令和 2 年度（**前期日程**）

入学者選抜学力検査問題

物　　理

〔**注意事項**〕

1. 監督者の指示があるまで，この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は 6 ページからなっています。また，解答用紙は 3 枚，下書用紙は 1 枚あります。監督者から解答開始の合図があったら，この冊子，解答用紙を確認し，落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
3. **解答用紙には，受験番号を記入する欄がそれぞれ 2 箇所ずつあります。監督者の指示に従って，すべての解答用紙（合計 3 枚）の受験番号欄（合計 6 箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。**
4. この冊子の白紙と余白は，適宜計算などに使用してよい。
5. **解答は，必ず別紙「物理解答用紙」の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。その際，特に要求されていなければ，途中の計算式などを書かずに，問いに対する答えのみを記入しなさい。**
6. 解答用紙の欄外や裏面には何も記入しないこと。
7. 下書用紙への記入の有無・内容は自由です。
8. 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。
9. この冊子および下書用紙は，持ち帰りなさい。

問題訂正

訂正箇所及び訂正内容

5ページ
Ⅲ　（8）の後の文章
〔誤〕　「ここで,・・・体積は状態 <u>D</u> に」
↓
〔正〕　「ここで,・・・体積は状態 <u>A</u> に」

補足説明

補足箇所及び補足内容

5ページ
Ⅲ　ピストンはなめらかに動くことができる。

Ⅰ　図1のような台が水平な床の上に固定されている。台の左下端に固定された座標を考え，水平右向きを x 軸の正の向き，鉛直上向きを y 軸の正の向きとする。質量 M の小球 P と質量 m の小球 Q が xy 面内を運動する。台の上面のうち，区間 AB は，半径 $\frac{1}{2}R$，中心角 90° の円弧面となっており，点 B でなめらかに右側の水平面に接続されている。また，区間 CD は，半径 R，中心角 90° の円弧面となっており，点 C でなめらかに水平面と接続され，点 D で床に接している。なお，点 C の真下の床面上の点を E とする。また，重力加速度の大きさを g とし，すべての摩擦および空気抵抗は無視できるものとする。

まず，図1のように，小球 Q を水平面 BC 上に置いて静止させた後，小球 P を点 A まで持っていき，静かにはなした。小球 P は円弧 AB に沿ってすべり落ち，水平面上に達したあと，速さ V で小球 Q と弾性衝突した。

(1)　衝突直後の小球 Q の速さを V，m および M を用いて表せ。

(2)　V を g および R を用いて表せ。

衝突直後，小球 Q の速さは $\frac{3}{2}V$ となった。その後，小球 Q は点 C において台からはなれて，床に落下した。

(3)　小球 P の質量 M を小球 Q の質量 m を用いて表せ。

(4)　小球 Q が点 C において台からはなれる理由を説明せよ。

(5)　小球 Q が点 C を通過してから最初に床に到達するまでの時間を求めよ。

次に，小球 Q を再び水平面 BC 上に置いて静止させた後，小球 P を今度は AB 間にある点 A′ まで持っていき，静かにはなした。小球 P は円弧 A′B に沿ってすべり落ち，速さ $\frac{1}{3}V$ で小球 Q と弾性衝突し，衝突直後の小球 Q の速さは $\frac{1}{2}V$ となった。その後，小球 Q は点 C を通過して円弧 CD に沿って動き，CD 間の点 F において台からはなれて，床に落下した。

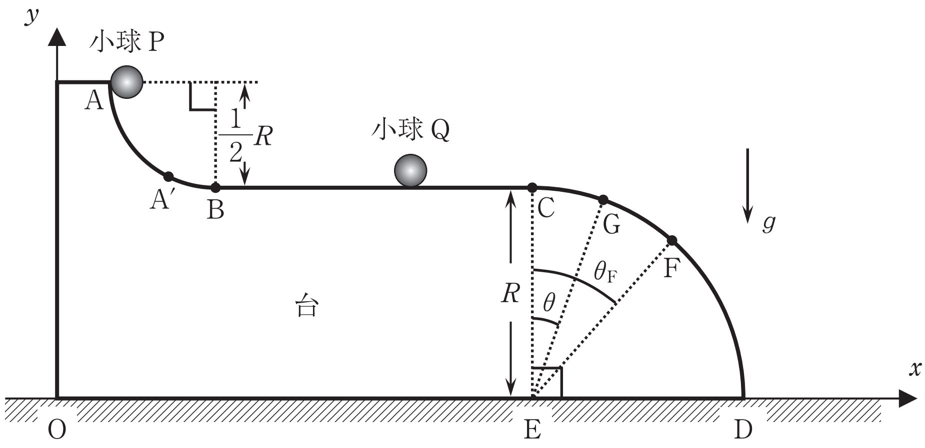
(6)　円弧 CF 上の点 G において，小球 Q が円弧面から受ける垂直抗力の大きさはいくらか。線分 EG と鉛直線 EC のなす角度を θ として，g，m および θ を用いて答えよ。

(7)　線分 EF と鉛直線 EC のなす角度を θ_{F} とする。$\cos\theta_{\mathrm{F}}$ の値を求めよ。

(8)　点 C を通過してから点 F に到達するまでに，小球 Q の速度の x 成分はどのように変化したか。図2の(ア)～(エ)の中から最も適切なものを選んでその記号を答えよ。なお，小球 Q が点 C，点 F を通過する時刻をそれぞれ t_{C}，t_{F} とする。

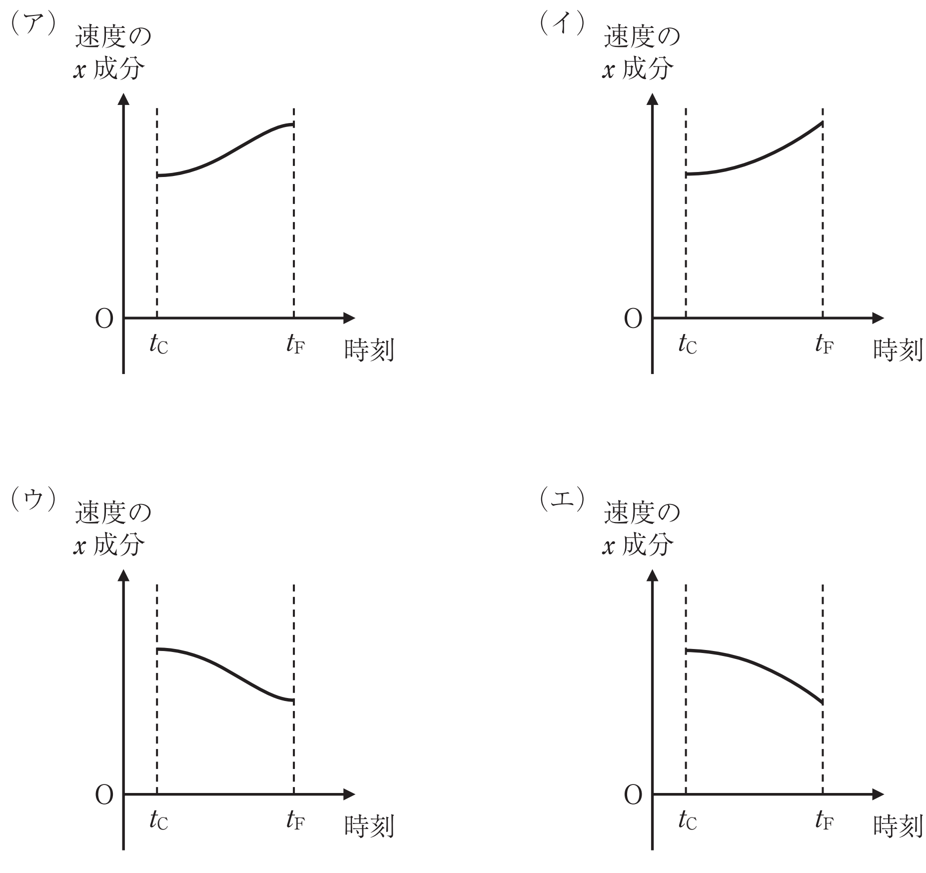
(9)　最初に床に到達した瞬間における，小球 Q の速度の鉛直成分の大きさを，g および R を用いて表せ。

（配点率 33 %）



y
小球 P
A
1/2 R
小球 Q
A′
B
C
G
F
g
θF
θ
R
台
x
O
E
D

図 1



（ア）
速度の
x 成分
O
tC
tF
時刻
（イ）
速度の
x 成分
O
tC
tF
時刻
（ウ）
速度の
x 成分
O
tC
tF
時刻
（エ）
速度の
x 成分
O
tC
tF
時刻

図 2

Ⅱ 図1のように，内部抵抗が無視できる起電力 E の電池，抵抗値 R の抵抗，電気容量 C のコンデンサー，スイッチ S からなる回路がある。電位の基準を電池の負極(－極)にとり，a 点の電位を V_{a}，b 点の電位を V_{b} とする。初め，2個のコンデンサーには電荷が蓄えられておらず，S は開いている。時刻 $t=0$ で S を閉じ，$V_{\mathrm{a}}=V_{\mathrm{b}}$ となる時刻 t_1 で S を開いたとして，以下の問(1)～(4)に答えよ。ただし，各問いの解答は E，R，C の中から必要なものを用いて表せ。

(1)　S を閉じた直後の V_{a}，V_{b} の値をそれぞれ求めよ。
(2)　時刻 t_1 での V_{a} の値を求めよ。

時刻 t_1 で S を開いた後で，図2のように，ab 間に抵抗値 R の抵抗を新たに接続した。

(3)　新たに接続した抵抗を流れる電流の，接続直後の値を求めよ。ただし a → b の方向を正とする。
(4)　時刻 t_1 から十分長い時間が経過し，ab 間の電流が0となるまでの間に，回路中の全ての抵抗でジュール熱として消費されたエネルギーの合計を求めよ。

次に，図3のように，内部抵抗が無視できる電圧 $e(t)=V_0\sin(\omega t+\theta)$ の交流電源，抵抗値 R または $2R$ の抵抗，電気容量 C のコンデンサー，インダクタンス L のコイルからなる回路について考える。ただし，V_0 は定数，ω は角周波数，t は時刻，θ は $t=0$ における位相(初期位相)である。図中の矢印で示す，コンデンサー，抵抗，コイルにかかる電圧を，それぞれ $v_C(t)$，$v_R(t)$，$v_L(t)$ と表し，図中の矢印で示す，コンデンサー，抵抗，コイルに流れる電流を，それぞれ $i_C(t)$，$i_R(t)$，$i_L(t)$ と表す。交流電源を回路に供給して十分長い時間が経過し，I を定数として，$i_C(t)=i_R(t)=I\cos\omega t$ と表せるとき，以下の問(5)～(10)に答えよ。

(5)　$v_C(t)$，$v_R(t)$ を，それぞれ t の関数として求めよ。

ここで，$v_C(t)$ の振幅が $v_R(t)$ の振幅と等しいとする。

(6)　R と C の関係式を求めよ。
(7)　交流電源の初期位相 θ の値を求めよ。
(8)　I の値を，V_0，R を用いて表せ。

さらに，$v_R(t)$ と $v_L(t)$ が同位相であるとする。

(9)　R と L の関係式を求めよ。

(10) コンデンサーとコイルのリアクタンスの大小関係について，下記(ア)～(ウ)から最も適切な文を１つ選べ。

（ア）　コンデンサーのリアクタンスがコイルのリアクタンスより大きい。

（イ）　コイルのリアクタンスがコンデンサーのリアクタンスより大きい。

（ウ）　コンデンサーとコイルのリアクタンスは等しい。

（配点率 35 %）

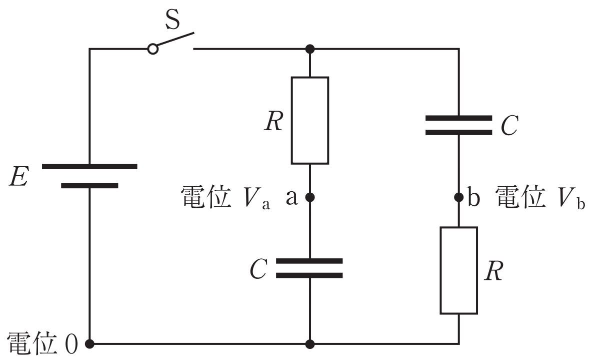


図１

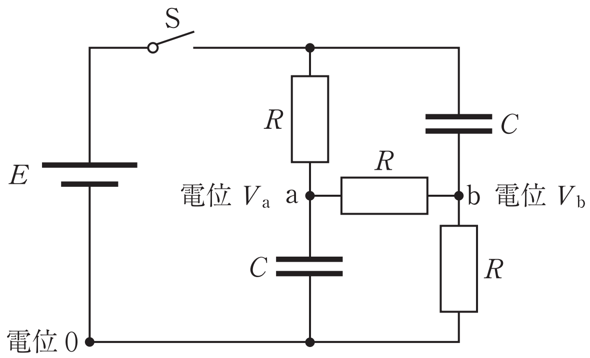


図２

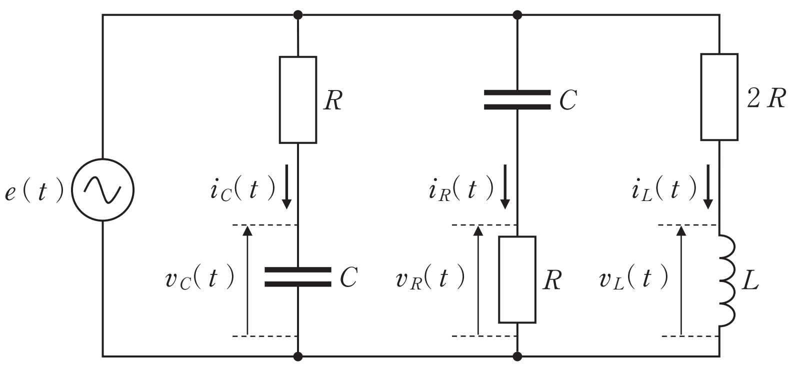


図３

Ⅲ　シリンダーとピストンからなる熱機関に，気体定数が R〔J/(mol·K)〕であり，理想気体として扱うことができる単原子分子気体が n〔mol〕封入されている。この熱機関では，図のように $A \to B \to C \to D \to A$ という経路(サイクル)を経て気体の状態が変化する。状態変化 $A \to B$ および $C \to D$ は断熱変化であり，状態変化 $B \to C$ は定積変化，状態変化 $D \to A$ は定圧変化である。気体の状態を圧力 p〔Pa〕と体積 V〔m^3〕を対にして $(p,\ V)$ で表すことにすると，このサイクル中の各状態は，状態 $A = (p_L,\ V_M)$，状態 $B = (p_M,\ V_1)$，状態 $C = (p_H,\ V_1)$，状態 $D = (p_L,\ 9V_1)$ である。なお，断熱変化の途上においては，定圧モル比熱 C_p〔J/(mol·K)〕と定積モル比熱 C_V〔J/(mol·K)〕の比を比熱比 $\gamma = C_p / C_V$ として，$pV^\gamma =$ 一定 の関係が成立することが知られている。熱量 Q の符号は気体が加熱される場合を正とし，気体がする仕事 W については，気体が膨張する場合を正とするものとして，以下の問いに答えよ。

(1)　状態 D の気体の温度 T_D〔K〕を p_L，V_1，n，R のみを用いて表せ。

(2)　定積モル比熱 C_V と定圧モル比熱 C_p の関係を表すマイヤーの式を記すとともに，C_V と C_p を R のみを用いて表せ。

(3)　状態変化 $B \to C$ において気体が受け取る熱量 Q_{BC}〔J〕を p_M，p_H，V_1 のみを用いて表せ。

(4)　状態変化 $D \to A$ について，気体の内部エネルギー U の変化量 $\Delta U_{DA} = (U_A - U_D)$〔J〕と，気体がする仕事 W_{DA}〔J〕を p_L，V_1，V_M のみを用いて表せ。

(5)　状態 C の温度 T_C〔K〕を T_D，γ のみを用いて表せ。

(6)　状態変化 $C \to D$ において気体がする仕事 W_{CD}〔J〕を p_L，V_1，γ のみを用いて表せ。

(7)　この熱機関が1サイクルの間にする仕事の合計 W'〔J〕を p_L，V_1，V_M，γ のみを用いて表せ。

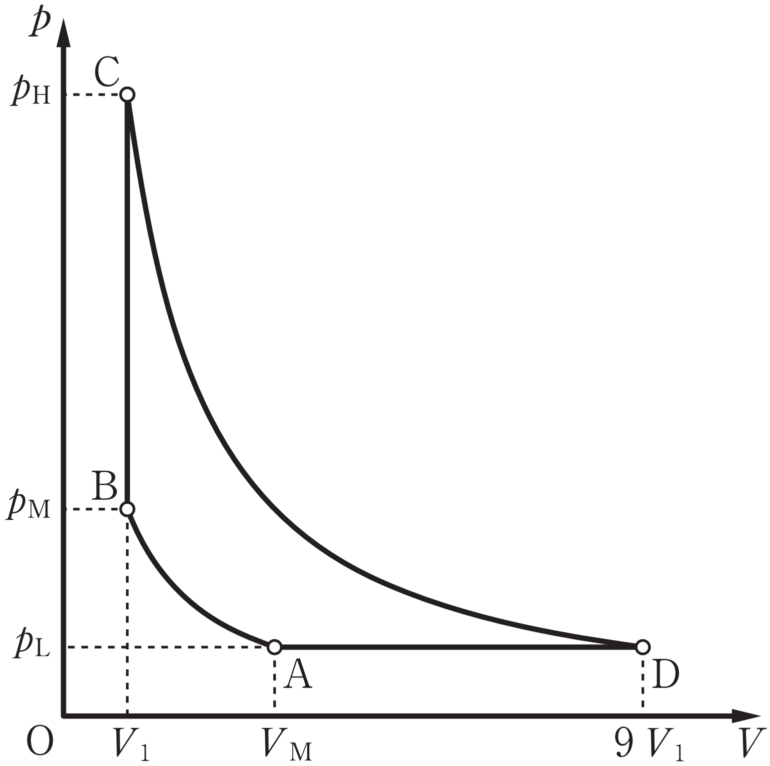
(8)　この熱機関の熱効率 e を V_1，V_M，γ のみを用いて表せ。

ここで，断熱変化 $C \to D$ はその途上において，圧力は状態 B に等しく，体積は状態 D に等しい状態 $E = (p_M,\ V_M)$ を通過するものとして，以下の問いに答えよ。

(9)　体積 V_M〔m^3〕を V_1 のみを用いて表せ。

(10)　この熱機関の熱効率 e の値を有効数字2桁で求めよ。必要なら $\sqrt[3]{3} = 1.44$ を利用せよ。

（配点率 32 %）



図

（以　上）