



2025年度

島田高校 3 年 1 学期中間試験問題

# 物 理

2025 年 5 月 15 日実施

10:55 — 11:45

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの冊子を開かないこと。
2. 落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合，直ちに監督者へ申し出ること。
3. 問題冊子は 11 ページまで，解答用紙は 1 枚である。
4. 解答用紙の所定の欄（右上）に，所属クラス，番号，氏名を記入すること。
5. 解答は，解答用紙の所定の欄に記入すること。
6. 問題冊子中の白紙のページは草稿用に使用してもよいが，問題冊子は回収しないため採点は行われない。



試験問題は、次のページより始まります。

1

各図の状況において，導体棒，または回路に生じる誘導起電力を求めよ．磁束密度の大きさを  $B$  とする．

- (1) 図 1－1 のように，間隔  $\ell$  で固定された平行なレール上を速度  $v$  で運動する導体棒に生じる誘導起電力 ( $Q \rightarrow P$  を正)．
- (2) 図 1－2 のように，なす角  $\theta$  で固定された 2 本のレール  $L_1, L_2$  上を，速度  $v$  で運動する導体棒に生じる誘導起電力 ( $Q \rightarrow P$  を正)．ただし，レールの交点を原点とし， $L_2$  に沿って  $x$  軸を定め，導体棒の位置を  $x$  とする．
- (3) 図 1－3 のように，間隔  $\ell$  で固定された平行なレールとなす角  $\theta$  でかけられた導体棒が，レールと平行な速度  $v$  で運動する．このとき，導体棒に生じる誘導起電力 ( $Q \rightarrow P$  を正)．
- (4) 図 1－4 のように，半径  $\ell$  の円形レールの中心と周にかけた導体棒がかけられている．角速度  $\omega$  で一定で運動する導体棒に生じる誘導起電力 ( $O \rightarrow P$  を正)．
- (5) 図 1－5 のような面積  $S$  の閉ループを貫く磁束密度  $B$  が， $B = bt^2$  と変化するとき，ループ 1 周に生じる誘導起電力 (反時計回りを正)．
- (6) 図 1－5 のような面積  $S$  の閉ループを貫く磁束密度  $B$  が， $B = B_0 \cos(\omega t)$  と変化するとき，ループ 1 周に生じる誘導起電力 (反時計回りを正)．
- (7) 図 1－6 のように，角速度  $\omega$  で回転する正方形の 1 枚コイル ABCD (一辺の長さ  $a$ ) に生じる誘導起電力 ( $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  を正)．はじめ，コイルと磁場は平行である．

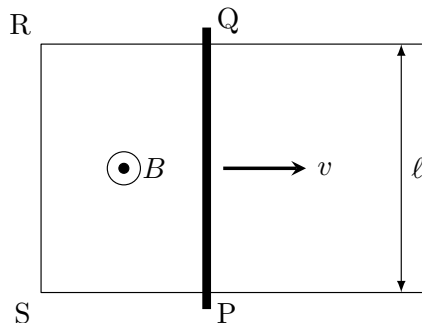


図 1－1

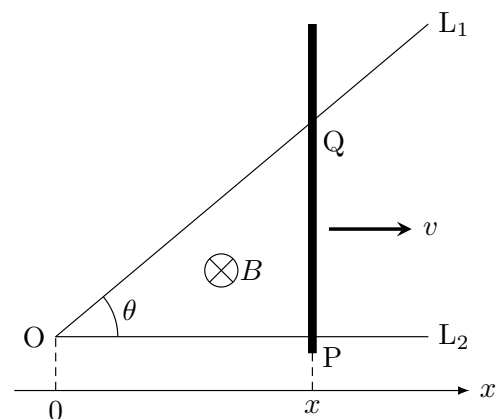


図 1－2

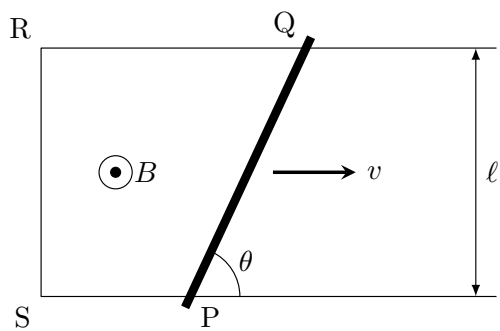


图 1 - 3

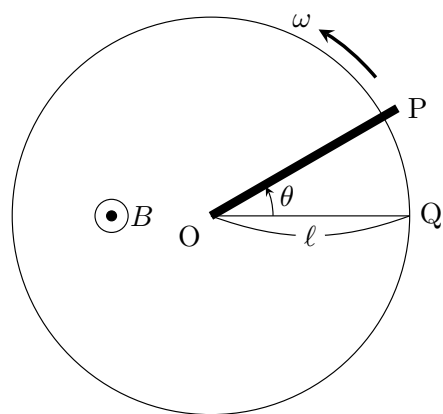


图 1 - 4

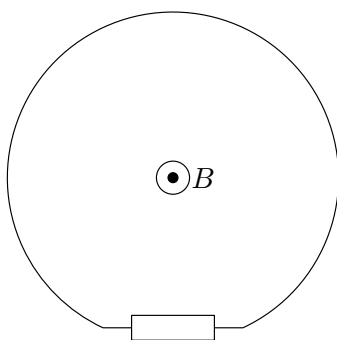


图 1 - 5

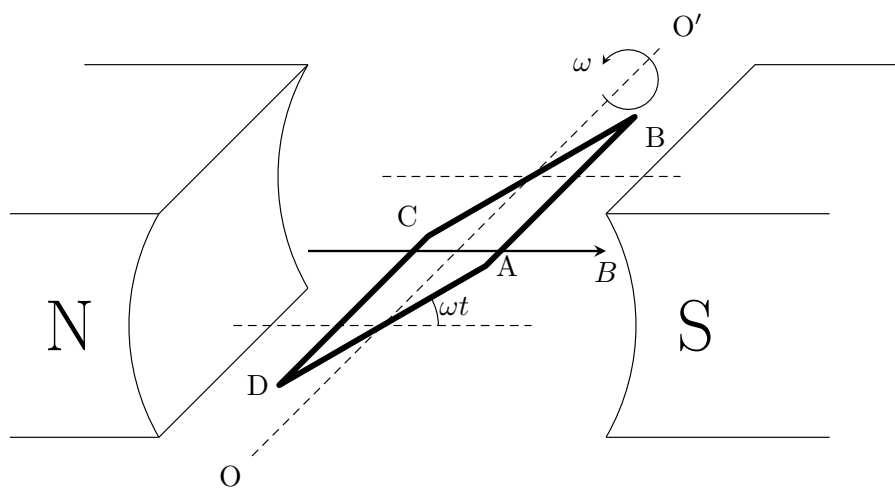


图 1 - 6

2

図 2 のように，磁束密度の大きさ  $B$  の磁場中に，一端に端子 a，端子 b を持つ 2 本のレールが間隔  $l$  を隔てて平行に立てられている．導体棒（質量  $m$ ）はレールから離れることなく，常にレールと直交し，接しながら運動を行う．レールに沿って鉛直下向きに  $x$  軸を定める．時刻  $t = 0$  に  $x = 0$  にある導体棒を静かに放した．時刻  $t (> 0)$  における導体棒の位置を  $x$ ，速度を  $v$ ，加速度を  $a$  と記す．電流の正の向きを a → 素子 → b（b → 導体棒 → a）の向きに定める．導体棒やレールの抵抗，コイルを除く回路の自己インダクタンス，摩擦，空気抵抗は無視し，重力加速度の大きさを  $g$  とする．

I 端子 a，b に抵抗値  $R$  の抵抗を繋いだときの導体棒の運動について考える．

- (1) 導体棒の速度が  $v$  のとき，回路に流れる電流  $I$  を求めよ．
- (2) 導体棒の  $x$  方向の運動方程式を立式せよ．なお，回路に流れる電流は  $I$  のままでよい．
- (3) 十分時間が経過したときの導体棒の速さ  $v_f$  を求めよ．
- (4) 十分時間経過後の重力の仕事率  $P_{\text{重力}}$  を求めよ．
- (5) 十分時間経過後の抵抗で生じる単位時間当たりのジュール熱（消費電力） $P_{\text{抵抗}}$  を求めよ．

II 端子 a，b に電気容量  $C$  の帯電していないコンデンサを繋いだ．

- (1) 時刻  $t$  におけるコンデンサの帯電量を  $Q$ （端子 a 側を正）を求めよ．
- (2) 導体棒の加速度が  $a$  のとき，回路に流れる電流  $I$  を求めよ．
- (3) 導体棒の加速度  $a$  を求めよ．

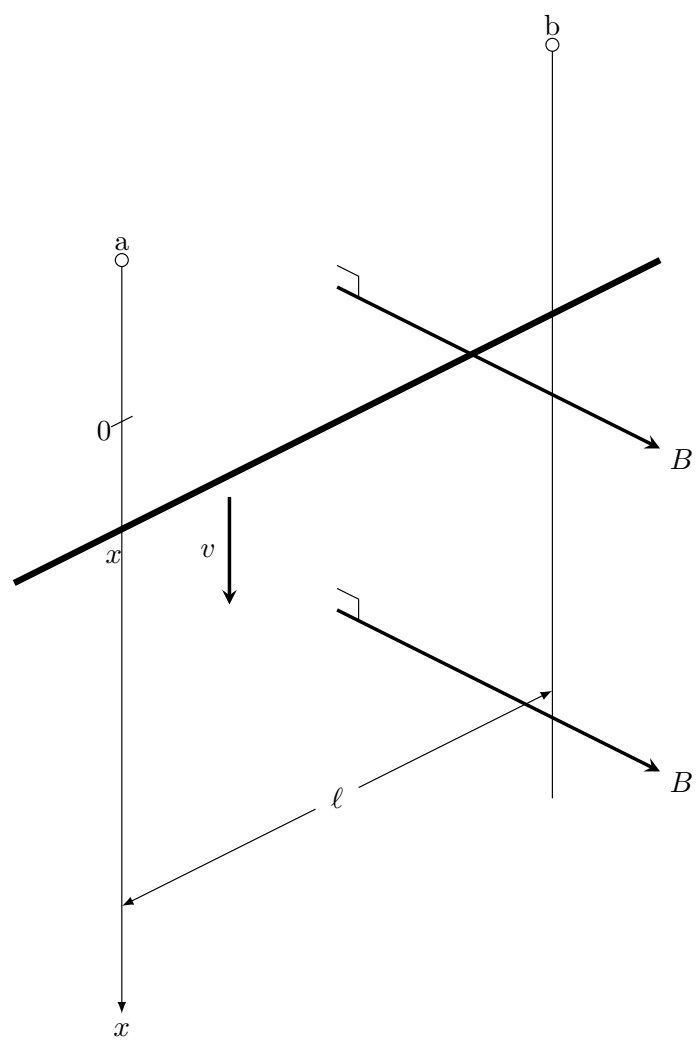


图 2

3

図3の回路は、端子 a, b によって直流電源、交流電源に切り替えられる．ここでは、抵抗（抵抗値  $R$ ）、コンデンサ（容量  $C$ ）、コイル（自己インダクタンス  $L$ ）を用いた繋いだ回路について考える．コイル、またはコンデンサの左側の分岐点を A、右側の分岐点を B、端子を切り替える点を P、アースに繋いでいる点を G とする．素子としての抵抗以外の電気抵抗、回路の自己インダクタンスは無視できるものとする．

I 端子 a 側にし、電位差  $E$  の直流電源に繋いだ場合を考える．回路が閉じた時刻を  $t = 0$  とする．

- (1)  $t = 0$  直後において、抵抗に流れる電流の大きさ  $I_0$  を求めよ．
- (2) 十分時間経過後、コイルに流れる電流の大きさ  $I_1$  を求めよ．
- (3) 十分時間経過後、回路に蓄えられているエネルギー  $U$  を求めよ．

II 端子 b 側にし、時刻  $t$  において G に対する P の電位差が  $V_0 \sin(\omega t)$  で与えられる交流電源に繋いだ場合を考える．回路が閉じた時刻を  $t = 0$  とする．時刻  $t$  においてコイルに流れる電流は、未知定数  $I_L$ ,  $\theta_L$  を用いて  $I_L(t) = I_L \sin(\omega t - \theta_L)$  となった（A  $\rightarrow$  B を正）．

- (1) 時刻  $t$  における B に対する A の電位を、 $I_L$ ,  $\theta_L$ ,  $L$ ,  $\omega$ ,  $t$  を用いて表せ．

ヒント：コイルに A から B の向きに電流が流れるとき、電位は下がる．すなわち、B に対する A の電位は上がっている．

- (2) コイルとコンデンサの部分のループに注目しキルヒホッフ第2法則を考えることで、コイルの電位降下とコンデンサの電位降下が等しいことが分かる．時刻  $t$  においてコンデンサ側に流れる電流  $I_C(t)$  を、 $I_L$ ,  $\theta_L$  を含む形で表せ．
- (3) 抵抗を流れる電流は  $I_L(t) + I_C(t)$  である． $I_L$ ,  $\tan \theta_L$  をそれぞれ求めよ．
- (4) この回路のインピーダンス  $Z$  を求めよ．
- (5) 抵抗を流れる電流の振幅を  $I_0$  としたとき、抵抗を流れる電流の実効値  $I_{\text{eff}}$  を求めよ．
- (6) 抵抗を流れる電流の振幅を  $I_0$  としたとき、抵抗で生じる消費電力の時間平均  $\bar{P}$  を  $R$ ,  $I_0$  を用いて表せ．
- (7) 電源の角周波数（角振動数） $\omega$  を調整することで、抵抗に流れる電流が任意の時刻  $t$  で 0 となった．このときの  $\omega$  を求めよ．



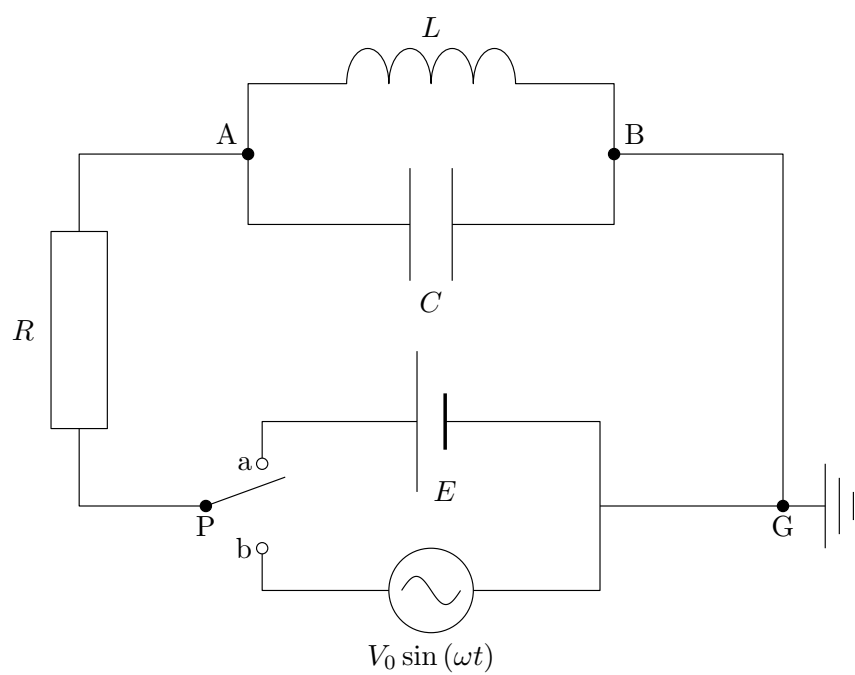


图 3

4

図4のように、両端が端子 A, B のソレノイドコイル 1 (断面積  $S$ , 長さ  $\ell$ , 巻き数  $N_1$ ) の外側に接するように両端が端子 C, D のソレノイドコイル 2 (断面積  $S$ , 巻き数  $N_2$ ) を巻く. コイル 1 の中は空であり, 真空中にあるものとする. 真空の透磁率を  $\mu_0$  とする.

I コイル 1 の自己インダクタンス  $L$  を求めよ.

II コイル 1 とコイル 2 の相互インダクタンス  $M$  を求めよ.

III コイル 1 の端子 B に対する端子 A の電位  $V_{BA}$  が,  $V_{BA} = Lt$  となるようにコイル 1 に電流を流した. 以下では, コイル 1 の自己インダクタンスを  $L$ , コイル 1 とコイル 2 の相互インダクタンスを  $M$  としてよい.

(1) コイル 1 に流れる電流  $I$  とその向きを求めよ. ただし, 向きについては図のア, イより選択し, 記号で答えよ.

(2) コイル 2 の端子 D に対する端子 C の電位  $V_{DC}$  は,  $V_{BA}$  の何倍か.

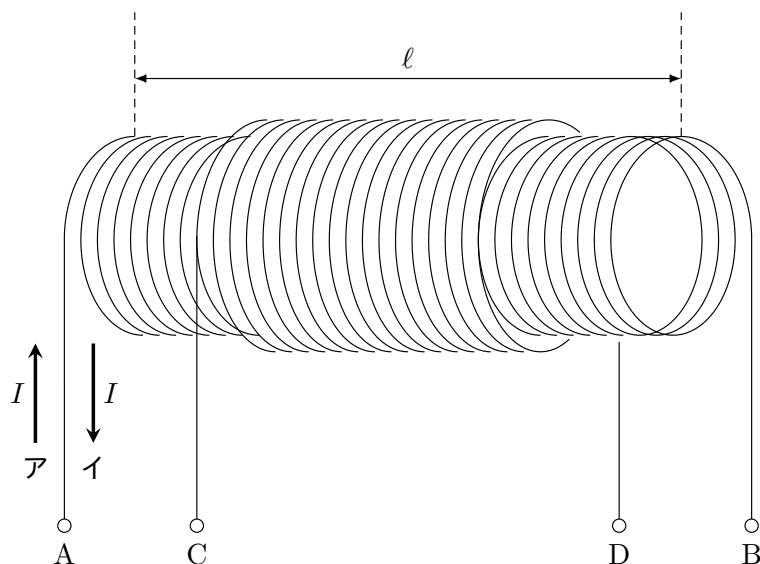


図 4

試験問題は，前のページで終わりです．

