令和５年度入学試験問題

理　　　科

令和５年２月25日

（理科１科目受験者）	（理科２科目受験者）
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

1　この問題冊子には，物理基礎・物理（３～20ページ），化学基礎・化学（21～38ページ），生物基礎・生物（39～56ページ），地学基礎・地学（57～66ページ）の各問題があります。総ページは**66ページ**です。

2　解答用紙は，物理基礎・物理，化学基礎・化学，生物基礎・生物は，それぞれ**１枚**（表裏の計２ページ）です。地学基礎・地学は**３枚**（表裏の計５ページ）です。

3　下書き用紙は，各受験者に**１枚**あります。

4　**受験番号**は，解答用紙の所定の場所に，必ず記入しなさい。

5　解答は，解答用紙に記入しなさい。
出願の際に**届け出た科目以外**の科目について解答しても**無効**となります。

6　配付した解答用紙は，持ち出してはいけません。

7　試験終了後，問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

8　この問題冊子の裏表紙には，試験時間中に机の上に置いてよいものを記載しています。

試験時間中に机の上に置いてよいもの

○　本学受験票

○　大学入学共通テスト受験票

○　配付した問題冊子等

○　黒鉛筆（和歌，格言等が印刷されているものは不可）

○　鉛筆キャップ

○　シャープペンシル

○　消しゴム

○　鉛筆削り（電動式，大型のもの，ナイフ類は不可）

○　時計（辞書，電卓，端末等の機能があるものや，それらの機能の有無が判別しにくいもの，秒針音のするもの，キッチンタイマー，大型のものは不可）

○　眼鏡

○　ハンカチ

○　目薬

○　ティッシュペーパー（袋又は箱から中身だけ取り出したもの）

このページは白紙です。

物理基礎・物理 （3　問）

〔Ⅰ〕 図1のように水平な床の上に直角三角形の断面をもつ台を置く。台の質量を M，床に対する斜面の角度を θ とする。この台の斜面上に質量 m の小物体を置いたときの小物体や台の運動について考える。重力加速度の大きさを g として，以下の問いに答えよ。ただし，小物体や台にはたらく空気抵抗，小物体の大きさは無視してよい。

まず，図1のように台を床に固定した場合を考える。小物体と台の間の静止摩擦係数を μ，動摩擦係数を μ' とする。ただし，$0 < \mu' < \mu$ とする。

この斜面上の高さ h の位置に，小物体を静かに置いたところすべり始めた。

問 1 小物体が斜面をすべり始めるために満たす μ と θ の関係式を示せ。

問 2 すべり始めた後の小物体の斜面に沿って下向きの加速度の大きさを a とする。小物体と台の間の垂直抗力の大きさを N とする。小物体の斜面に平行な方向の運動方程式，斜面に垂直な方向の力のつり合いの式をそれぞれ示せ。

問 3 小物体が斜面を床まですべり下りた直後の小物体の速さ v を m，μ'，g，h，θ のうち必要なものを用いて表せ。導き方も示せ。

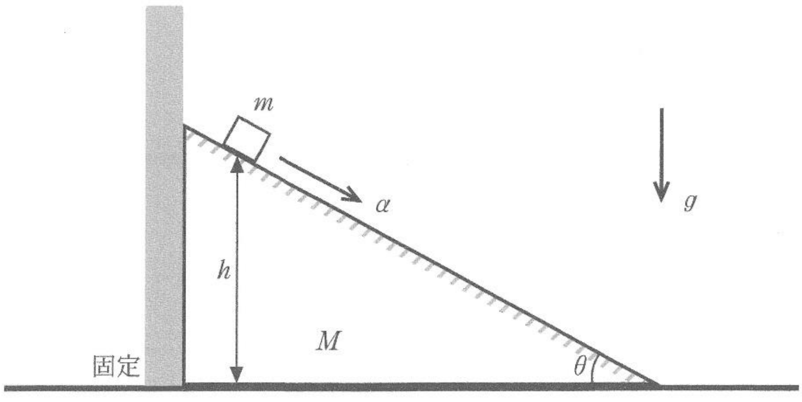

図1

次に，図2のように台の固定をはずし，台が床の上を動けるようにした。質量が m，台との静止摩擦係数が μ_0 の図1とは別の小物体を静止した台の斜面上に静かに置いたところ，台と小物体は静止したままであった。ここから，水平左向き大きさ β の加速度を台に加えると小物体が斜面上をすべり始めた。

問 4　小物体がすべり始める β の下限値 β_{min} を M，m，μ_0，g，θ のうち必要なものを用いて表せ。導き方も示せ。

問 5　β がある値以上になると，小物体が台から離れる。小物体が台から離れない β の上限値 β_{max} を M，m，μ_0，g，θ のうち必要なものを用いて表せ。導き方も示せ。

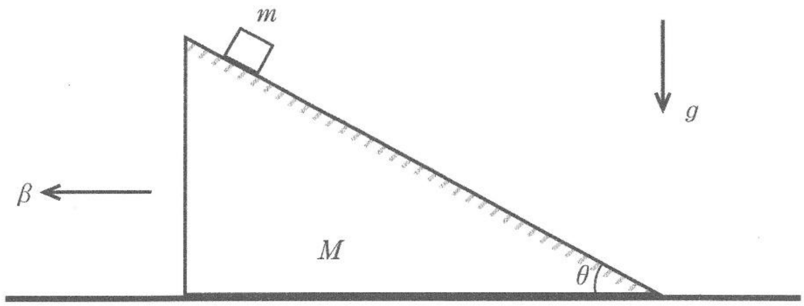

図2

図3のように今度は，台の固定をはずした状態で，台と床の間，台と小物体の間に摩擦のない場合を考える。静止している台の斜面上に質量が m の小物体を静かに置いた。

問 6　斜面に固定された座標系における小物体の斜面に沿って下向きの加速度の大きさを α とし，床の上に固定された座標系における台の水平左向きの加速度の大きさを β とする。小物体と台の間の垂直抗力の大きさを N とする。

(1)　小物体の斜面に平行な方向の運動方程式を示せ。

(2)　小物体の斜面に垂直な方向の力のつり合いの式を示せ。

(3)　台の水平方向の運動方程式を示せ。

問 7　α と β をそれぞれ M，m，g，θ を用いて表せ。

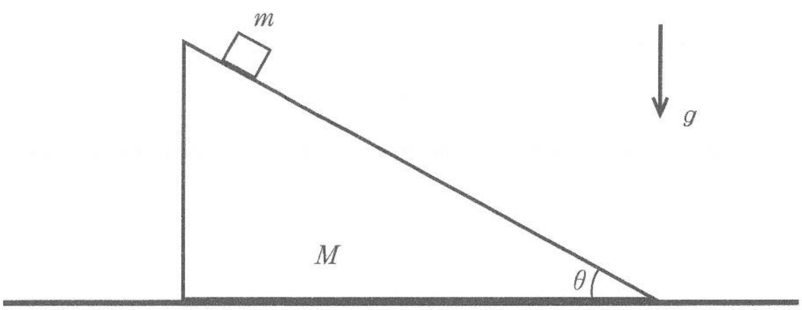

図3

このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 問 1　空気中の音の伝わり方について考察する。以下の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ク}}$ について適切な式を記入せよ。$\boxed{\text{A}}$，$\boxed{\text{B}}$ は適切な式を選択肢から選びその記号を記入せよ。ただし，音源の振動数を f，空気中の音波の速さを V とし，無風の状態として考える。

図 1 に示すように，止まっている観測者に音源が速さ $v(v < V)$ で近づいてくる場合を考える。時間 Δt の間に音波は $\boxed{\text{ア}}$ 進み，その間に音源は $\boxed{\text{イ}}$ 移動する。したがって観測者に届く音波の波長は $\boxed{\text{ウ}}$ と表すことができる。このとき観測者の聞く音の振動数は $\boxed{\text{エ}}$ となる。

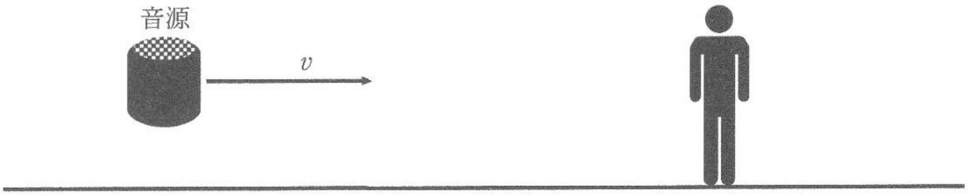

図 1

図 2 に示すように，止まっている音源に速さ $u(u < V)$ で観測者が近づいている場合を考える。この場合観測者からみた音速は $\boxed{\text{オ}}$ と考えることができる。このとき観測者の聞く音の振動数は $\boxed{\text{カ}}$ となる。

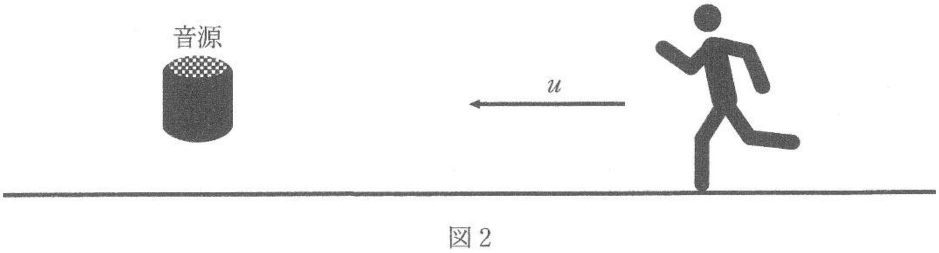

図 2

図3のように，音源が速さ $v(v < V)$，観測者が速さ $u(u < V)$ で動いており双方が近づいている。また図に示すように音を反射する静止した壁が置かれている。このとき音源から直接観測者に届く音の振動数 f_A は $\boxed{\quad キ \quad}$ ，壁に反射してから観測者に届く音の振動数 f_B は $\boxed{\quad ク \quad}$ である。観測者にはうなりが聞こえることがあるが，これを空気中を伝わる音の波の観点から以下のように考察する。

音源から直接観測者に届く音の波を時刻 t の関数として
$F_A(t) = F_0 \sin(2\pi f_A t)$，壁に反射してから届く音の波を同様に
$F_B(t) = F_0 \sin(2\pi f_B t)$ と表す。ここで F_0 は音の波の振幅である。うなりは $F_A(t)$ と $F_B(t)$ の干渉によっておこるが，このことは観測者に届く音の波を $F_A(t) + F_B(t)$ とし三角関数の積を用いて $\boxed{\quad \mathrm{A} \quad}$ と表すと理解できる。うなりの振動数を f_A，f_B を用いて表すと $\boxed{\quad \mathrm{B} \quad}$ である。

必要に応じて以下の関係式を参考にしてよい。

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$$
$$\sin(\alpha - \beta) = \sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta$$
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$$
$$\cos(\alpha - \beta) = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta$$

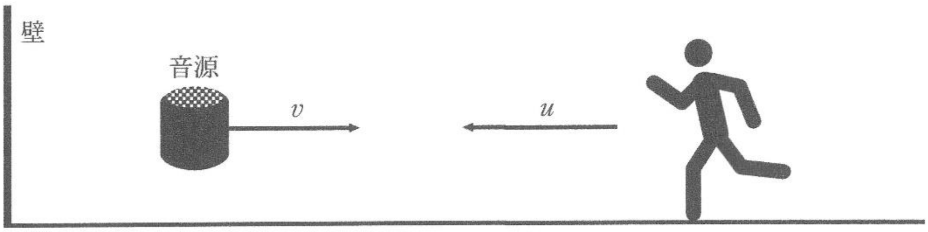

図3

$\boxed{\text{A}}$, $\boxed{\text{B}}$ の選択肢

(a)	$2F_0 \cos\left\{\dfrac{2\pi(f_A + f_B)t}{2}\right\} \sin\left\{\dfrac{2\pi(f_A + f_B)t}{2}\right\}$
(b)	$2F_0 \cos\left\{\dfrac{2\pi(f_A - f_B)t}{2}\right\} \sin\left\{\dfrac{2\pi(f_A + f_B)t}{2}\right\}$
(c)	$2F_0 \cos\{2\pi(f_A + f_B)t\} \sin\{2\pi(f_A + f_B)t\}$
(d)	$2F_0 \cos\{2\pi(f_A - f_B)t\} \sin\{2\pi(f_A + f_B)t\}$

(e)	$\dfrac{f_A + f_B}{2}$	(f)	$\dfrac{f_A - f_B}{2}$	(g)	$f_A + f_B$	(h)	$f_A - f_B$

このページは白紙です。

問 2　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{(a)}}$ ～ $\boxed{\text{(g)}}$ に入る式と $\boxed{\text{(h)}}$ に入る語句として適切なものを解答群の選択肢から選び，その記号を解答用紙の解答欄に記入せよ。

図4のように，鉛直方向になめらかに動くことのできる質量 m〔kg〕のピストンを備えた断面積 S〔$\mathrm{m^2}$〕の容器が置かれている。ピストンを含め容器はすべて断熱材でできており，底部のヒーターで容器内部を加熱できるようになっている。

最初，温度 T_0〔K〕，物質量 n〔mol〕の物質が液体状態で容器内に密封されていて，底面からの液体の高さは h〔m〕である(状態(A))。この液体を一定出力 W〔J/s〕のヒーターでゆっくりと加熱していくことを考える。加熱による液体の体積変化は無視でき，液体と気体の圧力と温度は場所によらず常に一様で，気体は理想気体として扱えるとする。液体と気体の比熱はそれぞれ温度や圧力によらず一定であり，容器外の大気圧を P_0〔$\mathrm{N/m^2}$〕，気体定数を R〔J/(mol・K)〕，重力加速度の大きさを g〔$\mathrm{m/s^2}$〕とする。

加熱開始から t_1〔s〕後に液体の温度は沸点 T_1〔K〕に達した(状態(B))。この液体のモル比熱は $\boxed{\text{(a)}}$〔J/(mol・K)〕と表せる。その後も加熱を続けると温度は一定のまま，状態(B)から t_2〔s〕後に液体が全て気体になった(状態(C))。この物質の 1 mol あたりの蒸発熱は $\boxed{\text{(b)}}$〔J/mol〕と表せる。ただし，蒸発熱の一部は蒸発の際の体積変化にともなう仕事にも消費される。状態(C)における容器底面からピストン底面までの高さは $\boxed{\text{(c)}}$〔m〕であり，液体が全て蒸発する間に物質が外部になした仕事は $\boxed{\text{(d)}}$〔J〕である。

状態(C)からさらに t_3〔s〕の間加熱すると気体の温度は T_2〔K〕に達した(状態(D))。この気体の定圧モル比熱 C_p は $\boxed{\text{(e)}}$〔J/(mol・K)〕，状態(C)から(D)の間の物質の内部エネルギーの増加は $\boxed{\text{(f)}}$〔J〕であるので，C_p と定積モル比熱 C_v との間には $C_p = C_v + R$ の関係があることがわかる。

状態(D)でヒーターによる加熱を止め，この容器をゆっくりと 90° 傾けて水平に

すると(状態(E))，気体の圧力は $\boxed{\quad (g) \quad}$ 〔N/m²〕となり，状態(D)から(E)の間に，気体の温度は $\boxed{\quad (h) \quad}$ 。

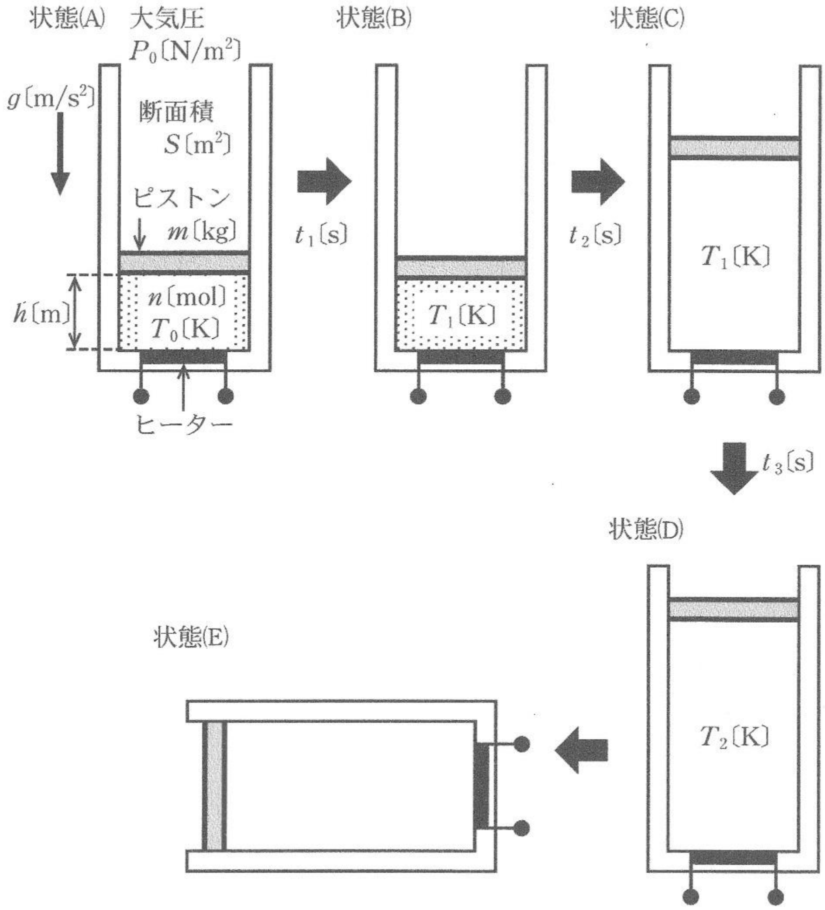

図 4

解答群

(ア) $P_0 - \dfrac{mg}{S}$	(イ) P_0	(ウ) $P_0 + \dfrac{mg}{S}$
(エ) $\dfrac{nRT_1}{P_0S}$	(オ) $\dfrac{nRT_1}{P_0S + mg}$	(カ) $\dfrac{Wt_2}{P_0S + mg}$
(キ) $\dfrac{Wt_2}{n}$	(ク) $\dfrac{W(t_2 - t_1)}{n}$	(ケ) $\dfrac{Wt_2T_1}{nT_2}$
(コ) nRT_1	(サ) $(P_0S+mg)h$	(シ) $nRT_1 - (P_0S+mg)h$
(ス) $Wt_3 - nR(T_2 - T_1)$	(セ) Wt_3	(ソ) $nR(T_2 - T_1)$
(タ) $\dfrac{RT_1}{(T_1 - T_0)}$	(チ) $\dfrac{Wt_1}{n(T_1 - T_0)}$	(ツ) $\dfrac{Wt_1}{nT_1}$
(テ) $\dfrac{W(t_3 - t_2)}{n(T_2 - T_1)}$	(ト) $\dfrac{Wt_3}{nT_2}$	(ナ) $\dfrac{Wt_3}{n(T_2 - T_1)}$
(ニ) 上昇する	(ヌ) 変わらない	(ネ) 低下する

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 図1のように電気抵抗 R の抵抗，起電力 V の電池が接続された一辺の長さ d の正方形の回路を準備する。回路全体の質量は m であり，回路の自己インダクタンス，電池の内部抵抗は無視できる。この回路を図2に示す水平面と角度 θ をなすなめらかで十分に長い斜面上をすべらせる。図2のように斜面傾斜方向に沿って下向きに x 軸，斜面に対し垂直上向きに z 軸をとり，原点Oを図2のようにとる。

この斜面全体に x に依存する磁場が z 軸方向にかかっており，磁束密度の z 方向の成分は $B_z = bx$ である。ここで b は正の定数である。

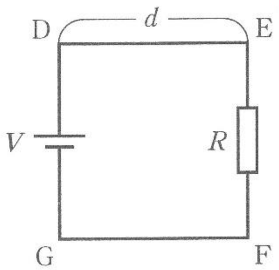

図1

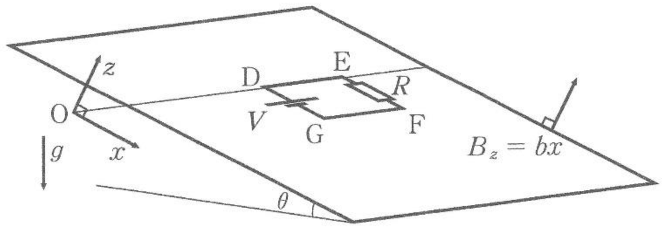

図2

はじめに，辺DEが $x = 0$ の位置になるように斜面に回路を固定した。

問1 回路に流れる電流 I_1 を求めよ。ただし斜面の真上から見て時計回りに電流が流れる場合を $I_1 > 0$ とする。

問2 回路全体が磁場から受ける力の x 成分の大きさを b, d, R, V を用いて表せ。またその向きを x 軸の正負で答えよ。

固定を静かに外すと，回路は斜面をすべり落ちた。重力加速度の大きさを g とし，斜面とその上に置かれた回路の間の摩擦，回路にかかる空気抵抗は無視できるものとする。辺 DG と辺 EF は x 軸と常に平行である。十分に時間が経過した後，回路は x の正の向きに速さ v_1 の等速度運動をした。

問 3　回路に流れる電流 I_2 を b，d，R，V，v_1 を用いて表せ。また導き方も示せ。ただし斜面の真上から見て時計回りに電流が流れる場合を $I_2 > 0$ とする。

問 4　回路全体が磁場から受ける力の x 成分の大きさを b，d，R，V，v_1 を用いて表せ。またその向きを x 軸の正負で答えよ。

問 5　速さ v_1 を b，d，R，V，g，m，θ を用いて表せ。また導き方も示せ。

次に図 3 のように回路の電池を電気容量 C のコンデンサーに置き換えた。ここで回路全体の質量は m であり，回路の自己インダクタンスは無視できる。重力加速度の大きさを g とし，斜面とその上に置かれた回路の間の摩擦，回路にかかる空気抵抗は無視できるとする。辺 DG と辺 EF は x 軸と常に平行である。はじめ，コンデンサーに電荷は蓄えられていない。図 4 のように回路の辺 GF を $x = 0$ に置き，外力を加え x の負の向きに一定の速さ v_2 で動かし続けた。ここで，x が負の時には磁束密度の z 方向の成分 $B_z = bx$ は負であることに注意せよ。

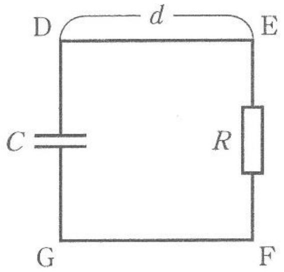

図 3

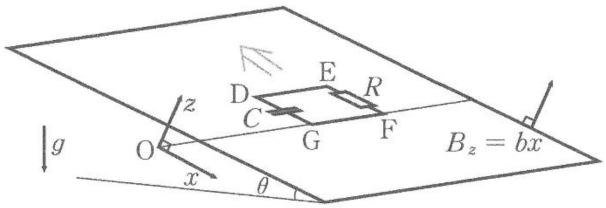

図 4

問 6　辺 GF が $x = x_2 (x_2 < 0)$ の位置にある時，コンデンサーに蓄えられている電気量を Q_1 とする。

(1)　このとき辺 DE と辺 GF に生じる誘導起電力の大きさ，$|V_{DE}|$ と $|V_{GF}|$ を b，d，v_2，x_2 を用いて表せ。

(2)　回路には斜面の真上から見て $\boxed{\text{(あ)}}$ に電流 I_3 が流れ，コンデンサーの D 側の極板は $\boxed{\text{(い)}}$ に帯電する。

(i)　$\boxed{\text{(あ)}}$ と $\boxed{\text{(い)}}$ に入る組み合わせを以下の選択肢から選びその記号を記入せよ。

$\boxed{\text{(あ)}}$，$\boxed{\text{(い)}}$ の選択肢

(a)	(あ) 時計回り	(い) 正	(b)	(あ) 時計回り	(い) 負
(c)	(あ) 反時計回り	(い) 正	(d)	(あ) 反時計回り	(い) 負

(ii)　電流 I_3 の大きさ $|I_3|$ を b，d，R，C，Q_1，v_2 を用いて表せ。

このページは白紙です。

このページは白紙です。