

前期

理系

2021年度入学試験学力検査問題

理 科・地理歴史・数 学 ※数学は、数理科学科志望者のみ

理学部，都市環境学部：地理環境学科—150分  
都市環境学部(都市政策科学科 文系区分を除く)，  
システムデザイン学部(インダストリアルアート学科を除く) 75分

答案用紙

- ・物 理 3枚            ・化 学 3枚            ・生 物 3枚
- ・地 学 3枚            ・地 理 3枚            ・数 学 3枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで，問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は，筆記用具のほか定規，コンパスの使用を認めます。  
ただし，分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は，答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合 →

			1	2	3
4	5	6	7	X	

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し，必ず配付された答案用紙に記入してください。  
答案用紙には，解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合，アルファベット及び数字は，1マスに2字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。
  - ・物 理 1ページ～9ページ    ・化 学 10ページ～17ページ
  - ・生 物 18ページ～33ページ    ・地 学 34ページ～42ページ
  - ・地 理 43ページ～50ページ    ・数 学 51ページ～52ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は，手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり，持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが，どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は，持ち帰ってください。また，試験終了時刻まで退室できません。

# 物 理

解答欄には最終的な答えのみを記入すること。

**1** 以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図1のように、質量  $4m$  の直方体の台が、なめらかで水平な床の上に置かれている。台の上面と側面には、それぞれ水平および鉛直方向にレールが固定されている。台には大きさの無視できる滑車も図1のようにつけられている。上面に質量  $m$  のおもり A、側面に質量  $2m$  のおもり B を、それぞれレール上に設置し、両者を軽い糸で結び、糸が張った状態で滑車にかけた。ここでおもりは、レールに沿ってなめらかに動く仕組みになっており、レールから離れることはない。レールと滑車の質量は無視できる。おもりとレールの間、台と床の間、糸と滑車の間に摩擦ははたらかない。常に糸が張った状態でおもりは運動し、おもりは台の端や床に到達しないものとする。

はじめに、おもり A と B を静かに放すと同時に、台が動かないように水平方向に一定の大きさの力を台に加えた。その後の運動を考える。

問 1 おもり A と B の間の糸にはたらく張力の大きさと、おもり B の加速度の大きさを求めなさい。

問 2 おもり B がはじめの位置から距離  $h$  だけ落下したときの、おもり A の運動エネルギーを求めなさい。

問 3 台が動かないように、台に加えている水平方向の力の大きさを求めなさい。

つぎに、台が自由に床の上を動ける状態で、おもり A と B を時刻 0 で静かに放した。その後の運動を考える。

問 4 おもり A と B の間の糸にはたらく張力の大きさを求めなさい。

問 5 時刻  $t$  ( $t > 0$ ) におけるおもり A, おもり B, および台の、床から見た速さをそれぞれ求めなさい。

問 6 運動をはじめてからある時間が経過したとき、おもり A の重心の位置が、床から見てはじめの位置から距離  $L$  だけ移動した。この間に、台の重心の位置が、床から見て移動した距離を求めなさい。

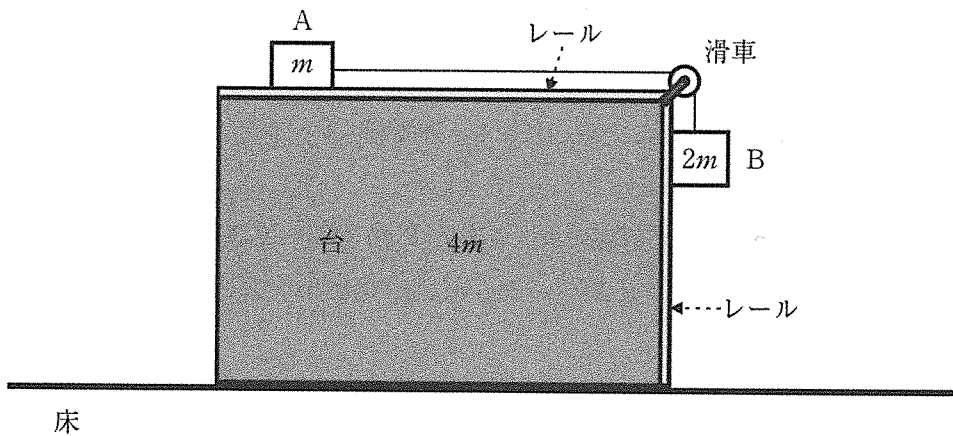


図 1

2 以下の問いに答えなさい。

問 1 図 2 のように、磁束密度の大きさが  $B$  の一様な鉛直上向きの磁場中に、間隔  $L$  で十分に長い平行な 2 本の導体レールを水平面に対して傾斜角  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) となるように傾けて置いた。この上に太さの無視できる導体棒をレールと直交するように静かに置く。導体棒の質量を  $m$ 、導体棒のレール間の抵抗を  $R_0$  とする。

このレールには可変抵抗と起電力  $E$  の電源が接続されている。重力加速度の大きさを  $g$  とし、導体レールの電気抵抗、レールと導体棒の摩擦、および回路に流れる電流がつくる磁場の影響は無視できるものとする。

可変抵抗の値が  $R_0$  であったとき、導体棒はレールの上に静止した。

- (1) 導体棒を流れる電流の大きさを  $E$  と  $R_0$  を用いて表しなさい。
- (2) 起電力の大きさを  $B, L, R_0, m, g, \theta$  を用いて表しなさい。

導体棒を一度レールから離し、可変抵抗の値を  $\frac{1}{2}R_0$  に変えて、導体棒をふたたび静かにレール上に置いた。導体棒は動き出し、やがて一定の速さ  $v$  となった。導体棒とレールは常に直交したままとする。

- (3) 導体棒の動く向きを以下の (ア), (イ) から 1 つ選び、記号で答えなさい。  
また、導体棒に流れている電流の大きさを  $v, E, B, L, R_0, \theta$  を用いて表しなさい。
  - (ア) レールを登る向き
  - (イ) レールを降りる向き
- (4) 導体棒の速さ  $v$  を  $E, B, L, \theta$  を用いて表しなさい。

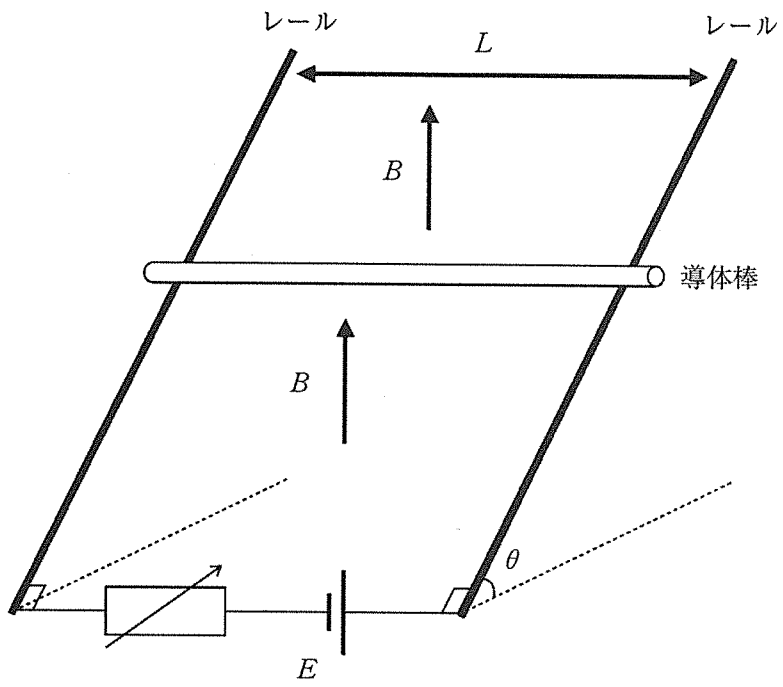


図 2

問 2 図 3 のように、真空中に一様な磁束密度の大きさ  $B$  の磁場がある。正の電荷  $q$ 、質量  $m$  を持つ荷電粒子が  $B$  に垂直な面内を半径  $R$  の円運動をしている。重力は、はたらかないものとする。

(1) 円運動する荷電粒子の速さを求めなさい。

荷電粒子を加速するため、磁場の向きを変えずに磁束密度の大きさを変化させた。磁場が変化するとそのまわりの空間に電場が生じ、これを誘導電場と呼ぶ。微小な時間  $\Delta t$  の間に、荷電粒子の運動する円軌道を貫く磁束密度を微小量  $\Delta B$  ( $\Delta B > 0$ ) だけ均一に変化させた。

(2) 半径  $R$  の円軌道に誘起される起電力の大きさを求めなさい。

(3) 荷電粒子は誘導電場による力を受けて加速される。荷電粒子の速さの変化を  $\Delta v$  とし、荷電粒子の運動量変化と誘導電場により受けた力積が等しいことから  $\Delta v$  を求めなさい。

(4) 荷電粒子にはたらくローレンツ力と遠心力の合力の大きさを  $q$ ,  $R$ ,  $B$ ,  $\Delta B$ ,  $m$  を用いて表しなさい。ただし、 $\Delta v$  や  $\Delta B$ ,  $\Delta t$  といった微小量同士の積である  $(\Delta v)^2$ ,  $\Delta v \Delta B$  などは無視しなさい。

(5) 加速を受けた荷電粒子の軌道半径の変化として正しいものを、以下の(ア)～(オ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) ローレンツ力が遠心力に比べて変わらないため、軌道半径は変わらない。
- (イ) ローレンツ力が遠心力に比べて大きくなるため、軌道半径は小さくなる。
- (ウ) ローレンツ力が遠心力に比べて小さくなるため、軌道半径は大きくなる。
- (エ) ローレンツ力が遠心力に比べて大きくなるため、軌道半径は大きくなる。
- (オ) ローレンツ力が遠心力に比べて小さくなるため、軌道半径は小さくなる。

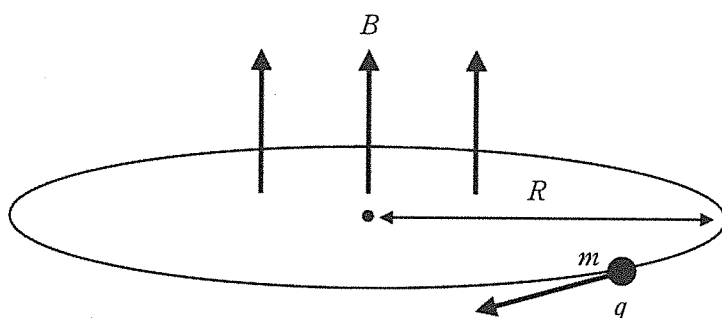


図 3

3 以下の問いに答えなさい。

図4のように、 $x$ 軸上の $x = -a$  ( $a > 0$ )および $x = a$ に音源があり、同位相、同じ振幅かつ同じ振動数 $f$ の正弦波の音波を、原点 $O$ にあるマイクに向けて発している。 $x = -a$ および $x = a$ の音源が発する音波を、それぞれ音波Aおよび音波Bとする。音波の減衰や、マイクおよび音源での音波の反射は無視できるものとする。最初の状態では空気の流れはなく、原点 $O$ では音波AとBが同位相で干渉し音の大きさが極大であった。空気中の音速を $c$ として、以下の問いに答えなさい。

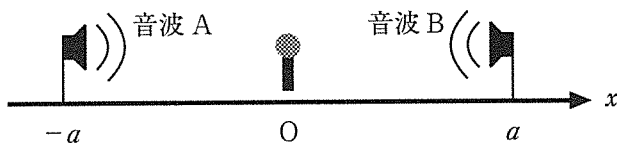


図4

問1 原点 $O$ における音波Aおよび音波Bそれぞれの音波振動(空気の疎密)がともに図5(I)のとき、時刻0における音波Aおよび音波Bの波の概形として最も適切なものを、図5の(ア)~(エ)の中からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

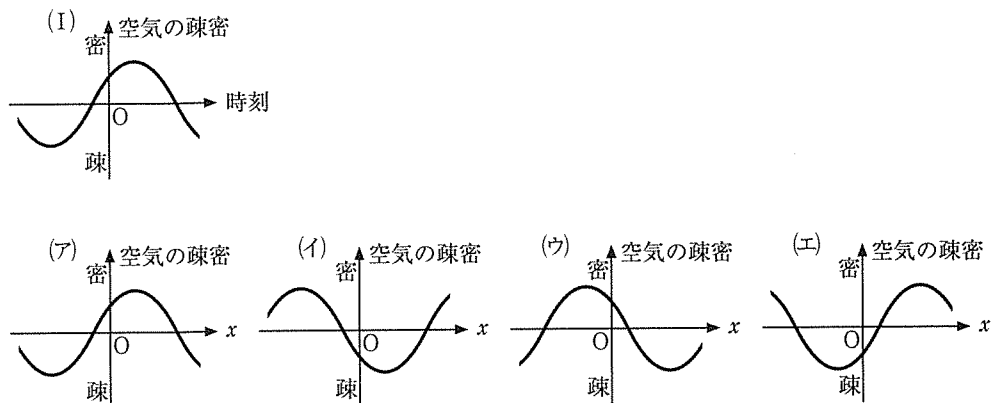


図5



問 2 マイクを原点  $O$  から  $x$  軸の正の方向にゆっくり移動すると、音の大きさは減り続け、 $x < a$  のある位置で初めて極小になった。この位置を求めなさい。

つぎに、 $x$  軸の正の方向に一様な空気の流れをつくり、流れの速さを徐々に増しながら原点  $O$  に置いたマイクで音の大きさを測定すると、音の大きさは減り続け、図 6 のように流れの速さが  $w$  ( $0 < w < c$ ) になったとき、音の大きさが初めて極小になった。このとき、マイクからみた音波 A および音波 B の音速は、それぞれ  $c + w$  および  $c - w$  である。

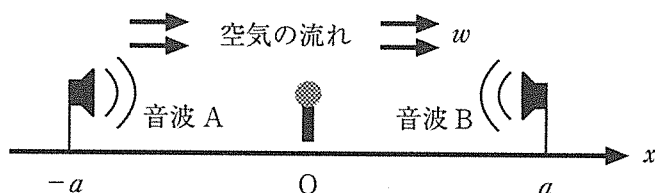


図 6

問 3 同時刻にそれぞれ  $x = -a$  および  $x = a$  で発生した音波 A および音波 B について考える。音波 A が原点  $O$  に達してから、音波 B が原点  $O$  に達するまでの時間を  $a$ ,  $c$ ,  $w$  を用いて表しなさい。

問 4 原点  $O$  では、空気の流れの速さが  $w$  のとき音波 A と B が逆位相で干渉し、音の大きさが初めて極小になることから、 $a$  を  $f$ ,  $c$ ,  $w$  を用いて表しなさい。

問 5 空気の流れの速さを  $w$  に保ちながら、マイクを原点  $O$  から  $x$  軸の正の方向にゆっくり移動すると、音の大きさは増え続け、 $x < a$  のある位置で初めて極大になった。この位置を  $f$ ,  $c$ ,  $w$  を用いて表しなさい。

つぎに、空気の流れをゼロに戻し、図7のように音波Bの音源を位置  $a$  から  $x$  軸の正の方向に一定の速さ  $v$  ( $v < c$ ) で動かした。音波Aの音源は位置  $-a$  に固定されているものとする。音波Bの音源が動き始めてから十分に時間が経った。

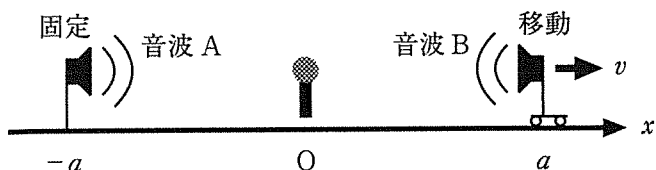


図7

- 問6 原点  $O$  における音波Bの振動数を求めなさい。
- 問7 原点  $O$  に置いたマイクでうなりが観測された。うなりの周期を求めなさい。
- 問8 マイクを原点  $O$  からある方向に一定の速さで動かすと、うなりは消えた。マイクの動く向きとして正しいものを以下の(ア)、(イ)から1つ選び、記号で答えなさい。また、マイクの動く速さを求めなさい。
- (ア)  $x$  軸の正の向き
- (イ)  $x$  軸の負の向き