

# 物 理

学 部	学 科(コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科，物理・材料理工学科， システム創成工学科(機械科学コース，社会基盤・環境コース)	300 点
	システム創成工学科(電気電子通信コース，知能・メディア情報コース)	400 点
農 学 部	植物生命科学科，応用生物化学科，森林科学科，食料生産環境 学科，動物科学科	300 点
	共同獣医学科	200 点

## 注 意 事 項

1. 問題は，1 から 5 までの計 5 問です。
2. 1 から 5 までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は，(5 の 1) から (5 の 5) までの計 5 枚です。解答は，すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに，本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後，問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 次の〔I〕と〔II〕の文章を読み、以下の問い(1)~(6)に答えよ。ただし、重力加速度の大きさは  $g$  であり、鉛直下向きに作用する。

〔I〕 図1のように、あらい斜面をもつ台が水平な床の上に置かれ、かつ床に固定されている。台の底面と斜面のなす角を  $\theta_1$  とする。この台の上に、質量  $m_1$ 、高さ  $a$ 、底辺の長さが  $b$  の密度が一樣な直方体の物体を置く。ただし、図は直方体の側面に平行で、物体の重心を通る断面を表す。また、物体と斜面との間の静止摩擦係数を  $\mu_1$  とする。

- (1) 物体が静止しているとき、台からの垂直抗力の作用点は、物体の下端の点  $O$  からいくらの距離か求めよ。
- (2) 物体がすべり出すより先に倒れたとすれば、 $\tan \theta_1$  がいくらより大きいかを求めよ。
- (3) 物体が倒れるより先にすべり出したとすれば、 $\mu_1$  はいくらより小さいか、 $\theta_1$  を用いて表せ。

〔II〕 図2のように、なめらかな斜面をもつ台が、水平でなめらかな床に置かれ静止している。台の質量は  $M$  で、底面と斜面のなす角は  $\theta_2$  である。質量  $m$  の小物体を斜面に静かに置くと、小物体は斜面をすべり落ち、台は右に向かって動き出した。床から見た台の水平方向の加速度の大きさを  $a$  とする。台上の観測者から見ると、小物体には水平方向に左向きの慣性力がはたらくことになる。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

- (4) 台上の観測者から見た小物体にはたらく斜面に垂直な方向の力のつりあいより、小物体にはたらく垂直抗力  $N$  を、 $a$ 、 $m$ 、 $\theta_2$ 、 $g$  を用いて表せ。

(5) 床から見た台の水平方向の運動方程式を  $a$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $\theta_2$  を用いて表せ。  
 また,  $a$  を  $M$ ,  $m$ ,  $\theta_2$ ,  $g$  を用いて表せ。

(6) 台上の観測者から見た小物体の斜面方向の加速度  $\beta$  の大きさを,  $a$ ,  $\theta_2$ ,  $g$  を用いて表せ。

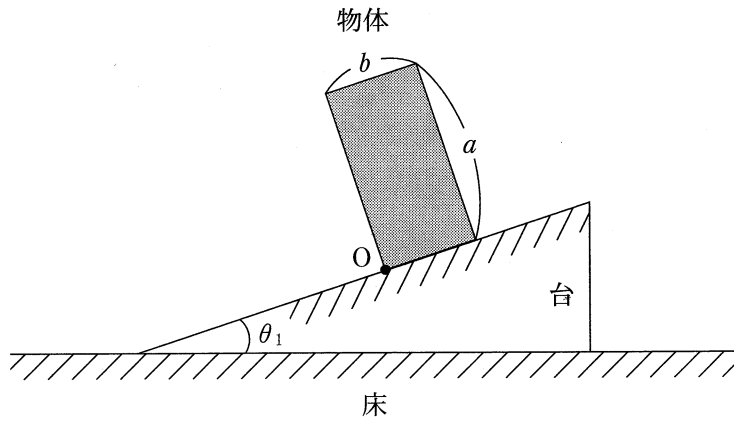


図 1

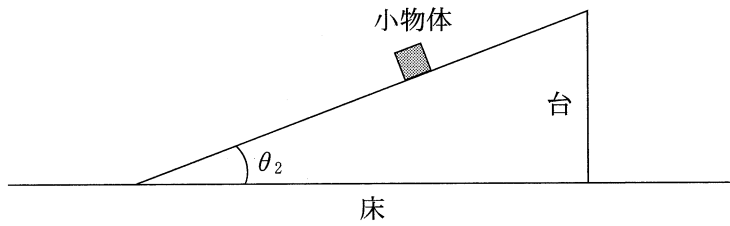


図 2

2 図3に示すように、なめらかに動く軽いピストン付のシリンダーに単原子分子の理想気体を閉じ込め、ピストンが鉛直方向に動くように立てる。

次の〔I〕と〔II〕の文章を読み、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

〔I〕 ピストンの上に  $M$  [kg] のおもりをのせると、シリンダー内の体積が  $V$  [m<sup>3</sup>] になった。重力加速度は  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、気体定数は  $R$  [J/(mol·K)]、大気圧は  $p_0$  [Pa] で、おもりをのせる前後で、全体の温度に変化はなく、 $T$  [K] で一定のとき、次の問いに答えよ。ただし、ピストンの断面積を  $A$  [m<sup>2</sup>] とする。解答には、 $M$ 、 $V$ 、 $A$ 、 $g$ 、 $R$ 、 $p_0$ 、 $T$  から必要なものを選んで用いよ。

- (1) シリンダー内の圧力を求めよ。
- (2) シリンダー内の気体の物質量  $n$  [mol] を求めよ。
- (3) おもりをのせる前のシリンダー内の圧力と体積を求めよ。

〔II〕 ピストンからおもりをはずした。

図4は、密閉されたシリンダー内の体積  $V$  [m<sup>3</sup>] と圧力  $p$  [Pa] の関係を示した  $p$ - $V$  図であり、曲線は断熱変化の関係を示す。

大気圧が  $1.0 \times 10^5$  Pa、シリンダー内の体積が  $1.0$  m<sup>3</sup> のとき、外側から冷却すると、体積が  $0.8$  m<sup>3</sup> になった。このときの変化を定圧変化として、次の問いの答えを解答用紙内にある  $p$ - $V$  図に描け。

- (4) 変化の方向を示す矢印を描け。ただし、矢印の始点と終点は変化前後の値とする。
- (5) 気体が外部からされた仕事に対応する面積を実線で囲み、斜線でぬりつぶせ。

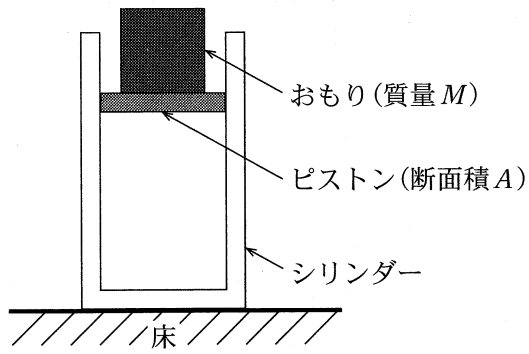


図 3

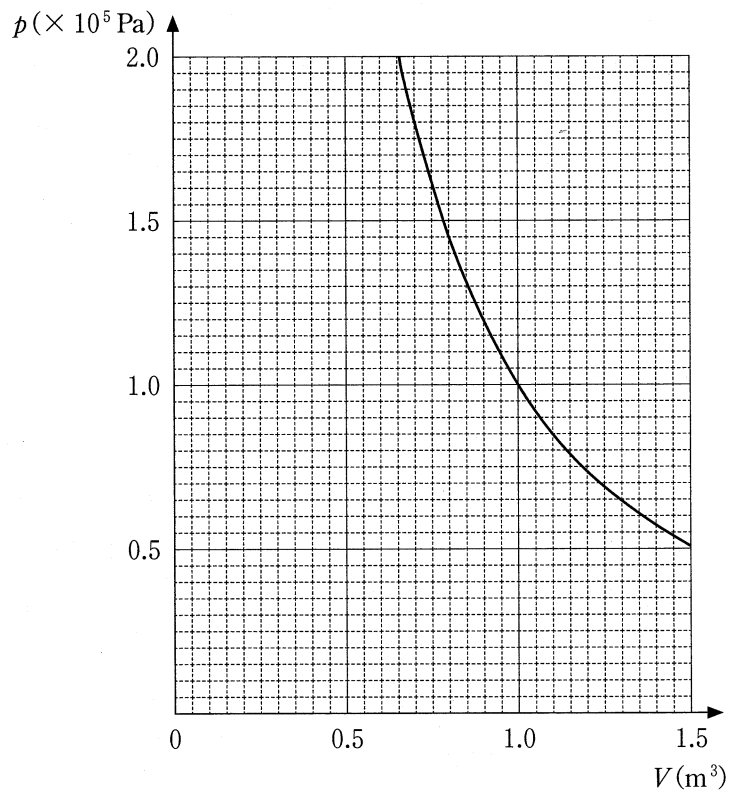


図 4

3 次の〔I〕と〔II〕の文中の (ア) ~ (コ) に適切な式または数値を入れよ。

〔I〕 図5(a)のように、極板間の距離  $d$  が  $3.0 \times 10^{-2} \text{ m}$  の平行平板コンデンサーが、真空中に置かれている。このコンデンサーに、直流電圧  $V$  として  $2.1 \times 10^2 \text{ V}$  を加えたとき、極板間に均一な電場  $E$  が生じた。この電場の大きさは (ア)  $\text{ V/m}$  と求められる。また、このとき接地側の極板からの距離を  $x$  とする。  $x = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m}$  の位置 P における電位は (イ)  $\text{ V}$  である。

次に帯電していない厚さ  $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}$  の誘電体の板を、図5(b)のように極板間の中央に、極板と平行になるように挿入した。このコンデンサーに、直流電圧  $2.1 \times 10^2 \text{ V}$  を加えたとき、極板間の空隙と誘電体に均一な電場が生じた。誘電体の比誘電率  $\epsilon_r$  が 3.0 のとき、誘電体の内部の電場の大きさは、空隙の電場の大きさの (ウ) 倍となる。また、接地側の極板からの距離  $x$  が  $2.5 \times 10^{-2} \text{ m}$  の位置 P における電場の大きさは (エ)  $\text{ V/m}$ 、電位は (オ)  $\text{ V}$  と求められる。

〔II〕 図6(a)のように、鉛直下向きの磁束密度  $B[\text{T}]$  の一様な磁場の中に、 $l[\text{m}]$  の間隔で水平に置かれた平行な 2 本の導線レール ab, cd がある。bd 間を抵抗値  $R[\Omega]$  の抵抗でつなぎ、レール上に軽くて抵抗の無視できる導体棒 OQ を置く。この導体棒を一定の速さ  $u[\text{m/s}]$  で移動させる。導体棒は 2 本のレールと垂直を保ちながら、なめらかに動くものとする。このとき導体棒 OQ に生じる起電力は (カ)  $[\text{V}]$  となる。また、この起電力により抵抗に発生するジュール熱は、1 秒あたり (キ)  $[\text{J}]$  となる。

次に、図6(b)のように、図6(a)と同じ鉛直下向きの磁束密度  $B[\text{T}]$  の一様な磁場の中に、細い導線でできた半径  $l[\text{m}]$  の円形コイル (S と P は離れている) を置き、このコイルの中心 O とコイル上の点 P との間を抵抗値  $R[\Omega]$  の抵抗でつないだ。さらに中心 O とコイルの間には、コイルに接しながら回転できる導体棒 OQ が橋渡ししてあり、この棒がコイルと接している点 Q

を一定の速さ  $u$  [m/s] で移動させる。回路の自己インダクタンスを無視できるものとする。このとき導体棒 OQ に生じる起電力は  $\boxed{\text{ク}}$  [V] となる。また、この起電力により抵抗に発生するジュール熱は1秒あたり  $\boxed{\text{ケ}}$  [J] である。またこのとき、導体棒が磁場から受ける力は  $\boxed{\text{コ}}$  [N] となる。

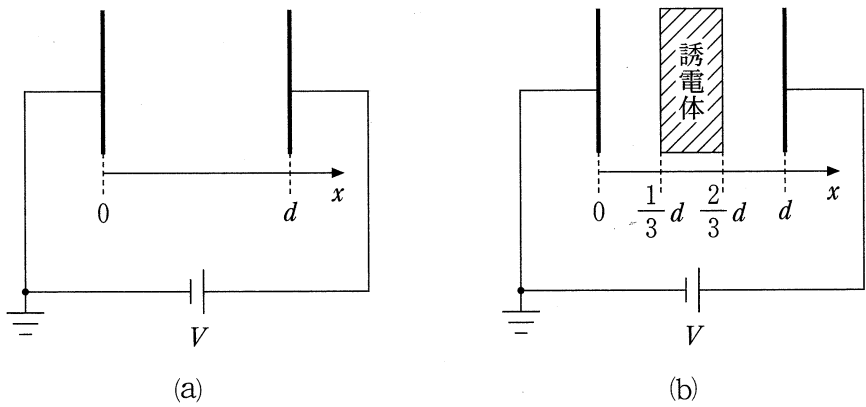


図 5

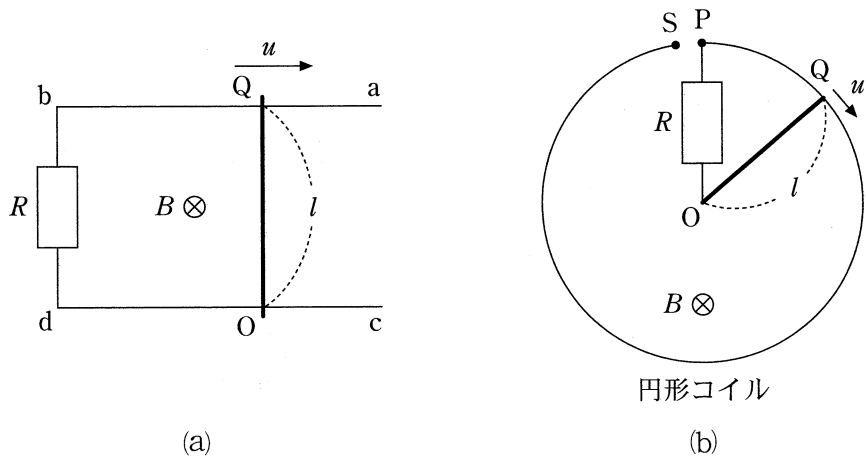


図 6

4 次の〔I〕と〔II〕の文章を読み、 ~  に適切な語句や数値を入れよ。ただし、数値は、有効数字3桁で答えること。なお、以下の実験は全て空気中で行われ、音速は  $340 \text{ m/s}$  とする。

〔I〕 振動数  $510 \text{ Hz}$  の静止しているおんさ A と、おんさ A より振動数が大きい静止しているおんさ B がある。これらのおんさを同時に鳴らすと、二つのおんさの中間地点において、観測者は、10 秒間に 170 回のうなりを観測した。おんさ B の振動数は、  $\text{Hz}$  である。

次に、二つのおんさの中間地点から、観測者がおんさ A に向かって速度   $\text{m/s}$  で移動すると、 効果によって、観測者はうなりを観測できなくなった。ただし、観測者が移動する速さは、音速より小さいこととする。

〔II〕 図 7 のように、円管とピストンからなる装置があり、円管の管口付近に一定の振動数の音を発する音源を置いた。ピストンは、円管内において、管口から右方向に動かすことができる。管口端からピストンまでの距離を  $L$  とする。管口部における開口端補正は無視できるものとする。ピストンの位置を管口から徐々に右向きに動かしたところ、ピストンが  $L = 10.0 \text{ cm}$  の位置で最初の共鳴が起こり、 $L = 30.0 \text{ cm}$  の位置で 2 回目の共鳴が観測された。音源が発した音の波長は   $\text{cm}$  で、振動数は   $\text{Hz}$  であった。次に、ピストンを  $L = 30.0 \text{ cm}$  の位置に固定し、音源が発する振動数を   $\text{Hz}$  から大きくしていったところ、次に共鳴が観測された振動数は   $\text{Hz}$  であった。



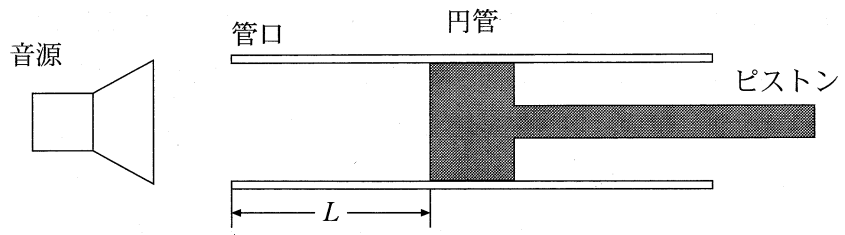


図 7

- 5 図8を参照し、以下の問い(1)~(6)に答えよ。ただし、空気抵抗および小球と各面(水平面、斜面、台)との間の摩擦は無視する。斜面は水平面に対して角度 $\theta$ で滑らかに接続されており、台は水平面に固定されている。また、水平右向きを $x$ 軸の正とし、小球Aの初期静止位置を $x = 0$ 、小球Bの初期静止位置を $x = L$ とする。鉛直上向きを $y$ 軸の正とし、水平面高さを $y = 0$ とする。重力加速度の大きさを $g$ とし、鉛直下向きに作用する。

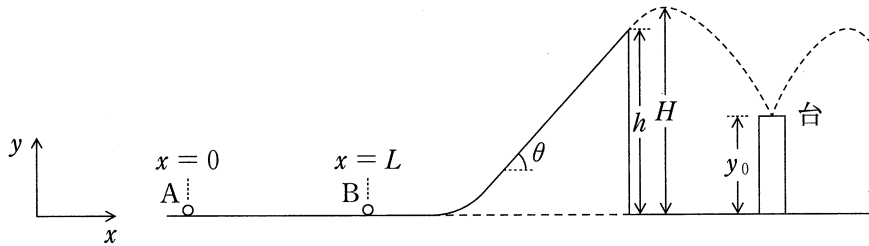


図8

- (1)  $x = 0$ に静止していた質量 $m$ の小球Aに、距離 $L$ の間だけ一定の力 $F$ を水平右向きに加え続けて加速した。 $x = L$ に到達した時点における小球Aの速度 $v_0$ を $F$ 、 $L$ 、 $m$ で表せ。
- (2)  $x = L$ において、小球Aは質量 $2m$ の小球Bに衝突し、小球Bは水平面上を右向きに滑り始めた。小球Aと小球Bとの間の反発係数を $\frac{2}{3}$ とすると、衝突直後の小球Bの速度 $v_B$ を $v_0$ で表せ。
- (3) 小球Bは、斜面を上がり、高さ $h$ で斜面から飛び出した。このときの速度 $v'_B$ を $F$ 、 $L$ 、 $m$ 、 $h$ 、 $g$ で表せ。
- (4) 斜面から飛び出した小球Bは高さ $H$ の最高点に到達した。 $H$ を $v'_B$ 、 $\theta$ 、 $h$ 、 $g$ で表せ。

- (5) 小球 B は高さ  $H$  の最高点に到達後、高さ  $y_0$  の台の中心に落下した。台に衝突する直前の小球 B の速度の  $y$  方向成分を  $H, y_0, g$  で表せ。
- (6) 台の高さ  $y_0$  が  $\frac{h}{2}$  であったとき、跳ね返った小球 B の最高点の高さは  $h$  となった。このとき、台と小球 B との間の反発係数の大きさを  $H, h$  で表せ。