

# 令和2年度入学者選抜学力検査問題

(後期日程)

## 物 理

〔 理 工 学 域  
数 物 科 学 類  
理系後期一括入試 〕

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文 12 ページです。答案用紙は 4 枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

令和2年度金沢大学入学者選抜試験

問 題 訂 正 に つ い て

教科・科目名 物 理

問題紙 4 ページ

大問Ⅱ 問3 1行目

(誤) 最も近い節の位置をすべて,

(正) 最も近い節の位置 (y 座標) をすべて,

I 以下の文章が正しい記述となるように、(2)，(6) の{ }内の選択肢の正しいものを一つ選び、解答欄の選択肢に○をつけなさい。それ以外の には適切な語句または式を記入しなさい。式には文中に与えられた文字と、必要ならば、重力加速度の大きさ  $g[\text{m/s}^2]$  を用いなさい。さらに、以下の問いに答えなさい。

電子がもつ電荷の大きさ  $e[\text{C}]$  は、電気量の最小単位であることから (1) と呼ばれる。(1) の値は、ミリカンにより、霧吹きで作った微小な油滴の落下運動を調べる実験から、初めて求められた。霧吹きで油滴を作ると、油滴は摩擦によって微小な負の電荷を帯びる。油滴の大きさや運動を観察できる顕微鏡が付けられた筒の中に油滴を静かに噴霧すると、油滴は重力を受け垂直落下する。このとき、油滴は、その運動方向と逆向きで、油滴の速さ  $v[\text{m/s}]$  に (2){比例・反比例} する大きさの空気抵抗を受ける。この係数を  $k[\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}]$  とする。油滴の質量を  $M[\text{kg}]$ 、加速度の大きさを  $a[\text{m/s}^2]$  とすると、この油滴の運動方程式は、鉛直下向きを正として  $Ma =$  (3) と表される。油滴は微小で質量が小さいため、この運動は落下を始めてしばらくすると等速直線運動となる。このときの速さを  $v_1[\text{m/s}]$  とすると、 $v_1 =$  (4) と表される。油滴の形を球で近似すると、油滴の質量  $M$  は、油の密度  $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$  とその直径  $D[\text{m}]$  から  $M =$  (5)  $[\text{kg}]$  と表される。次に、この油滴に鉛直 (6){上向き・下向き} に電場をかける。電場の大きさを  $E[\text{V}/\text{m}]$  にしてしばらくすると、油滴は、鉛直上向きの速さ  $v_2[\text{m/s}]$  の等速直線運動になった。この油滴がもつ電気量の大きさを  $Q[\text{C}]$  とすると、このときの力のつり合いの式は (7) となる。これらより、 $Q$  は計測から求めることができる  $E$ 、 $M$ 、 $v_1$ 、 $v_2$  を用いて、 $Q =$  (8) と表される。油滴に X 線を照射すると油滴の電気量の大きさは種々に変化させることができる。上記と同様の実験をくりかえし、種々の油滴がもつ電気量の大きさを表 1 にまとめた。

表 1

|               |                        |                         |                        |                         |                        |
|---------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| $Q[\text{C}]$ | $6.36 \times 10^{-19}$ | $11.32 \times 10^{-19}$ | $4.82 \times 10^{-19}$ | $14.44 \times 10^{-19}$ | $9.65 \times 10^{-19}$ |
| $e$ の何倍       | (A)                    | (B)                     | (C)                    | (D)                     | (E)                    |

- 問 1 油滴がもつ  $Q$  の正確な値は、 $e$  の整数倍である。表 1 に書かれている実験で求めた  $Q$  は  $e$  のおよそ何倍か、解答用紙の表の(A)~(E)に整数を記入しなさい。
- 問 2 表 1 のすべてのデータを用いて  $e$  の値を推定し、 $10^{-19}$  C 単位で有効数字 3 桁で答えなさい。

次に、電子がもつ電気量の大きさ  $e$  と質量  $m$  [kg] との比(比電荷)を求める実験を考える。中が見えるガラスの真空容器の中に、図 1 に示すように、電子を放出できる装置、電極対、蛍光スクリーンが配置されている。電子放出口を原点  $O$  として、右方向を  $+x$  方向、鉛直上向きを  $+y$  方向とする。蛍光スクリーンは  $x$  軸に垂直に設置されている。 $O$  から電極対左端までの距離は  $x_1$  [m]、電極対の  $x$  方向の長さは  $x_2$  [m]、電極対右端から蛍光スクリーンまでの距離は  $x_3$  [m] である。電極対間に  $-y$  方向に大きさ  $E$  [V/m] の一様な電場がかかった状態で、電子を  $O$  から  $+x$  方向に速さ  $u$  [m/s] で放出したところ、蛍光スクリーン上の点が光った。光った点の  $y$  座標を  $Y$  [m] とする。電子に対して、重力は無視してよい。

- 問 3 電場内で、電子が  $y$  方向に受ける力を求めなさい。なお、 $+y$  方向ならば正の値、 $-y$  方向ならば負の値で答えなさい。
- 問 4 電子が、電極対の右端  $x = x_1 + x_2$  に到達したときの  $y$  座標を求めなさい。
- 問 5 蛍光スクリーンが光った位置  $Y$  と問 4 で求めた  $y$  座標との差を求めなさい。
- 問 6  $\frac{e}{m}$  を、 $Y$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $u$ ,  $E$  のうち必要なものを用いて表しなさい。

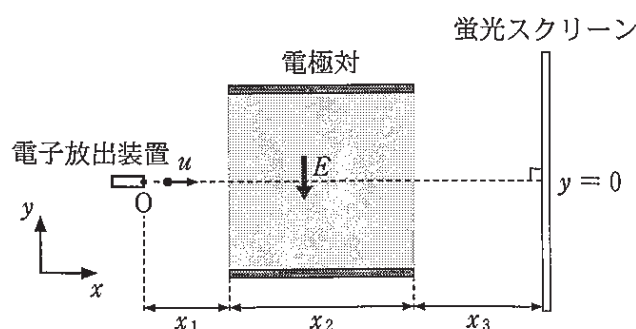


図 1

- Ⅱ 図 2 a に示すように、 $x$  軸方向にじゅうぶん長く幅と深さが一定の水路があり、水で満たされている。水路の幅は  $a$  [m] で、両岸はそれぞれ  $y = 0$ 、 $y = a$  で表される。水面に生じる波の鉛直方向の変位に注目し、岸での反射は自由端反射とする。また、時刻  $t < 0$  に水面に波はないものとする。以下の問いに答えなさい。

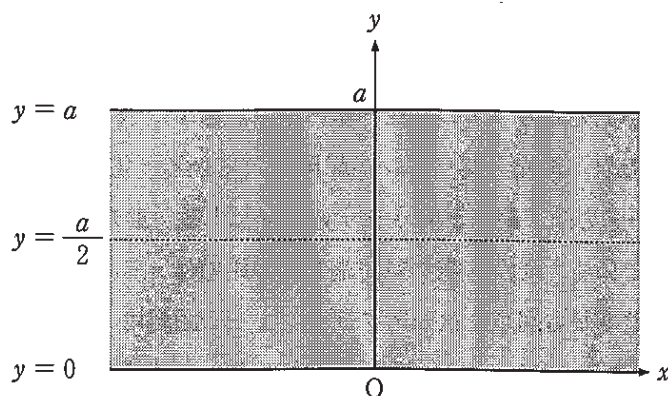


図 2 a

$y = 0$  の岸で、 $y$  軸の正の向きに進む、 $x$  軸に平行な波面をもつ平面波(直線波)を、時刻  $t = 0$  から周期的に発生させたところ、 $t = \tau$  [s] に波がはじめて  $y = a$  の岸に到達した。その瞬間、両岸では水面が最も高くなり、両岸を含めて  $2N$  個の山が観測された。ただし、 $N$  は正の整数である。

問 1 水面に生じる波の波長と周期を求めなさい。

問 2  $t = \tau$  において、水路の中央である  $y = \frac{a}{2}$  は山、谷のいずれか、答えなさい。

以下では，問 1 で求めた波長を  $\lambda$  [m]，周期を  $T$  [s] とする。引き続き，周期  $T$  で平面波を発生し続けた。 $y = a$  の岸で反射された波は  $y$  軸の負の向きに進み， $t = 2\tau$  においてはじめて  $y = 0$  の岸に到達した。その結果， $0 \leq y \leq a$  には定在波 (定常波) ができた。

問 3 水路の中央である  $y = \frac{a}{2}$  に最も近い節の位置をすべて， $a$  と  $\lambda$  を用いて表しなさい。

図 2 b に示すように， $y = 0$  の岸で， $x$  軸に対して斜めに進む平面波を，時刻  $t = 0$  から周期  $T$  で発生させた。波は  $y = a$  の岸に入射角  $\theta$  [rad] ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) で入射した。

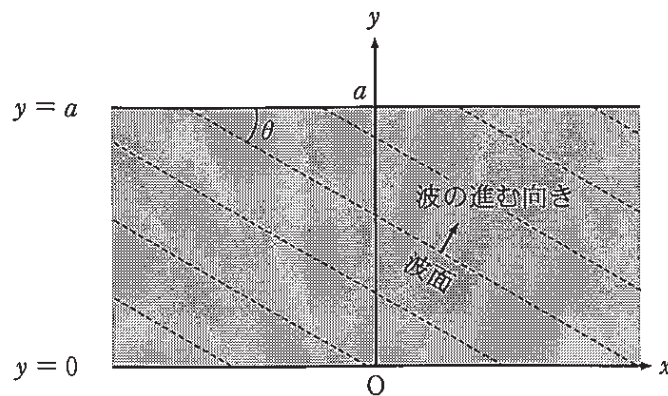
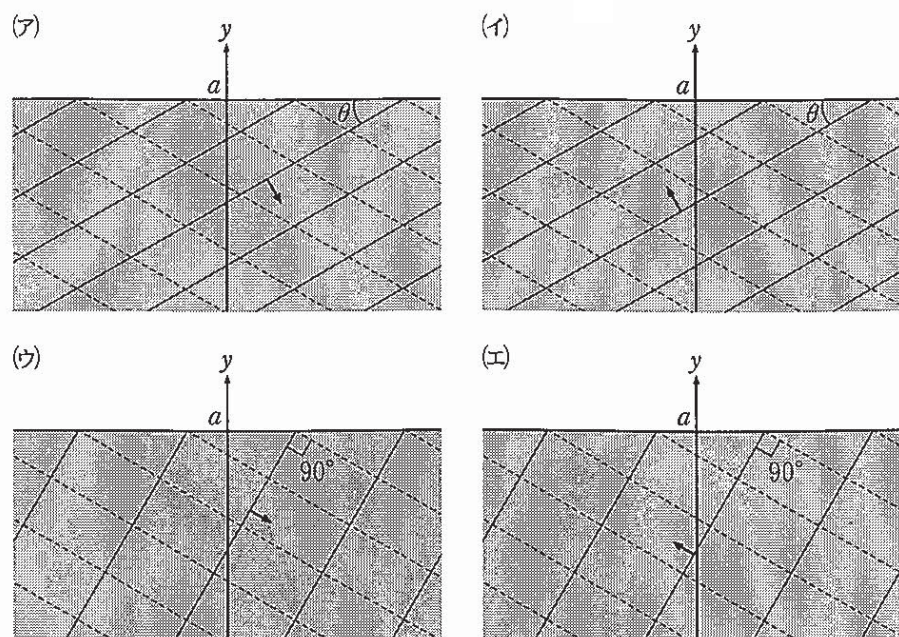


図 2 b

問 4  $y = a$  の岸で反射された波の波面の様子と波の進む向きを示す図として最も適切なものを、次の選択肢の中から一つ選び、記号で答えなさい。ただし、実線が反射波の波面を、矢印が反射波の進む向きを示しており、点線は入射波の波面である。



問 5 入射波と反射波の山と山(谷と谷)が重なって強めあう場所は規則的に並ぶ。

山と山が重なって強めあう場所について、 $x$  方向に隣りあう 2 点の間隔、 $y$  方向に隣りあう 2 点の間隔をそれぞれ、 $\lambda$  と  $\theta$  を用いて表しなさい。

問 6 入射波と反射波の山と山(谷と谷)が重なって強めあう点は時間とともにある向きに移動する。波の速さを  $v$  [m/s] として、移動する向きとその速さを求めなさい。

問 7  $y = a$  の岸で反射された波が次に  $y = 0$  の岸で反射されるときに、その波の位相が  $y = 0$  の岸で発生する波の位相とそろって干渉模様は安定に存在する。このことを用いて、干渉模様が安定に存在する条件を、 $a$ 、 $\lambda$ 、 $\theta$  と正の整数  $m$  を用いて表しなさい。

図 2 c に示すように、原点  $O$  において波を周期的に発生させて、対岸の点  $P(0, a)$  において波を観測する。水の流れがないとき、波は速さ  $v$  で伝わり、波面は水路の中で点  $O$  を中心とする同心円状に広がった。次に、図 2 d に示すように、 $x$  軸の正の向きに一定の速さ  $w$  [m/s] で水を静かに一様に流した。ただし、 $w < v$  とする。

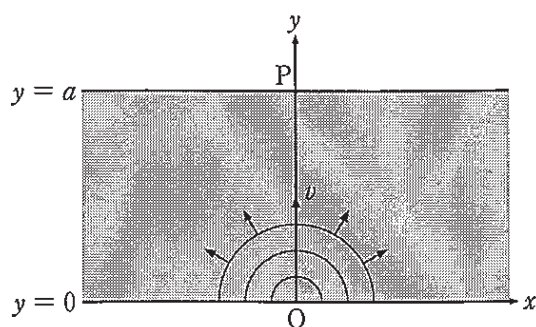


図 2 c

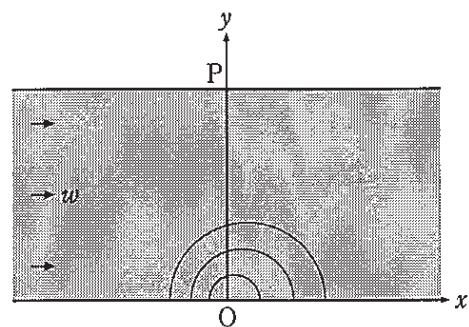


図 2 d

問 8 時刻  $t = 0$  に点  $O$  を出た波面の時刻  $t$  における形を表す式を求めなさい。

ただし、波面は  $y = a$  の岸には到達していないとする。

問 9 時刻  $t = 0$  に点  $O$  を出た波面が点  $P$  に到達する時刻を求めなさい。

Ⅲ 図3 a～3 dのように、一端を天井に固定したばねに、おもりや両端におもりをつるした棒を取り付けた。いずれの場合においても、空気抵抗、空気の密度、ならびにばねと糸の質量と体積は無視でき、糸の伸び縮み、たるみはないものとして以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを  $g[\text{m/s}^2]$  とし、円周率が必要な場合は  $\pi$  を用いなさい。

図3 aのように、一端を天井に固定したばね定数  $k[\text{N/m}]$  のばね  $S_1$  に、大きさの無視できる質量  $m[\text{kg}]$  のおもり  $W_0$  を取り付けると、ばね  $S_1$  は伸びておもり  $W_0$  は静止した。

問 1 ばね  $S_1$  の自然長からの伸びを求めなさい。

おもり  $W_0$  をばね  $S_1$  の自然長の位置まで持ち上げ、静かに手を離すとおもり  $W_0$  は鉛直方向に単振動を始めた。

問 2 おもり  $W_0$  が落下し始めてから、はじめて最下点(ばね  $S_1$  が最も伸びたときの位置)に到達するまでの時間を求めなさい。

問 3 最下点に到達してから問2で求めた時間の  $\frac{1}{2}$  が経過したときのおもり  $W_0$  の速さを求めなさい。

次に図3 bのように、おもり  $W_0$  をばね  $S_1$  から取り外し、質量の無視できる長さ  $\ell[\text{m}]$  の軽い棒をばね  $S_1$  に取り付けた。さらに、棒の両端 A と B におもり  $W_1$  と  $W_2$  を糸でつるし、ばね  $S_1$  と棒の接続点を点  $O_1$  としたところ、おもり  $W_1$ 、 $W_2$  は静止し、棒は水平になった。おもり  $W_1$ 、 $W_2$  の体積はそれぞれ  $2V[\text{m}^3]$ 、 $V[\text{m}^3]$  であり、密度はそれぞれ  $\rho[\text{kg/m}^3]$ 、 $3\rho[\text{kg/m}^3]$  である。

問 4 おもり  $W_1$  と  $W_2$  をつるした糸の張力の大きさをそれぞれ求めなさい。

問 5 ばね  $S_1$  の自然長からの伸びを求めなさい。

問 6  $O_1A$  の長さを求めなさい。

さらに、図 3 c のように、体積  $V[\text{m}^3]$ 、密度  $2\rho[\text{kg/m}^3]$  のおもり  $W_3$  をばね  $S_1$  と同じばね定数  $k$  のばね  $S_2$  によっておもり  $W_1$  と接続し、ばね  $S_1$  の他端を棒上の点  $O_2$  の位置に取り付けたところ、おもり  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  は静止し、棒は水平になった。

問 7 ばね  $S_1$  と  $S_2$  の自然長からの伸びをそれぞれ求めなさい。

問 8  $O_2A$  の長さを求めなさい。

最後に、図 3 d のように、おもり  $W_1$  と  $W_3$  をばね  $S_2$  で接続したまま、ある密度の液体に沈めた。ばね  $S_1$  の棒上の取り付け位置  $O_3$  を  $O_3A = \frac{4}{9}\ell$  となる位置にしたところ、おもり  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  は静止し、棒は水平になった。

問 9 液体の密度を求めなさい。

問10 ばね  $S_1$  と  $S_2$  の自然長からの伸びをそれぞれ求めなさい。

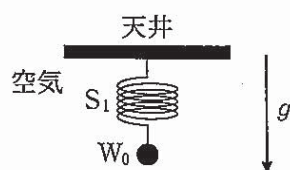


図 3 a

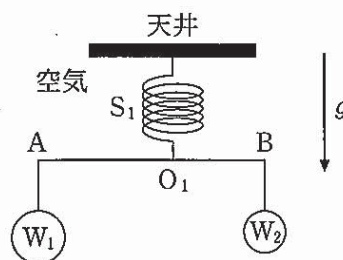


図 3 b

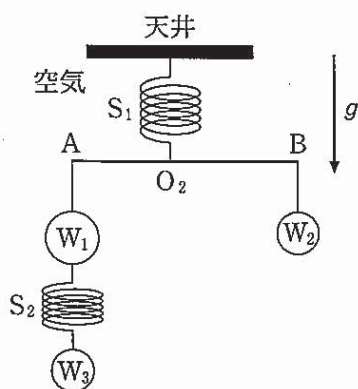


図 3 c

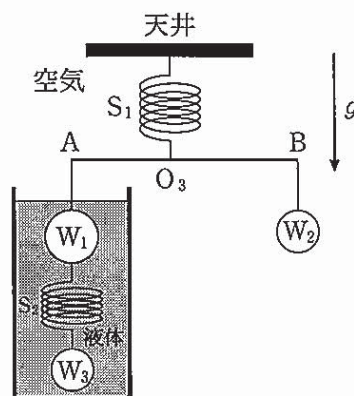


図 3 d

Ⅳ 以下の問 1 から問 3 に答えなさい。

問 1 図 4 a に示すように、鉛直方向に立てられた金属製の筒の中に、棒磁石が、N 極が鉛直下向きになるように収められている。棒磁石を静かに落下させたところ、棒磁石は筒の内面に触れることなく、その向きを保ったまま筒の中を落ちていった。空気抵抗は無視できるものとして、以下の文章が正しい記述となるように、(1)，(2)，(3)，(4) の{ }内の選択肢から正しいものを一つ選び解答欄の選択肢に○をつけなさい。

棒磁石より下側にある筒上の点 P の位置において発生する渦電流の向きは、鉛直上側から筒を見て (1){時計・反時計} 回りであり、この渦電流が作る磁界によって棒磁石は鉛直 (2){上・下} 向きの力を受ける。棒磁石より上側にある筒上の点 Q の位置において発生する渦電流について考えると、この渦電流が作る磁界によって棒磁石は鉛直 (3){上・下} 向きの力を受ける。結果として、棒磁石には重力のほかに (4){鉛直上向きの力がはたらく・鉛直下向きの力がはたらく・力のはたらくしない} 。

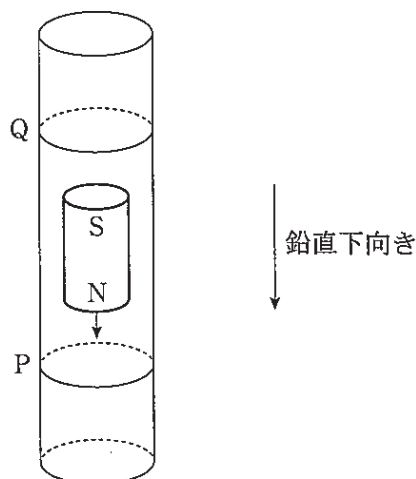


図 4 a

問 2 図 4 b に示すように、2 つの直流電源  $V_1$  および  $V_2$  があり、それぞれ同じ大きさの起電力  $V[V]$  と、同じ抵抗値  $r[\Omega]$  の内部抵抗をもっている。2 つの直流電源には抵抗値が  $R[\Omega]$  の抵抗  $R_1$  が接続されている。以下の問いに答えなさい。

- (1) 直流電源  $V_1$  の内部抵抗に流れる電流の大きさを、 $r$ 、 $R$ 、 $V$  を用いて表しなさい。
- (2) 抵抗  $R_1$  で消費される電力の大きさを、 $r$ 、 $R$ 、 $V$  を用いて表しなさい。

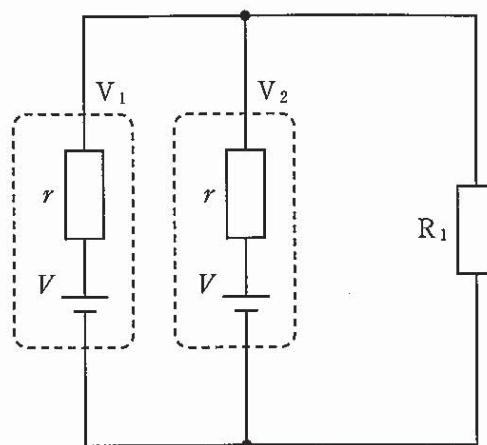


図 4 b

問 3 図 4 c に示すように、起電力が  $V[\text{V}]$  の直流電源  $V_3$ 、抵抗値が  $R[\Omega]$  の抵抗  $R_2$ 、スイッチ  $S_1$  および  $S_2$ 、自己インダクタンスが  $L[\text{H}]$  のコイル  $L_1$ 、電気容量が  $C[\text{F}]$  のコンデンサー  $C_1$  からなる回路がある。コイル  $L_1$  を流れる電流は、図中の矢印の向きを正とする。はじめコンデンサー  $C_1$  に電荷は蓄えられておらず、スイッチ  $S_1$  および  $S_2$  は開いていたものとして、以下の問いに答えなさい。ただし、電源の内部抵抗とコイルの抵抗は無視できるとする。

- (1) はじめにスイッチ  $S_1$  のみを閉じた。 $S_1$  を閉じた直後にコイル  $L_1$  を流れる電流の大きさ  $I[\text{A}]$  を求めなさい。
- (2) スイッチ  $S_1$  を閉じた直後からじゅうぶんに短い時間  $\Delta t[\text{s}]$  の間に  $L_1$  を流れる電流の大きさが  $\Delta I[\text{A}]$  だけ変化した。このとき、 $L_1$  を流れる電流の時間変化率  $\frac{\Delta I}{\Delta t}[\text{A/s}]$  を、 $R$ 、 $L$ 、 $V$  のうちから必要なものを用いて表しなさい。
- (3) コイル  $L_1$  は真空中に導線を密に巻いたじゅうぶんに細長いソレノイドであるとする。このコイルの巻数を  $N$  回、断面積を  $A[\text{m}^2]$ 、長さを  $\ell[\text{m}]$ 、真空の透磁率を  $\mu_0[\text{N/A}^2]$  とし、コイルの内部には一様な磁界ができるものとして、コイルの自己インダクタンス  $L[\text{H}]$  を、 $N$ 、 $A$ 、 $\ell$ 、 $\mu_0$  のうちから必要なものを用いて表しなさい。
- (4) スイッチ  $S_1$  を閉じてからじゅうぶんに時間が経過した後に、コイル  $L_1$  に蓄えられるエネルギーの大きさを、 $R$ 、 $L$ 、 $V$  のうちから必要なものを用いて表しなさい。

スイッチ  $S_1$  を閉じてからしばらく時間が経過した後、スイッチ  $S_2$  を閉じ、同時にスイッチ  $S_1$  を開いたところ、コイル  $L_1$  とコンデンサー  $C_1$  を流れる電流が振動した。

(5) 振動の周期を、 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 、 $V$  のうちから必要なものを用いて表しなさい。

円周率が必要な場合は  $\pi$  を用いなさい。

(6) コイル  $L_1$  に生じた振動電圧の最大値を、 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 、 $V$  のうちから必要なものを用いて表しなさい。

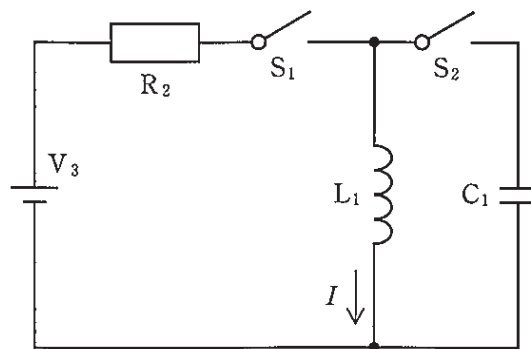


図 4 c