ 、重力定数  $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$ 、光速  $c = 2.998 \times 10^8 \text{m/s}$

【1】以下の問いに答えよ。

- (1) 間隔 1 m で張られた 2 本の平行な電線に 100 A の電流が反対向きに流れている。電線間に働く力は電線 1 m 当たりどれだけか。
- (2) 長さ 10 cm、単位長さ当たりの巻き数  $300 \text{m}^{-1}$ 、断面積  $0.05 \text{m}^2$  のソレノイドの自己インダクタンスを求めよ。
- (3) 半径  $a$  の無限に長い丸棒の内部に様な密度  $\rho$  で電荷が分布しているとき、棒の内外での電位を求めよ。

【2】以下の問いに答えよ。

- (1) 図 1 のように、原点をまたいで距離  $\ell$  だけ  $z$  軸方向に離れて 2 個の電荷  $q$  と  $-q$  が固定されている。このような電荷分布を電気双極子と呼ぶ。位置  $\mathbf{x}$  につくるクーロンポテンシャル  $\phi(\mathbf{x})$  を導け。特に、 $\ell$  が  $r = |\mathbf{x}|$  ( $\mathbf{x} = (x, y, z)$ ) より充分小さいとき

$$\phi(\mathbf{x}) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \mathbf{p} \cdot \nabla \frac{1}{r}$$

となることを確かめよ。ここで、電荷電荷  $q$  からへの変位ベクトルを  $\mathbf{d}$  とすると、 $\mathbf{p} = q\mathbf{d}$  を双極子モーメントという。

- (2) 原点から充分遠方での、この双極子の作る電場をもとめよ。したがって、原点付近での発散は考えなくてよい。

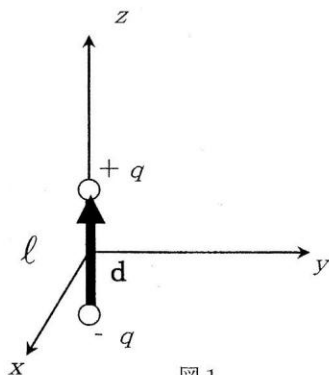


図 1

- (3) 半径  $a$ 、長さ  $\ell$  の長い円柱状の導体棒がある。この導体棒の抵抗を  $R$  とする。この導体棒に定常電流  $I$  を流したときに生じるポインティングベクトルの方向と大きさを求めよ。ポインティングベクトルの法線成分を全表面上で積分し、結果を導体棒から発生するジュール熱と比較せよ。電流は導体棒内を一様に流れるものとする。

- (4) 長さ  $\ell$ 、幅  $b$  の長方形の導体平板を図 1 のように平行に 2 枚、間隔  $a$  となるように設置する。それぞれの変数には条件  $\ell \gg b \gg a$  が成り立っているとする。さらに、図 1 のように導体平板の長さ方向に、各導体平板に互いに反対方向で大きさ  $I$  の電流を流す。ただし、電流の大きさ  $I$  は、必ず一定になるように電源が設定してある。

- (1) 平行導体平板の間に発生している磁場を求めよ。
- (2) 平行導体平板間を貫く全体の磁束を求めよ。
- (3) 平行導体平板間に働く力を求めよ。その力は斥力か、引力かを根拠を明らかにしながら示せ。

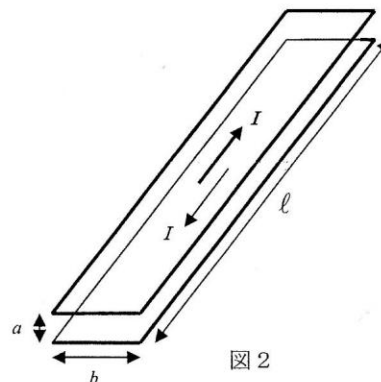


図 2

- (5) 図 3 のように、帯電していない電気容量  $C$  のコンデンサー、抵抗値  $R$  の抵抗、起電力  $E$  の電池とスイッチを直列につないだ回路を作成した。はじめスイッチは切っており、時刻  $t=0$  にこのスイッチを入れた。

- (1) コンデンサーの電荷量が最終電荷量の半分になる時間を求めよ。
- (2) この回路の電流の変化を時間の関数として求めよ。

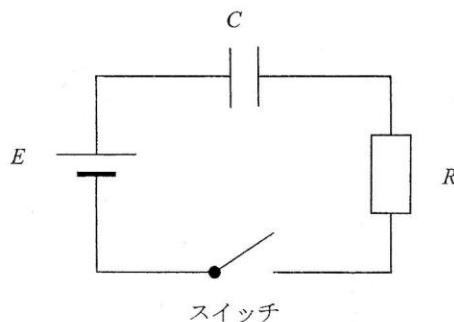


図 3