

令和7年度専攻科入学者選抜検査

(学力一次) 検査問題

電子工学専攻

専 門 科 目

(検査時間 120分)

(注)

- 1 問題用紙は、表紙を含めて1～6ページです。
- 2 2科目（電磁気学、電気回路）の両方に解答してください。
- 3 電卓は、使用禁止です。
- 4 解答は、全て解答用紙に記入してください。
- 5 スペースが不足する場合は、その旨を明記の上、用紙の裏を使用してください。
- 6 検査終了後、検査問題は持ち帰ってください。

科目名 電磁気学

1. 次の記述は、次のページの図 1、図 2 に示すような、真空中において一辺の長さ l の正方形の平行板電極間を移動する電子の運動について述べたものである。[ア] ~ [ノ] に当てはまる字句を次のページの選択肢から選び番号で答えなさい。ただし、[] 内の同じ片仮名は同じ字句を示し、選択肢の重複使用は可能である。また、重力の影響はないものとし、平行板電極間のみ平等電界が存在するものとする。なお、電子の質量を m 、電子の電気量を $-e$ ($e > 0$) とする。

図 1 に示すように、電極板の面に垂直な座標軸を x として定める。真空中において電極板 A の位置を $x = 0$ とし、 x 方向に d_1 離れたところに電極板 B を置く。この二枚の平行平板電極 A、B に図に示すように直流電圧 V を加えたとき、電界の方向は図中の番号 ①、②、③、④のうち [ア] の方向であり、その大きさは [イ] である。時刻 $t = 0$ において、一個の電子が $x = 0$ で静止しているとすると、この電子には、力 $F =$ [ウ] が [エ] の方向に働く。したがってニュートンの運動方程式から微分方程式 $d^2x/dt^2 =$ [オ] が得られる。この式を t について積分すると $dx/dt =$ [カ] $+ C_1$ となる。ここで、 C_1 は積分定数であり、 $t = 0$ で $dx/dt = 0$ より、 $C_1 =$ [キ] となる。この式をさらに t について積分すると、 $x =$ [ク] $+ C_2$ となる。 C_2 は積分定数であり、 $t = 0$ で $x = 0$ より、 $C_2 =$ [ケ] となる。よって、電子が電極板 A から出て電極板 B に到達するまでの時間は、[コ] であり、そのときの速度は、[サ] となる。

次に、図 2 に示すように、二枚の電極板 A、B を間隔 d_2 として平行に配置し、直流電圧 V を加える。この二枚の平行板電極の中央左端の座標を x - y 平面における原点 O ($0,0$) とし、電子を原点 O から時刻 $t = 0$ に初速度 v_0 で、 x 軸方向に放出したとする。 $0 \leq x \leq l$ において、電子は x 軸方向に [シ] 運動し、 y 軸方向には [ス] 運動することとなる。したがって、電子の x 座標を t の関数で表すと $x =$ [セ] となる。つまり、電子が $x = l$ に到達するまでの時間は、[ソ] である。また、 $0 \leq x \leq l$ において、電子は平等電界より y 軸方向に力 $F =$ [タ] を受ける。よって、 y 軸方向に関してニュートンの運動方程式から微分方程式 $d^2y/dt^2 =$ [チ] が得られる。この式より、 $0 \leq x \leq l$ における電子の y 座標を t の関数で表すと、 $y =$ [ツ] となる。また、 y 軸方向の速度を t の関数で表すと、[テ] となる。よって、 $x = l$ における電子の座標は、(l , [ト]) であり、 y 軸方向の速度は、[ナ] となる。この後、電子が $x = l$ の位置から距離 L のスクリーンに到達するまでの時間は、[ニ] であるので、電子がスクリーンに到達する座標は、($[ヌ]$, $[ト] + [ネ]$) となる。このように、電界の作用によって電子の軌道が曲げられることを [ノ] 偏向という。

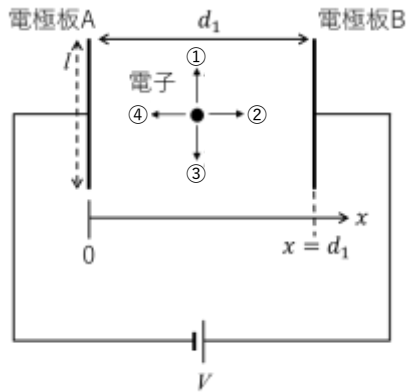


図 1

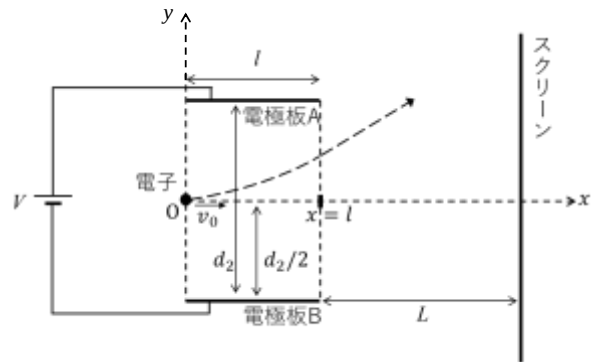


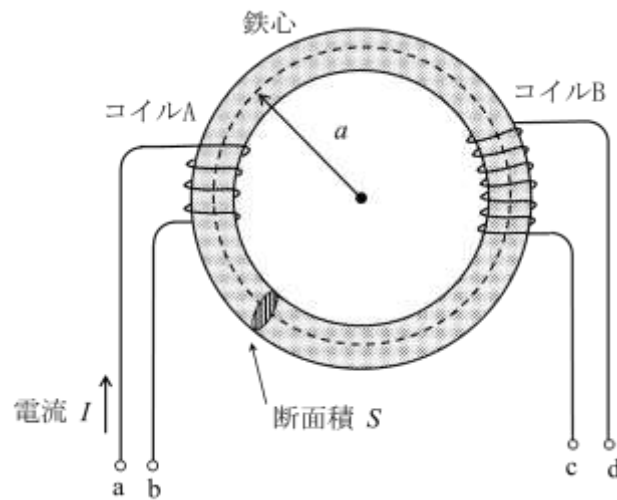
図 2

[選択肢]

- (1) 等速度 (2) 等加速度 (3) 電磁 (4) 静電 (5) 磁気 (6) l (7) d_1 (8) d_2
 (9) $\frac{d_2}{2}$ (10) L (11) $l + L$ (12) eV (13) $\frac{V}{d_1}$ (14) $\frac{V}{d_2}$ (15) $\frac{eV}{d_2}$ (16) $\frac{eV}{d_1}$ (17) $\frac{eV}{md_1}$
 (18) $\frac{2eV}{md_1}$ (19) $\frac{eV}{2md_1}$ (20) $\frac{eV}{md_1}t$ (21) $\frac{2eV}{md_1}t$ (22) $\frac{eV}{2md_1}t$ (23) $\frac{eV}{md_1}t^2$ (24) $\frac{2eV}{md_1}t^2$
 (25) $\frac{eV}{2md_1}t^2$ (26) t (27) t^2 (28) v_0 (29) v_0t (30) v_0t^2 (31) $\frac{v_0t^2}{2}$ (32) $\frac{v_0}{l}$
 (33) $\frac{l}{v_0}$ (34) $\frac{2v_0}{l}$ (35) $\frac{l}{2v_0}$ (36) $\frac{v_0}{L}$ (37) $\frac{L}{v_0}$ (38) $\frac{v_0}{l+L}$ (39) $\frac{l+L}{v_0}$ (40) $\frac{eV}{md_2}$
 (41) $\frac{eV}{md_2}t$ (42) $\frac{eV}{md_2}t^2$ (43) $\frac{eV}{2md_2}$ (44) $\frac{eV}{2md_2}t$ (45) $\frac{eV}{2md_2}t^2$ (46) $\frac{2eV}{md_2}$ (47) $\frac{2eV}{md_2}t$
 (48) $\frac{2eV}{md_2}t^2$ (49) $\frac{eVl}{md_2v_0}$ (50) $\frac{2eVl}{md_2v_0}$ (51) $\frac{eVl}{2md_2v_0}$ (52) $\frac{eVl^2}{md_2v_0^2}$ (53) $\frac{2eVl^2}{md_2v_0^2}$
 (54) $\frac{eVl^2}{2md_2v_0^2}$ (55) $\frac{eVlL}{md_2v_0^2}$ (56) $\frac{2eVlL}{md_2v_0^2}$ (57) $\frac{eVlL}{2md_2v_0^2}$ (58) $\sqrt{\frac{eV}{m}}$ (59) $\sqrt{\frac{2eV}{m}}$ (60) $\sqrt{\frac{eV}{2m}}$
 (61) $\sqrt{\frac{md_1^2}{eV}}$ (62) $\sqrt{\frac{2md_1^2}{eV}}$ (63) $\sqrt{\frac{md_1^2}{2eV}}$ (64) 0 (65) ① (66) ② (67) ③ (68) ④

科目名 電磁気学

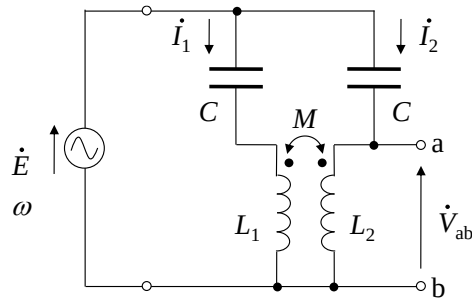
2. 下図に示すように、真空中に環状の鉄心 (半径 a [m]、断面積 S [m²]、比透磁率 μ_r) があり、巻数 N_A のコイルAと巻数 N_B のコイルBが巻かれており、 $N_A < N_B$ である。このとき、コイルAには I [A]の直流電流が流れている。また、鉄心中の磁界分布および磁束密度分布は一様とみなせるものとし、漏れ磁束は無い。真空の透磁率を μ_0 [H/m]、円周率を π として、以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) 鉄心の透磁率を求めよ。
- (2) コイルAに流れる電流によって生じる起磁力を求めよ。
- (3) 鉄心中の磁界強度を求めよ。
- (4) 鉄心中の磁束を求めよ。
- (5) コイルAの自己インダクタンスを求めよ。
- (6) コイルAに蓄えられるエネルギーを求めよ。
- (7) コイルAとコイルBの相互インダクタンスを求めよ。
- (8) 端子 b、c を接続したとき、鉄心中の磁束密度を求めよ。
- (9) 端子 b、c を接続したとき、端子 ad 間の自己インダクタンスを求めよ。
- (10) 端子 b、d を接続したとき、端子 ac 間の自己インダクタンスを求めよ。

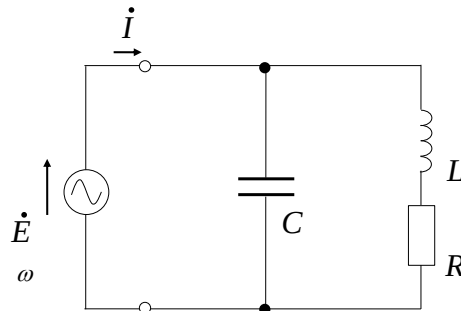
科目名 電気回路

1. 下図のように、キャパシタンス $C = 1 \text{ F}$ 、一次側インダクタンス $L_1 = 2 \text{ H}$ および二次側インダクタンス $L_2 = 1 \text{ H}$ 、相互インダクタンス $M = 1 \text{ H}$ の変成器からなる回路に、角周波数 $\omega = 2 \text{ rad/s}$ の正弦波交流電圧源 $\dot{E} = 5 \angle 0 \text{ V}$ を接続した。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。ただし、虚数単位を j とせよ。



- (1) 一次側および二次側インダクタンスに流れる電流 $\dot{I}_1$ 、 $\dot{I}_2$ を求めよ。
- (2) 端子 ab 間の電圧 $\dot{V}_{ab}$ を求めよ。
- (3) 交流電圧源の角周波数を変化させたとき、端子 ab 間の電圧 $\dot{V}_{ab}$ が 0 になった。このときの角周波数 ω_0 を求めよ。ただし、 $\omega_0 > 0$ とする。

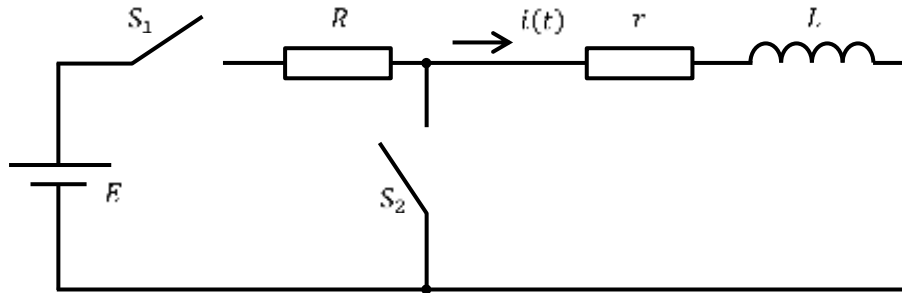
2. 下図のように、抵抗 R [Ω]、インダクタンス L [H]、キャパシタンス C [F] からなる回路に角周波数 ω [rad/s] の交流電圧源 $\dot{E} = E \angle 0$ [V] を加えた。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



- (1) 回路のアドミタンス $\dot{Y}$ を求めよ。ただし、分母に虚数単位 j が残らない形で解答せよ。
- (2) 電圧源 $\dot{E}$ が回路に供給する電流 $\dot{I}$ の大きさを求めよ。
- (3) 回路で消費される電力 P を求めよ。
- (4) 回路の共振角周波数 ω_0 を求めよ。ただし、 $\omega_0 > 0$ とする。
- (5) 回路の Q 値 (共振の鋭さ) を $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ としたとき、共振時の回路のインピーダンスが RQ^2 [Ω] となることを示せ。

科目名 電気回路

3. 下図のような、直流電圧源 E [V]、2つの抵抗 R [Ω]、 r [Ω]、インダクタンス L [H]、スイッチ S_1 、 S_2 で構成される回路を考える。時刻 t [s] < 0において、すべてのスイッチは開いており、回路は定常状態にある。なお、電流 $i(t)$ [A]は図中の矢印の向きを正とする。以下の設問に適切な単位を付して答えよ。



時刻 $t = 0$ でスイッチ S_1 を閉じた。 $t \geq 0$ における図中の電流 $i(t)$ を $i_1(t)$ とする。

- (1) 電流 $i_1(t)$ が満たす回路方程式を示せ。
- (2) 電流 $i_1(t)$ の初期値 $i_1(0)$ を示せ。
- (3) 上記(1)の回路方程式を上記(2)の初期値の条件で解き、電流 $i_1(t)$ を求めよ。
- (4) 時刻 t において、 L に蓄積されるエネルギー $W_{L1}(t)$ を求めよ。
- (5) $W_{L1}(t)$ の時間変化(時間微分) $dW_{L1}(t)/dt$ を求めよ。
- (6) 時刻 t において、 R 、 r で消費される電力 P_{R1} 、 P_{r1} を求めよ。
- (7) 時刻 t において E から供給される電力 P_{E1} を求めよ。
- (8) $dW_{L1}(t)/dt$ 、 P_{R1} 、 P_{r1} 、 P_{E1} の関係を示せ。

スイッチ S_1 を閉じて充分時間が経過し定常状態となった後、スイッチ S_1 を開くと同時にスイッチ S_2 を閉じた。この時刻をあらためて $t = 0$ とおき、 $t \geq 0$ における図中の電流 $i(t)$ を $i_2(t)$ とする。

- (9) $t \geq 0$ で電流 $i_2(t)$ が満たす回路方程式を示せ。
- (10) 電流 $i_2(t)$ の初期値 $i_2(0)$ を示せ。
- (11) 上記(9)の回路方程式を上記(10)の初期値の条件で解き、電流 $i_2(t)$ を求めよ。