

平成 21 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

| 学 域 | 学 類 | 解 答 す る 問 題 |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|
| 人間社会学域 | 学 校 教 育 学 類 | I, II, III (3問) |
| 理 工 学 域 | 数 物 科 学 類 | I, II, III, IV, V (5問) |
| | 機 械 工 学 類 | |
| | 電 子 情 報 学 類 | |
| | 環 境 デ ザ イン 学 類 自 然 シ ス テ ム 学 類 | |
| 医 薬 保 健 学 域 | 医 学 類 薬 学 類 ・ 創 薬 科 学 類 | III, IV, V (3問) |
| | 保 健 学 類 | I, II, III (3問) |

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 10 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、保健学類は I, II, III の 3 枚、数物科学類、機械工学類、電子情報学類、環境デザイン学類、自然システム学類は I, II, III, IV, V の 5 枚、医学類、薬学類・創薬科学類は III, IV, V の 3 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

I [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 保健学類]

図1のように長さ L [m] の回転軸が地面から鉛直方向に立っている。その回転軸の上端に水平に長さ R [m] の棒が固定されている。棒の先端に長さ l [m] のひもがついていて、そのひもの他端に質量 m [kg] のおもりがついている。おもりは質点と考えてよい。回転軸の角速度は ω [rad/s] である。角速度が一定のときは、ひもはたるまずに回転軸、棒と同一平面上にあり鉛直下向きと θ [rad] の角度になる。重力加速度は g [m/s²] とする。空気抵抗は無視できる。解に平方根が出てきた場合は平方根のままよい。

- (1) 糸の張力を S [N] として、おもりにはたらく力の鉛直方向のつりあいの式を表せ。
- (2) おもりは水平面内で円運動をしている。その運動方程式を表せ。
- (3) ある角速度で一定回転させたところ、 $\theta = \frac{\pi}{4}$ になった。この時の角速度 ω の大きさを求め、その大きさを L, R, l, m, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) ω が非常に大きくなったとき θ はどの様になるか。糸は切れないとして答えよ。
- (5) 実際はある回転速度で回転しているときに糸は切れた。糸が切れたときの張力は回転していないときの糸の張力の2倍であった。糸が切れたときのおもりの速さを求め、その速さを L, R, l, m, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) 糸が切れてからおもりが地面に到達するまでの時間を求め、それを L, R, l, m, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (7) おもりが地面に到達した点と回転軸までの地面上の直線距離を求め、その距離を L, R, l, m, g の中から必要なものを用いて表せ。

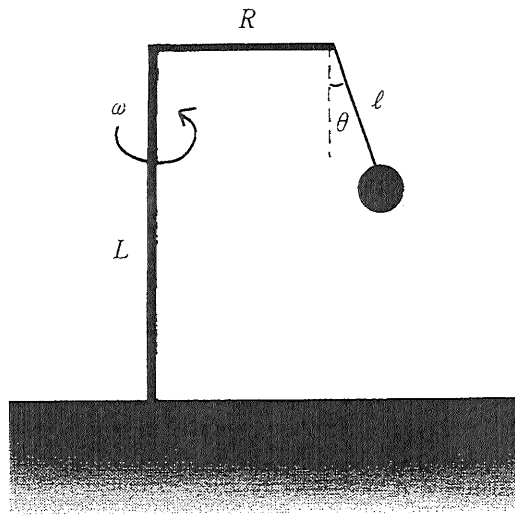


图 1

II [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 保健学類]

図 2 a に示すように, 底面積が $S[\text{m}^2]$ の円筒容器に理想気体が密封されている。ピストンの上には質量 $m[\text{kg}]$ のおもりがのっている。ピストンは断熱材でできており, 軽くて滑らかに動く。一方, 容器は熱伝導のよい材質でできている。最初, 容器内の理想気体は容器周辺の大気と熱平衡にあり, その温度は $T_0[\text{K}]$, 容器の底から測ったピストンの高さは $h_0[\text{m}]$ であった(状態 0)。重力加速度を $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とし, 大気圧の影響は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

(1) 状態 0 での理想気体の圧力を求めよ。

次にピストン上に同じおもりをもう一つのせて質量を $2m[\text{kg}]$ にしたところ, 図 2 b に示すようにピストンの位置が下がって新たな平衡状態に達した(状態 1)。その時の理想気体の温度は T_0 であった。

(2) 状態 1 での理想気体の圧力と体積は, 状態 0 での圧力と体積のそれぞれ何倍か。

(3) 状態 1 からおもりの一つを外して長時間放置したところ, 状態 0 に戻った。この過程において理想気体がした仕事と理想気体が吸収した熱量を求めよ。

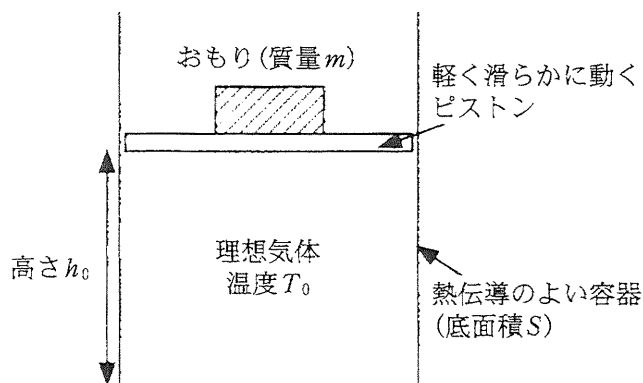
今度は容器を断熱材で覆ってからおもりをもう一つのせ, 質量を $2m$ にして放置したところ, 図 2 c に示すように最終的にピストンの高さ理想気体の温度はそれぞれ $h_2[\text{m}]$, $T_2[\text{K}]$ となった(状態 2)。ただし, 容器, ピストンの熱容量は考えなくてよい。

(4) この過程において, 理想気体にされた仕事と理想気体が吸収した熱量を求めよ。

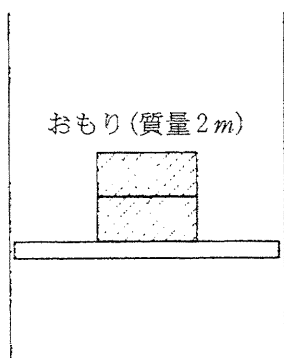
(5) 気体の内部エネルギーは物質量が一定であれば温度が高いほど大きい。温度が $T[\text{K}]$ の時, 容器内の理想気体の内部エネルギー $U[\text{J}]$ はある定数 $K[\text{J}/\text{K}]$ を用いて $U = KT$ と書けるとして, 状態 0 から 2 への過程における理想気体の内部エネルギーの増加を K , T_0 , T_2 を用いて表せ。

次に断熱材を外して長時間放置したところ、最終的に理想気体の体積が状態2の $\frac{5}{7}$ 倍になった(状態3)。

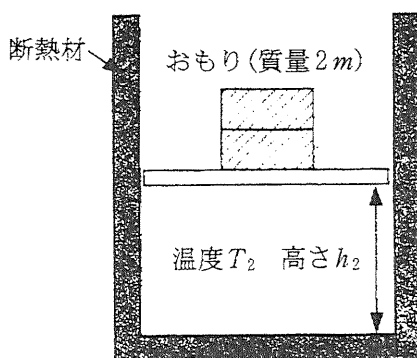
- (6) 状態3における温度は状態2における温度の何倍か。
- (7) 状態1と状態3は同じである、このことから、 h_2 と T_2 を求めよ。
- (8) K の値を m, g, h_0, T_0 を用いて表せ。
- (9) 状態2から状態3への変化において容器内の理想気体と外部との間を移動した熱量を m, g, h_0 を用いて表せ。
- (10) 熱の流れの向きは次のいずれか。(ア)または(イ)で答えよ。
 (ア) [理想気体から外部], (イ) [外部から理想気体]



状態0
図2 a



状態1
図2 b



状態2
図2 c

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 医学類, 保健学類, 薬学類・創薬科学類]

図3aに示すように, 極板間の距離が d [m] で半径が R [m] の2枚の金属円板 A, B からなる平行板コンデンサーを考える。時刻 $t = 0$ [s] においてコンデンサーには電荷は蓄えられていない。図3bに示すように $0 \leq t \leq T_0$ [s] の間は, かける電圧を一定の割合で増加させ(極板 A の電位が極板 B の電位に対して高くなるものとする), $T_0 \leq t \leq 2T_0$ [s] の間は電圧を一定値 V_0 [V] に保ち, $2T_0 \leq t \leq 3T_0$ [s] の間は一定の割合で減少させ, $t = 3T_0$ [s] にコンデンサーにかかる電圧を 0 V にした。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とし, コンデンサーの端での電場(電界)の乱れは無視できるものとして, 以下の問いに答えよ。

(1) コンデンサーの容量 C [F] を求めよ。

以下の問いではコンデンサーが充電される向きを電流の正の向きとし, コンデンサーの容量が必要な時には C [F] を使用せよ。なお, グラフを示す時には, 縦軸の最大値, 最小値を解答用紙の枠内に記すこと。

- (2) 時刻 $t = \frac{3}{2} T_0$ においてコンデンサーに蓄えられている電荷量とコンデンサーを流れる電流を求めよ。
- (3) コンデンサーに蓄えられた電荷量 Q [C] とコンデンサーを流れる電流 I [A] を時間 t の関数として $0 \leq t \leq 3T_0$ の範囲でグラフに示せ。
- (4) コンデンサーに蓄えられている静電エネルギー U [J] とコンデンサーで消費される電力 P [W] を時間 t の関数として $0 \leq t \leq 3T_0$ の範囲でグラフに示せ。
- (5) 次の文章が正しい記述となるように, の中に適切な語句, あるいは値を記入せよ。ただし, (c) は [して], [されて] のいずれかで答えよ。

コンデンサーの静電エネルギーとは, コンデンサーの (a) に要した仕事
がコンデンサーの極板間にできる (b) に蓄えられたエネルギーである。
 $0 \leq t \leq T_0$ ではコンデンサーが仕事を (c) おり, $2T_0 \leq t \leq 3T_0$ ではその
逆である。したがって $0 \leq t \leq 3T_0$ で電力の時間平均は (d) となる。

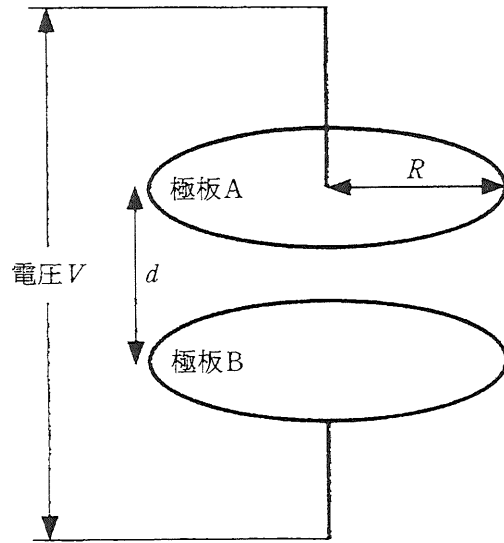


図 3 a

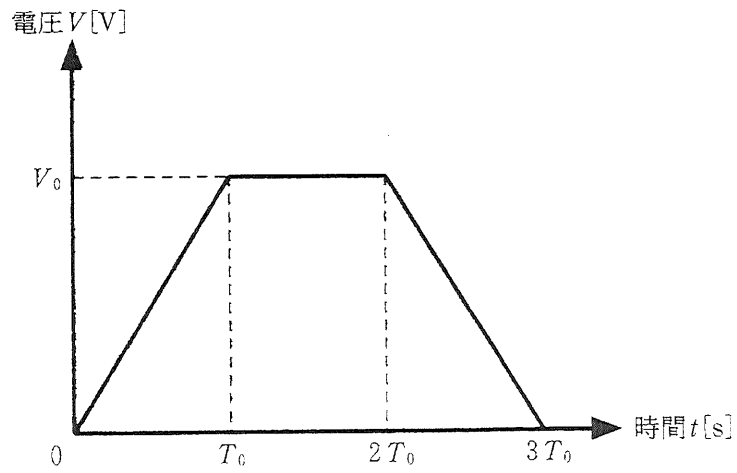


図 3 b

IV [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図4のように, 線密度 ρ [kg/m], 長さ L [m] の弦が張力 S [N] で張られている。弦のまわりに長さ ℓ [m], 3ℓ [m] の閉管 a, c を, 長さ 2ℓ [m], 4ℓ [m] の開管 b, d を図のように配置して, 気柱の共鳴実験を行った。張力 S は, おもりを加えることで自由に変化させることができる。ただし, 最小の張力を S_0 [N] とし, この張力以下ではどの管も共鳴しないことを確認している。また, 弦を伝わる波の速さは $\sqrt{\frac{S}{\rho}}$ [m/s] とし, 弦の振動は基本振動のみを考える。開口端補正は考えなくてよい。

- (1) 張力 S のとき, 長さ L の弦に発生する定常波の基本振動数を L, S, ρ を用いて求めよ。
- (2) 空気中の音速を V [m/s] としたとき, 弦から発生した音波の波長を L, S, ρ, V を用いて求めよ。
- (3) おもりをゆっくり加え, 張力 S を S_0 から増加させ, 張力が S_1 [N] となったとき, 最初の共鳴が聞こえた。最初に共鳴した管は a, b, c, d のどれか答えよ。
- (4) 音速 V を, ℓ, L, S_1, ρ を用いて求めよ。
- (5) 張力を S_1 に固定し, 弦の長さを L からゆっくり変化させたとき, d の管で共鳴が聞こえた。このときの弦の長さは, L の何倍になっているかを求めよ。
- (6) おもりを全て取り除いた後, 弦の長さを L に固定し, 張力 S を S_0 から再びゆっくり上げていくと, すべての管が共鳴する張力を 2 つ観測した。このときの大きい方の張力は小さい方の張力の何倍かを求めよ。

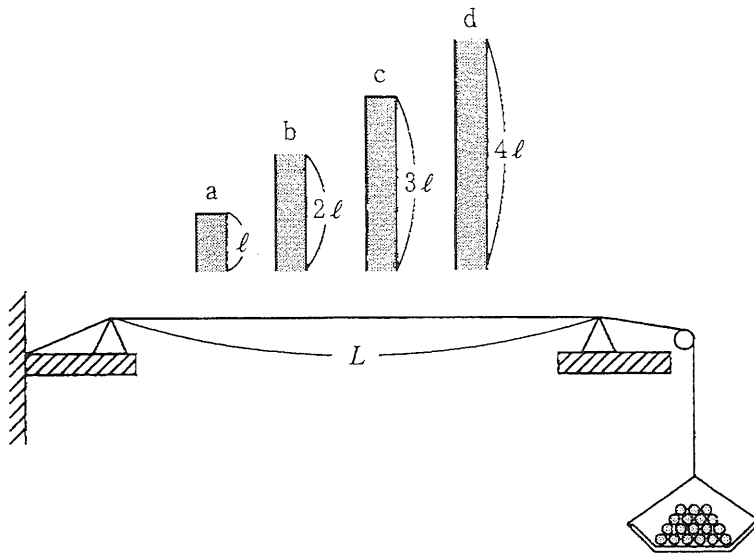


图 4

V [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図5のように、なめらかで段のある水平な床 ab と床 cd の上に、質量 M [kg] で傾斜角 θ [rad] をもつ三角形の台 Q と、質量 $3m$ [kg] で長さ h [m] の台 R がそれぞれ置かれている。台 Q の斜面上の高さ h の場所 A に、質量 m [kg] の小さな物体 P をそっと置いたあとの物体 P と台 Q , R の運動を考える。台 R の左面 CE は、垂直面 bc に接するように置かれている。台 R の上面 CD はあらい面であり、物体 P が CD 上をすべるときの動摩擦係数は μ' である。また面 CD は、台 Q が乗っている水平な床と同じ高さである。ここで、物体 P が台 Q の先端 B を通過し床 ab 上を運動するときは、なめらかにその運動方向を水平方向に変え、力学的エネルギーの損失は生じないこととする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

まず、物体 P が台 Q 上を運動している場合を考える。以下の問いに答えよ。

- (1) 台 Q から物体 P に生じる垂直抗力を N [N], 台 Q の加速度の大きさを a [m/s²] とするとき、台 Q の運動方程式を求めよ。
- (2) 台 Q と一緒に運動している観測者から見た、物体 P に生じる斜面に垂直方向の力の関係式を、 m, N, a, g, θ を用いて求めよ。
- (3) 垂直抗力 N を、 M, m, g, θ を用いて求めよ。
- (4) つぎの文章の空欄を記号 M, m, g, h, θ から適当なものを用いて埋めなさい。

物体 P が台 Q 上を運動しているとき、床 ab 上で静止している観測者から見た物体 P の鉛直方向と水平方向の加速度の大きさはそれぞれ $\boxed{\text{ア}}$ [m/s²], $\boxed{\text{イ}}$ [m/s²] である。そのため、物体 P が高さ $\frac{h}{2}$ に達するときの、物体 P の水平方向の速さは、 $M \cos \theta \sqrt{\boxed{\text{ウ}}}$ [m/s] となる。

つぎに、物体 P が台 Q をすべり降りたのち、物体 P は台 R に向かい一定の速さ V_P [m/s] で、台 Q は反対方向に一定の速さ V_Q [m/s] で運動する。以下の問いに答えよ。

(5) つぎの文章の空欄を適当な記号を用いて埋めなさい。

物体Pが点Aにいるときの物体Pと台Qの全力学的エネルギーは [J], 全運動量は [kg·m/s]であり, また, 物体Pが床ab上を水平方向に運動しているときの物体Pと台Qの全力学的エネルギーは [J], 全運動量は [kg·m/s]である。これらの値に成立する関係を用いることにより, 物体Pと台Qの速さは, それぞれ $V_P =$ [m/s], $V_Q =$ [m/s]と求まる。

(6) 物体Pが台R上を運動しているとき, 物体Pと台Rのそれぞれの加速度の大きさを求めよ。

(7) V_P が $\sqrt{\frac{5}{3}}gh$ [m/s]となるような台Qを用いたとき, 物体Pが台Rをすべり落ちないで台R上で停止するための μ' の条件を求めよ。

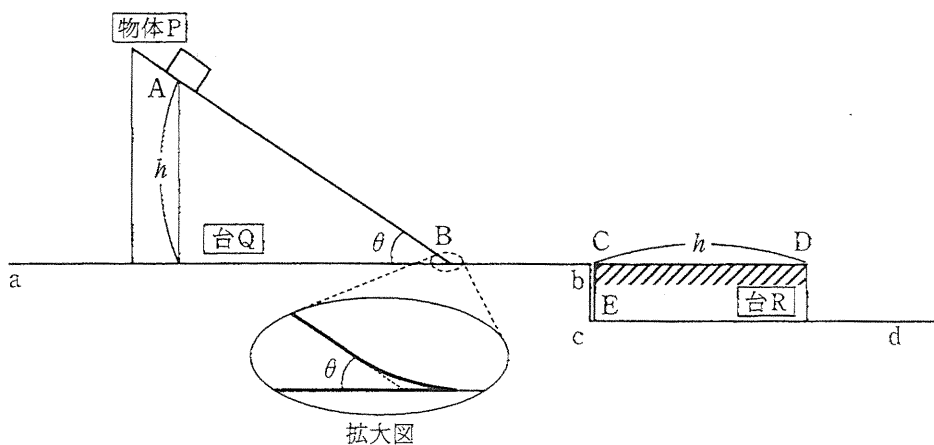


図5