

前期

理系

2020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。なお，化学は裏面にも解答欄があるので注意してください。
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～8ページ ・化 学 9ページ～15ページ
・生 物 16ページ～31ページ ・地 学 32ページ～39ページ
・地 理 40ページ～49ページ ・数 学 50ページ～51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。

図1のように、水平でなめらかな広い床の上に原点 O 、水平方向に x 軸、鉛直方向に y 軸を定める。床は $x = h$ から $x = \frac{3}{2}h$ まで穴があいている。時刻 $t = 0$ において、 y 軸上の $y = h$ の位置から、質量 m の小球を x 軸の正の方向に速さ v で水平に投射した。小球は穴の手前で一度だけはねかえり、穴をとびこえて、床の上をはねながら xy 平面内を運動した。小球と床の間のはねかえり係数を $\frac{1}{2}$ とする。小球が床と n 度目に衝突した時刻を t_n 、そのときの x 座標を x_n とする。床を重力による位置エネルギーの基準面とし、重力加速度の大きさを g とする。空気抵抗は無視できるものとする。

- (1) t_1 および x_1 を h, v, m, g から必要なものを用いて表しなさい。
- (2) 1 度目の衝突において、小球が床から受けた力積の大きさを h, v, m, g から必要なものを用いて表しなさい。ただし、床と小球が接触している間の重力による力積は無視できるものとする。
- (3) 小球の力学的エネルギーの $0 \leq t < t_2$ における時間変化を表すグラフとして最も適切なものを図2の(ア)~(カ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。
- (4) $t_1 < t < t_2$ における小球の最高到達点の y 座標、およびこのときの小球の速さを h, v, m, g から必要なものを用いて表しなさい。
- (5) x_2 を x_1 を用いて表しなさい。
- (6) 小球が穴の手前で一度だけはねかえり、穴をとびこえるための v の下限および上限を h, m, g から必要なものを用いて表しなさい。

(7) 時間が十分に経過した後の小球の力学的エネルギーに最も近いものを以下の

(ア)~(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(ア) 0 (イ) mgh (ウ) $mgh + \frac{mv^2}{2}$ (エ) $\frac{mv^2}{2}$

(8) $t = 0$ から時間が十分に経過するまでに、小球が $y = \frac{h}{50}$ の平面を通過する回数を求めなさい。

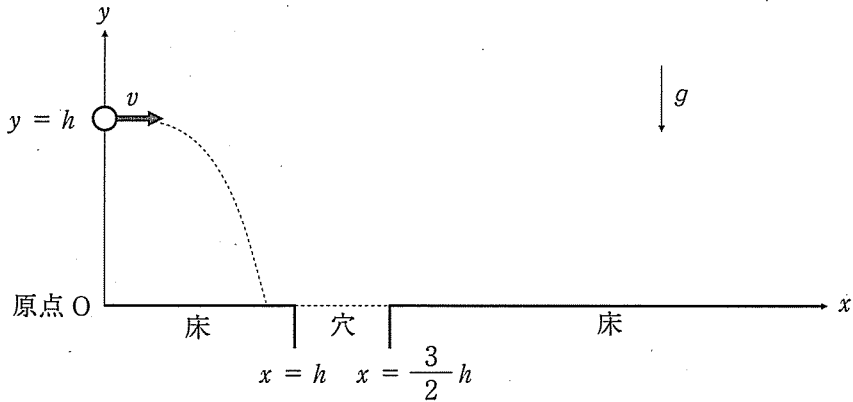


図 1

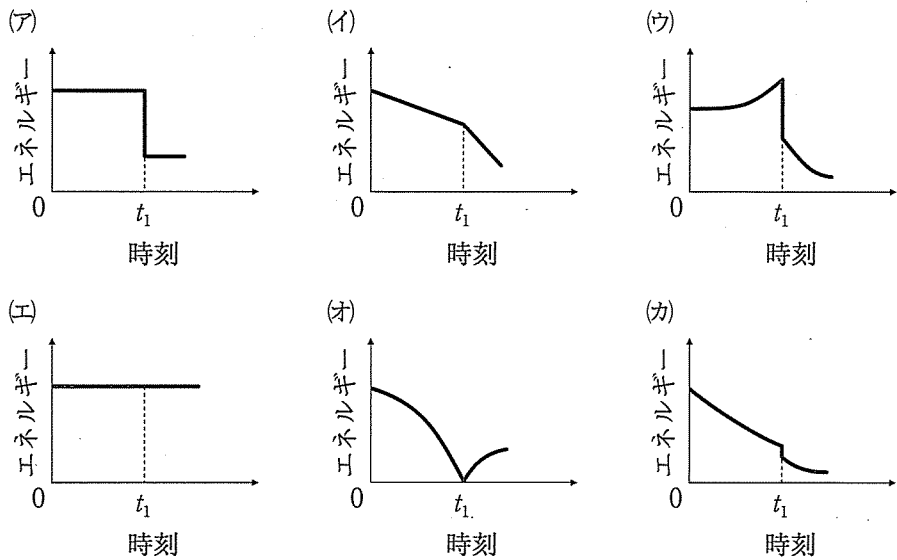


図 2

2

問 1 図3のように、紙面内に xy 平面をとり、質量 m 、正の電荷 q をもつ荷電粒子を、原点 O から x 軸に対して角度 θ ($0^\circ < \theta \leq 90^\circ$)、速さ v で xy 平面内に打ち出す。紙面を裏から表に貫く向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場がかけられており、荷電粒子は、 xy 平面内を運動し、 x 軸上の $x > 0$ の領域をおおう検出器で捕えられる。荷電粒子の検出位置を x_d とし、以下の問いに答えなさい。

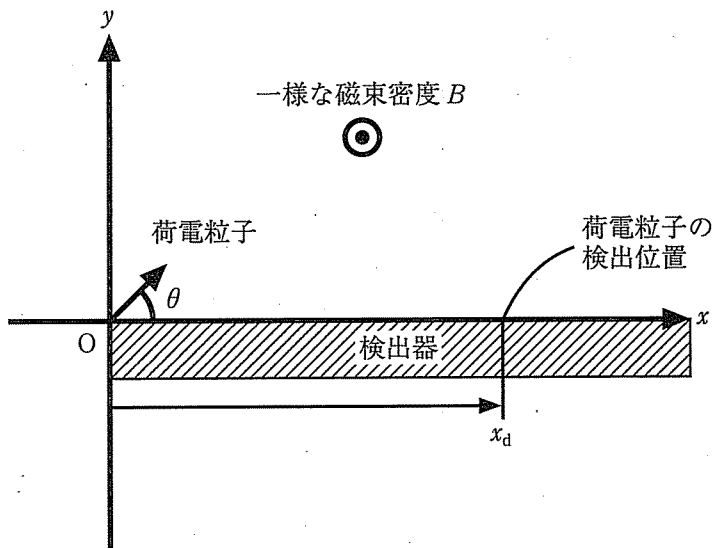


図 3

- (1) 荷電粒子を角度 $\theta = 90^\circ$ で打ち出したときの x_d を、 B 、 m 、 q 、 v を用いて表しなさい。
- (2) 荷電粒子を角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) で打ち出したときの x_d を、 B 、 m 、 q 、 v 、 θ を用いて表しなさい。

- (3) 打ち出す角度 θ を一定にしたまま、打ち出す速さ v を変化させ、 x_d および、原点から検出器までの飛行時間 t を測定する。 x_d と t の関係を表すグラフとして最も適切なものを、図4の(ア)~(ク)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

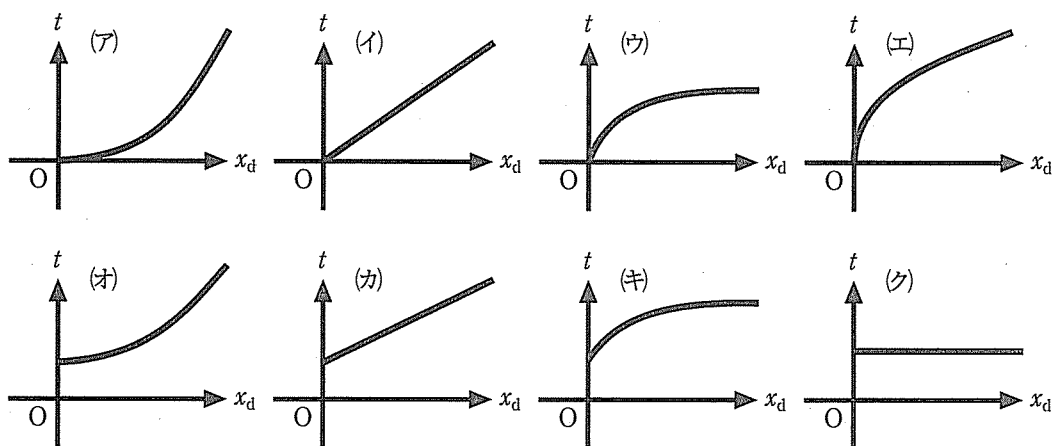


図4

問 2 図 5(a)のように、厚さを無視できる薄い金属板が挿入された平行板コンデンサーがある。2 枚の極板 X, Z および金属板 Y は全て同じ形で同じ面積をもち、金属板は常に極板間に完全に挿入され極板に対して平行を保つ。コンデンサーは起電力 V の電池に接続されており、接地点 G における電位をゼロとする。極板および金属板の端での電場の乱れは無視できる。以下の問いに答えなさい。

まず、図 5(a)のように、XY 間および YZ 間の距離がともに d の状態を考える。このときの、XY 間および YZ 間の静電容量をともに C とする。金属板 Y は帯電しており、金属板 Y の電位は $\frac{1}{3}V$ である。ただし、コンデンサーの外側の電場はゼロとする。

- (1) 極板 X, 金属板 Y の下面, 金属板 Y の上面, 極板 Z に蓄えられた電気量をそれぞれ求めなさい。ただし、電気量は符号を含めて答えなさい。
- (2) 極板 X と金属板 Y の間の空間における電場の強さを求めなさい。また、電場の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。
 - (ア) 極板 X から金属板 Y に向かう向き
 - (イ) 金属板 Y から極板 X に向かう向き

つぎに、この状態から金属板 Y を極板 Z へゆっくりと近づけ、図 5(b)のように、XY 間および YZ 間の距離をそれぞれ $\frac{3}{2}d$ および $\frac{1}{2}d$ とした。

- (3) このときの、XY 間および YZ 間の静電容量を、それぞれ C を用いて表しなさい。
- (4) このときの、金属板 Y の電位を求めなさい。
- (5) 金属板 Y を移動する間に電池がした仕事を、 C と V を用いて表しなさい。

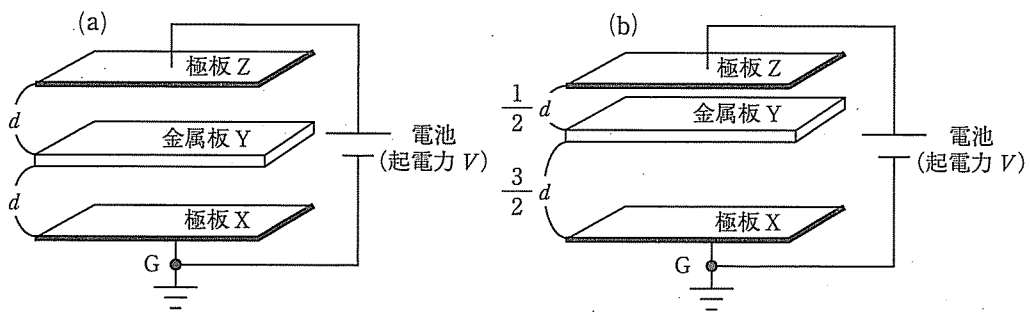


图 5

3

問 1 図 6 のように、それぞれ 0.53 m^3 、 0.30 m^3 の容積をもつ断熱容器 A、B をコックのついた細管でつなぎ、コックを閉じている。最初、A には温度 $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ 、物質質量 15 mol 、B には温度 $4.0 \times 10^2 \text{ K}$ 、物質質量 10 mol の単原子分子理想気体がそれぞれ入っている。その後、コックを開いて全体の状態を一様にした。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、細管の体積は無視してよい。気体定数を $8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。

- (1) 一様になった後の気体の内部エネルギーの合計を答えなさい。
- (2) 一様になった後の気体の温度と圧力を答えなさい。

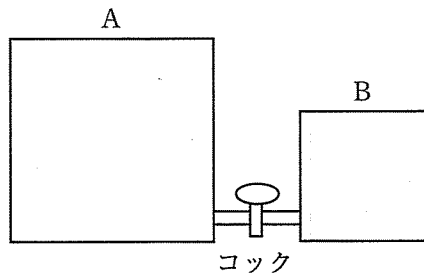


図 6

問 2 気体の状態が図7のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ という経路で変化する熱機関を考える。熱機関には、単原子分子理想気体が n mol 封入されている。この熱機関では、状態変化 $A \rightarrow B$ および $C \rightarrow D$ は定圧変化、状態変化 $B \rightarrow C$ および $D \rightarrow A$ は断熱変化である。状態 C および状態 D の圧力は P_1 、状態 A および状態 B の圧力は P_2 であった。また、状態 A の体積は V_0 、状態 B および状態 D の体積は $2V_0$ 、状態 C の体積は $4V_0$ であった。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、気体定数を R とする。

- (1) 状態 A の温度を P_2 , V_0 , n , R を用いて表しなさい。
- (2) $A \rightarrow B$ における内部エネルギーの増加量を P_2 , V_0 を用いて表しなさい。
- (3) $B \rightarrow C$ において、気体が外部にした仕事を P_1 , P_2 , V_0 を用いて表しなさい。
- (4) $C \rightarrow D$ において、気体が外部に放出した熱量を P_1 , V_0 を用いて表しなさい。
- (5) 1 サイクル $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の間に気体が外部にした仕事を P_1 , P_2 , V_0 を用いて表しなさい。
- (6) この熱機関の 1 サイクルにおける熱効率を P_1 , P_2 を用いて表しなさい。

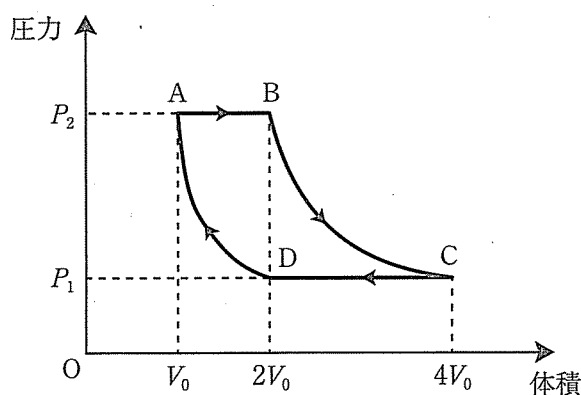


図 7