



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, 亂丁, 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 ℓ 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 θ 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 ℓ で固定された平行なレールとなす角 θ 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 ℓ 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 ω 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、 $B = bt^2$ と変化するときに、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、 $B = B_0 \cos(\omega t)$ と変化するときに、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 ω で回転する正方形の 1 牧コイル 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。

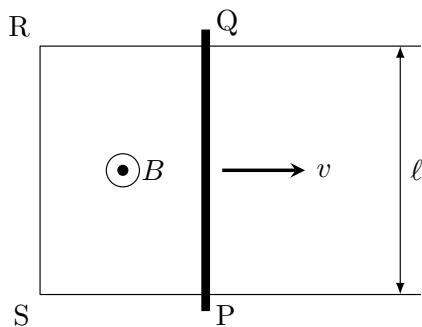


図 1-1

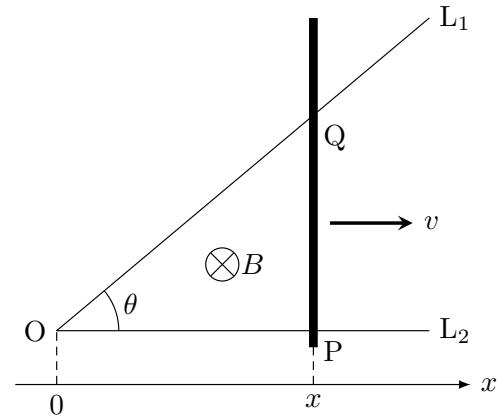


図 1-2

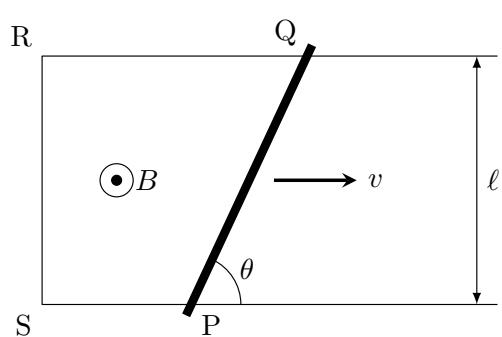


図 1-3

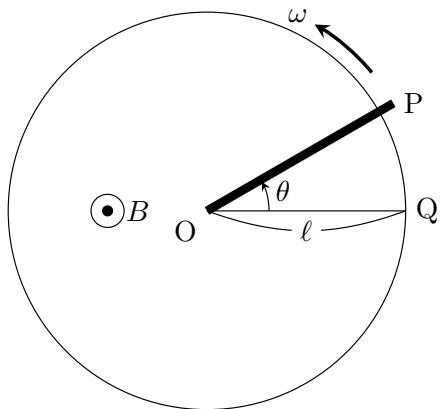


図 1-4

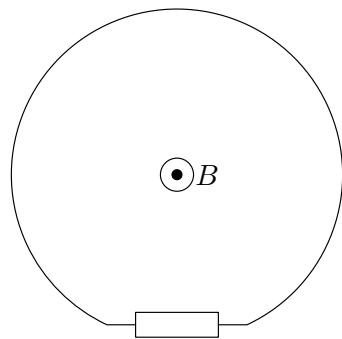


図 1-5

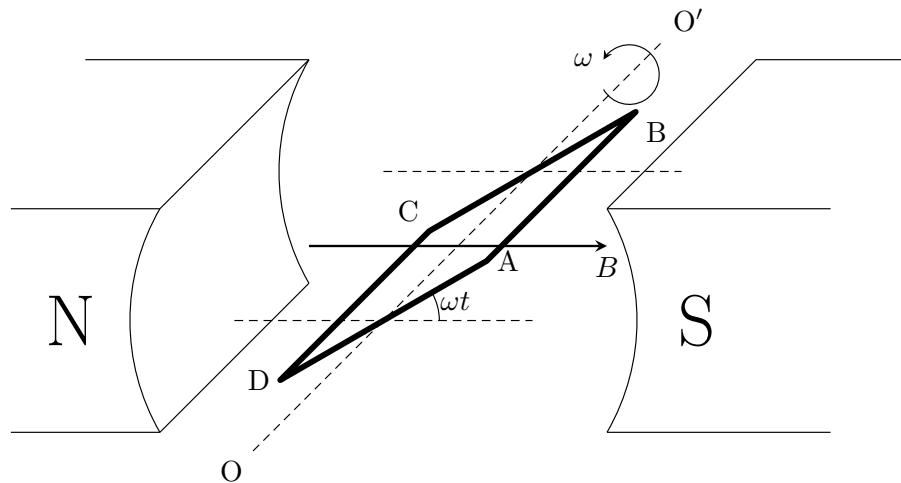


図 1-6

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はなく、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 の帶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帶電量を 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。

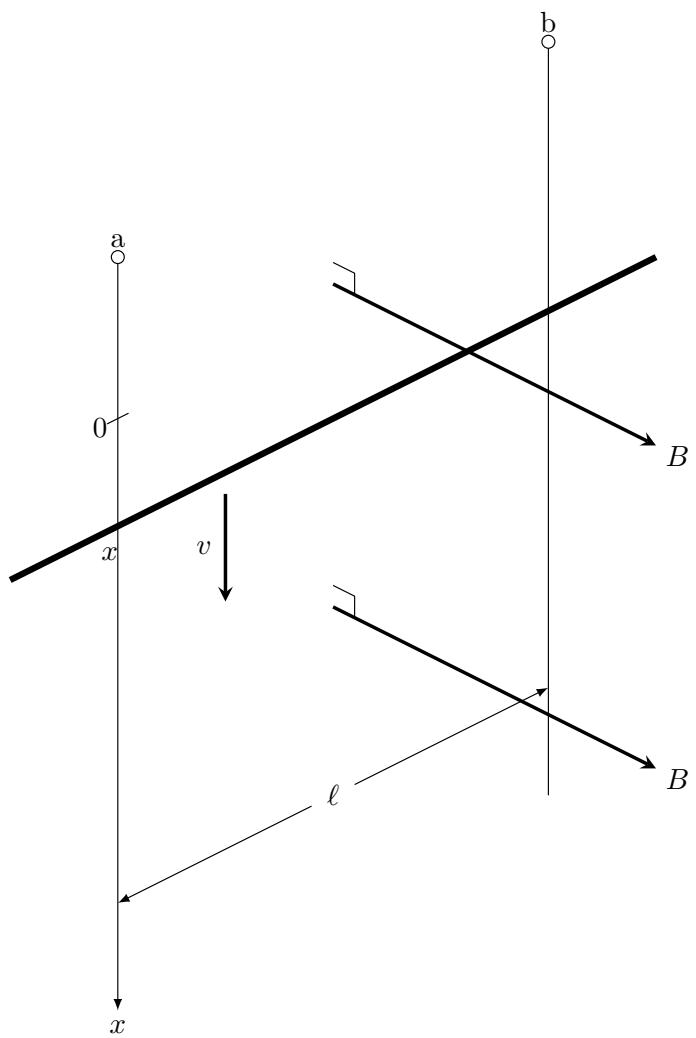


図 2

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 , θ_L を用いて $I_L(t) = I_L \sin(\omega t - \theta_L)$ となった(A → Bを正)。

- (1) 時刻 t におけるBに対するAの電位を、 I_L , θ_L , L , ω , 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霍フ第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 , θ_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_{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） ω 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 ω を求めよ。

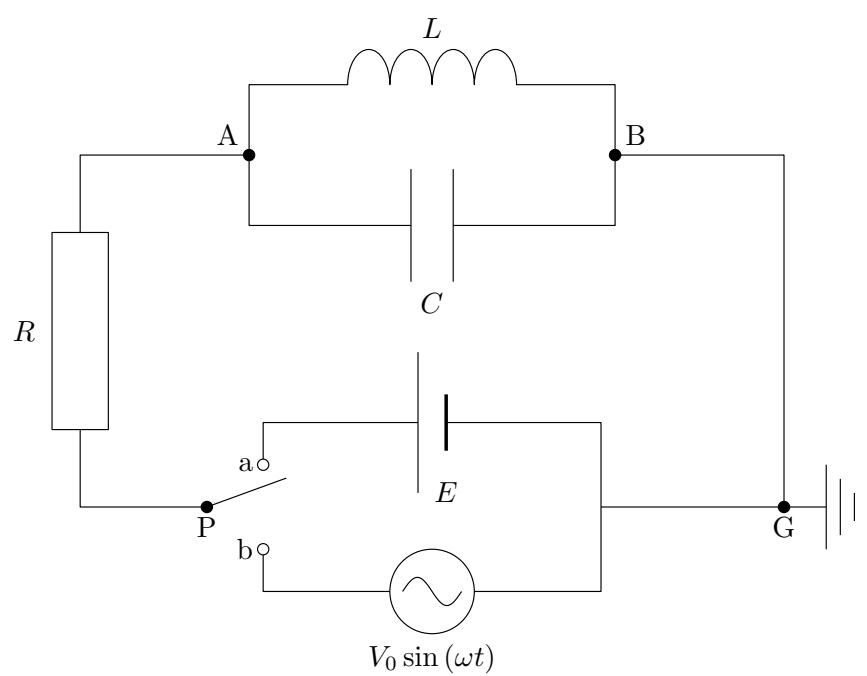


図 3

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 ℓ , 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 μ_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。

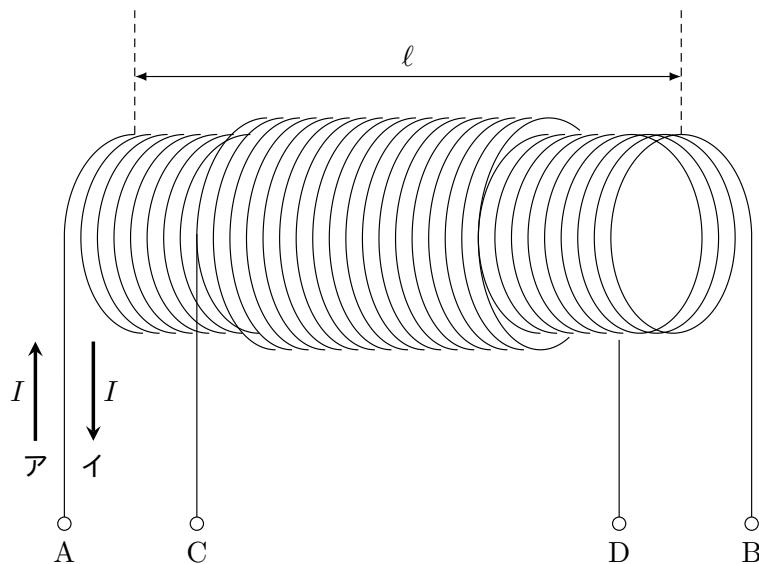


図4

試験問題は、前のページで終わりです。

