

2026年度

# 理 科

R 1

【 物 理 】

|          |   |                   |
|----------|---|-------------------|
| 2月25日(水) | 理 学 部 (数学科, 物理学科, 生物科学科, 地球科学科,<br>創造理学コース) |                   |
| 【前期日程】   | 農 学 部                                       | 13 : 50 ~ 15 : 10 |
|          | 工 学 部                                       | 14 : 40 ~ 16 : 00 |

## 注 意 事 項

### 試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、  
全部の解答用紙（3枚）に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

### 試験開始後

- 4 この問題冊子は、6ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足  
や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出な  
さい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読むではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

### 試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

# 問題訂正

科目 物理 (R1)

訂正箇所

問題 1

1 ページ 問2 (4)

(誤)…をそれぞれ  $m$ ,  $g$ ,  $\mu$ ,  $k$  を用いて求めよ。

(正)…をそれぞれ  $m$ ,  $g$ ,  $\mu$ ,  $k$  の中から必要なものを用いて求めよ。

1 ページ 問2 (5)

(誤)…をそれぞれ  $m$ ,  $g$ ,  $\mu$ ,  $k$  を用いて求めよ。

(正)…をそれぞれ  $m$ ,  $g$ ,  $\mu$ ,  $k$  の中から必要なものを用いて求めよ。

科目 物理 (R1)

訂正箇所

問題 2

3 ページ 本文 3 行目

(誤) …電流の正とする。…

(正) …電流の正とする。またすべての抵抗, コイル, コンデンサーに流れる電流の方向は図中の右向きを正とする。…

4 ページ 問2 (2)

(誤)  $C'$  に流れる電流  $I_C$  を求めよ。

(正)  $C'$  に流れる電流  $I_C$  は微小時間  $\Delta t$  の間に  $C'$  に蓄えられる電荷の増加量  $\Delta Q$  を用いて  $I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$  と表せる。電流  $I_C$  を  $C'$ ,  $\omega$ ,  $R_2$ ,  $I_0$ ,  $t$  を用いて表せ。

# 問題訂正

科目 物理 (R1)

訂正箇所

問題 2

3 ページ 問1 (3) (ア)

(誤)

$S_1$  を閉じた時刻を  $t=0$  とし, ...

(正)

$S_2$  を閉じた時刻を  $t=0$  とし, ...

- 1 床の上に水平方向右向きに一定の速さ  $V_0$  で動いている質量  $M$  の厚みが無視できる平板  $B$  がある。床と  $B$  の間には摩擦がないものとする。重力加速度は鉛直方向下向きで、大きさを  $g$  とする。床に対して水平方向右向きを正とする  $x$  軸をとる。鉛直方向の運動は考えないものとする。(配点 34%)

問 1  $B$  の上に質量  $m$  の小さな物体  $A$  をそっとのせる(図 1)。のせる瞬間まで  $A$  は床に対して静止している。 $A$  をのせた位置を  $x = 0$  とし、この時刻を  $t = 0$  とする。 $A$  と  $B$  はしばらくの間それぞれ等加速度運動をし、 $A$  は  $B$  に対してやがて静止する。 $B$  は水平方向に十分長く、 $B$  の上から  $A$  が落下することはない。 $A$  と  $B$  の間の動摩擦係数を  $\mu$  とする。

- (1) 等加速度運動する間の  $A$  と  $B$  の床に対する  $x$  方向の加速度をそれぞれ  $a$  と  $b$  とする。 $a$  と  $b$  を求めよ。
- (2) 等加速度運動する間の  $A$  と  $B$  の床に対する  $x$  方向の速度をそれぞれ  $v$  と  $V$  とする。時刻  $t$  での  $v$  と  $V$  を求めよ。
- (3)  $B$  に対して  $A$  が静止する時刻  $t'$  を求めよ。

問 2 床に固定された壁の右側に  $x$  方向に十分長く軽いばねがつながれており、そのばねの右端に小さな物体  $A$  がつながれている。 $A$  を平板  $B$  の上にそっとのせる(図 2)。のせる瞬間まで  $A$  は床に対して静止している。 $A$  をのせた位置を  $x = 0$  とし、この時刻を  $t = 0$  とする。 $V_0$  は十分大きく、 $A$  は  $B$  上で  $x$  軸方向に単振動する。 $B$  は水平方向に十分長く、 $B$  の上から  $A$  が落下することはない。 $A$  と  $B$  の間の動摩擦係数を  $\mu$  とする。 $A$  をのせた瞬間のばねは自然長で、ばね定数を  $k$  とする。

- (1)  $A$  の位置  $x$  での、床に対する加速度を  $a'$  とする。 $a'$  を求めよ。
- (2)  $A$  の単振動の振動中心の位置  $x_0$  を求めよ。
- (3)  $A$  の単振動の周期  $T_1$  を求めよ。
- (4) この単振動で、ばねの伸びがはじめて最大になる時刻  $T_2$ 、そのときのばねの伸び  $d_2$  をそれぞれ  $m, g, \mu, k$  を用いて求めよ。
- (5) この単振動で  $A$  の床に対する速さがはじめて最大になる時刻  $T_3$ 、そのときの  $A$  の床に対する速さ  $v_3$ 、およびばねの伸び  $d_3$  をそれぞれ  $m, g, \mu, k$  を用いて求めよ。
- (6) さらに時間が経過すると、 $A$  の床に対する速さが右向きに最大になった瞬間に  $A$  が  $B$  に対して静止し、それ以降、 $A$  と  $B$  は一体となって単振動を始める。
  - (ア) この単振動の周期  $T_4$  を求めよ。
  - (イ) 単振動の振動中心の位置  $x_4$  を求めよ。
  - (ウ)  $A$  と  $B$  を合わせた力学的エネルギーを  $E$  とし、 $E$  を  $M, m, g, \mu, k$  を用いて求めよ。

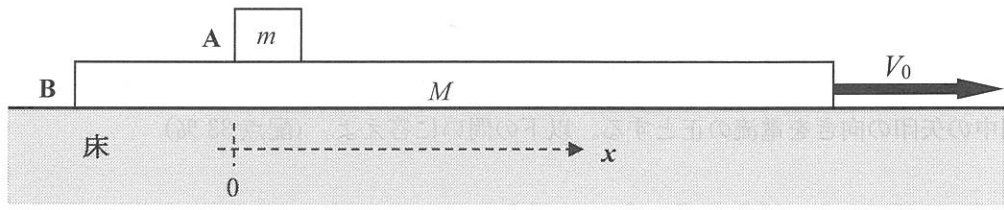


図 1

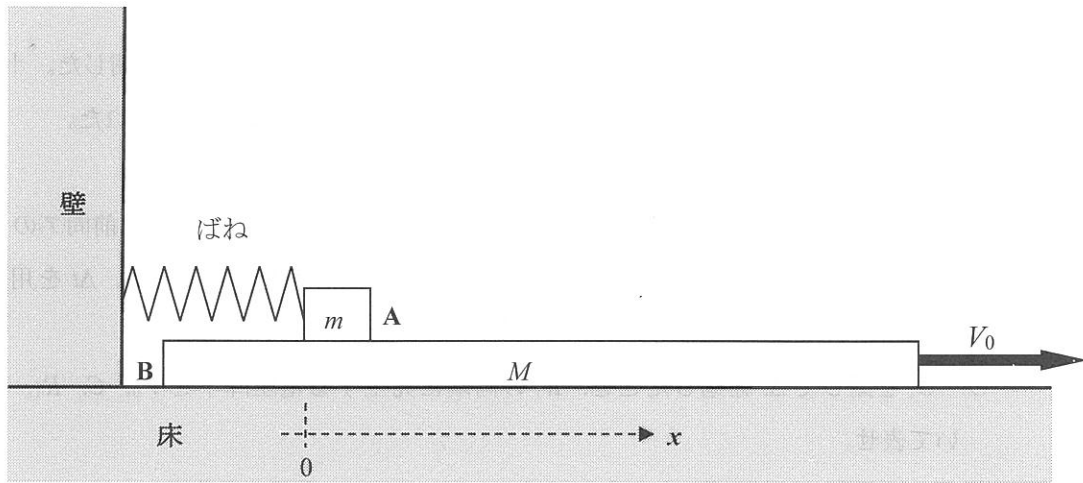


図 2

- 2 容量  $C$  のコンデンサー  $C$ 、自己インダクタンス  $L$  のコイル  $L$ 、抵抗値  $R_1$  の抵抗  $R_1$ 、抵抗値  $R_2$  の抵抗  $R_2$  からなる回路を考える。電源、電圧計、回路の内部抵抗は無視できるものとする。図中の矢印の向きを電流の正とする。以下の問いに答えよ。(配点 33%)

問 1 図 1 のように、起電力  $V_0 (> 0)$  の電池と 3 つのスイッチ ( $S_1, S_2, S_3$ ) を回路に接続した。初期状態として、スイッチが全て開いた状態にあり、 $C$  に電荷は蓄えられていないものとする。

- (1) まず、 $C$  と  $R_1$  からなる回路について考える。 $S_3$  を閉じたのち、 $S_1$  を閉じた。十分に時間が経過すると、 $C$  に流れる電流値  $I_C$  はほぼ一定値を示し、 $C$  は充電された。
- (ア)  $S_1$  を閉じた直後の  $I_C$  を求めよ。
- (イ)  $S_1$  を閉じてから微小な時間  $\Delta t$  経過したのち、 $C$  に蓄えられる電荷は前問(ア)の  $I_C$  を用いて、 $I_C \Delta t$  と近似できる。このとき、 $C$  にかかる電圧を  $V_0, C, R_1, \Delta t$  を用いて表せ。
- (ウ)  $S_1$  を閉じて  $\Delta t$  経過したとき、 $R_1$  の両端に発生する電圧降下を  $V_0, C, R_1, \Delta t$  を用いて表せ。
- (エ)  $S_1$  を閉じて  $\Delta t$  経過したとき、 $I_C$  を  $V_0, C, R_1, \Delta t$  を用いて表せ。
- (オ)  $S_1$  を閉じて十分時間が経過して一定値になった後の  $I_C$  を求めよ。
- (カ)  $S_1$  を閉じた時刻を  $t = 0$  として、前問(オ)の状態に至るまでの  $I_C$  の時間変化の概略を図示せよ。
- (2) つぎに、 $L$  と  $R_2$  からなる回路を考えるために、 $S_1$  を開き、 $S_2$  を閉じた。十分に時間が経過すると  $L$  に流れる電流  $I_L$  はほぼ一定値を示した。
- (ア)  $S_2$  を閉じた直後の  $I_L$  を求めよ。
- (イ)  $S_2$  を閉じてから、微小な時間  $\Delta t$  経過したときの  $I_L$  を  $V_0, L, \Delta t$  を用いて表せ。
- (ウ)  $S_2$  を閉じて十分時間が経過して一定値になった後の  $I_L$  を求めよ。
- (エ)  $S_2$  を閉じた時刻を  $t = 0$  として、前問(2ウ)の状態に至るまでの  $I_L$  の時間変化の概略を図示せよ。
- (3) 一度初期状態に戻し、 $S_1$  と  $S_3$  を閉じて  $C$  を十分な時間をかけて充電した。その後、 $S_3$  を開き、続いて  $S_2$  を閉じた。 $R_1$  と  $R_2$  が小さいとき、電源から電荷の供給が止まったことで、 $C$  と  $L$  の間で電気エネルギーの受け渡しによる振動が始まる。
- (ア)  $R_1$  と  $R_2$  で発生するジュール熱が無視できるとき、この振動周期  $T$  を求めよ。また、 $S_1$  を閉じた時刻を  $t = 0$  とし、 $t = 0$  から  $3T$  までの範囲の  $I_L$  の時間変化を図示せよ。
- (イ)  $R_1$  と  $R_2$  でジュール熱が発生するとき、 $I_L$  はどのように振る舞うかを記述せよ。
- (ウ) 十分時間が経過すると  $I_L$  はやがてゼロになる。それまでに回路が消費したエネルギー  $P$  を  $V_0, L, C$  の中から必要なものを用いて求めよ。

問 2 振幅  $V_0$  の交流電源を図 2 のような回路に接続した。回路の中央に交流電圧計  $V$  を取り付け、 $V$  の電圧の振幅がゼロとなるようにコンデンサー  $C$  の容量  $C$  の値を調整し、回路に接続した。時刻  $t$  において  $R_2$  に流れる電流は、角周波数  $\omega$  として  $I_L = I_0 \sin \omega t$  であった。ただし、以下の問いでは、微小時間  $\Delta t$  に対して  $\sin \omega t$  が  $\Delta(\sin \omega t)$  だけ変化するとき、 $\frac{\Delta(\sin \omega t)}{\Delta t} \approx \omega \cos \omega t$  が成り立つことを用いよ。

- (1)  $L$  に生じる電圧降下  $V_L$  を求めよ。
- (2)  $C$  に流れる電流  $I_C$  を求めよ。
- (3)  $C$  に求められる条件を  $R_1, R_2, L$  を用いて表せ。

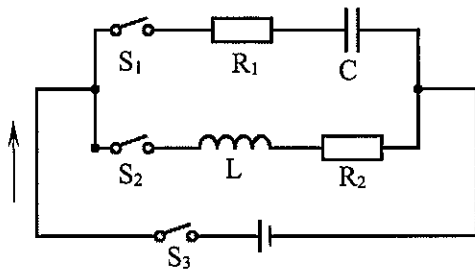


図 1

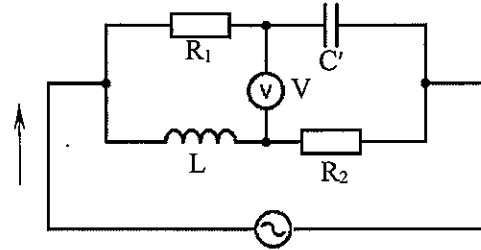


図 2

3 図1のようにシリンダーと面積  $S$  のなめらかに動くピストンでできた空間に、質量  $m$  の単原子分子からなる  $1 \text{ mol}$  の理想気体が入っている。この単原子分子の運動と気体の熱力学量の関係を考える。分子はピストンおよびシリンダーと完全弾性衝突し、分子同士の衝突は考えない。各分子の速度の大きさにはばらつきがあるが、その向きには偏りが無いとする。ピストンとシリンダーは断熱材でできており熱容量は無視できる。図のようにピストンの移動方向に  $x$  軸をとり、空間の体積が  $0$  となるピストンの位置を原点とする。アボガドロ定数を  $N$  とする。

(配点 33%)

問 1 ピストンを  $x$  軸上の位置  $L$  に固定する(図1)。

- (1) 分子1個がピストンに衝突する運動を考える。衝突直前の分子の速度の  $x$  成分を  $v_x (v_x > 0)$  とする。
  - (ア) 衝突による運動量変化の大きさを求め、 $m, v_x, L$  の中から必要なものを用いて表せ。
  - (イ) 時間  $\Delta t$  の間にこの分子1個がピストンに衝突する平均回数を求め、 $\Delta t, m, v_x, L$  の中から必要なものを用いて表せ。
  - (ウ) この分子がピストンに及ぼす力の大きさの時間平均を求め、 $\Delta t, m, v_x, L$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 全分子の速度の  $x$  成分の2乗平均を  $\overline{v_x^2}$  とする。この気体の圧力  $P$  を、 $m, \overline{v_x^2}, L, S, N$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) 全分子の速さの2乗平均を  $\overline{v^2}$  とする。このとき  $\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$  が成り立つ。
  - (ア) この気体の内部エネルギー  $U$  を、 $m, \overline{v_x^2}, L, S, N$  の中から必要なものを用いて表せ。
  - (イ) 内部エネルギー  $U$  を、 $L, S, P$  の中から必要なものを用いて表せ。

問 2 ピストンを  $x$  軸上の位置  $L$  から  $L + \Delta L (\Delta L \ll L)$  に一定の速度  $w (w > 0)$  で移動させる(図2)。

- (1) 移動しているピストンに分子1個が衝突する運動を考える。衝突直前の分子の速度の  $x$  成分を  $v_x (v_x > 0)$  とする。
  - (ア) 分子がピストンに衝突した直後の速度の  $x$  成分を求めよ。
  - (イ) 衝突による運動エネルギーの変化を、 $m, v_x, w, \Delta L, L, S$  の中から必要なものを用いて表せ。ただし  $v_x \gg w$  として  $w$  の2次以上の項は無視する。
  - (ウ) ピストンの移動時間  $\Delta t = \frac{\Delta L}{w}$  の間に分子がピストンに衝突する平均回数は、 $\Delta L \ll L$  であるため、問1(1)(イ)の解と同じと考えられる。ピストンが位置  $L$  から  $L + \Delta L$  に移動するまでの運動エネルギーの変化を、 $m, v_x, w, \Delta L, L, S$  の中から必要なものを用いて表せ。

- (2) 全分子の速度の  $x$  成分の 2 乗平均を  $\overline{v_x^2}$  とする。
- (ア) 移動前後での気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U$  を,  $m, \overline{v_x^2}, w, \Delta L, L, S, N$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (イ) (ア)で求めた  $\Delta U$  を, 問 1 (2)で求めた移動前の圧力  $P$  と  $\Delta L, L, S$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) ピストンの位置  $L$  から  $L + \Delta L$  への移動により, 気体の圧力が  $P$  から  $P + \Delta P$  へ変化したとする。
- (ア) 移動前の気体の内部エネルギーは問 1 (3)(イ)で求めた解で表される。同様の関係は移動後の気体についても成り立つ。これらから移動前後での内部エネルギーの変化  $\Delta U$  を,  $\Delta L, L, S, \Delta P, P$  の中から必要なものを用いて表せ。ただし  $\Delta P \ll P$  および  $\Delta L \ll L$  から,  $(\Delta P)^2, (\Delta L)^2, \Delta P \Delta L$  の項は無視する。
- (イ) (2)(イ)と(3)(ア)で求めた内部エネルギーの変化  $\Delta U$  に関する二つの式から  $\frac{\Delta P}{P}$  を求め,  $\Delta L, L, S$  の中から必要なものを用いて表せ。

図 1

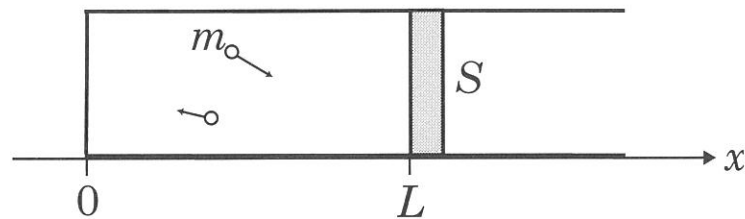


図 2

