

平成 20 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 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 | I, II, III, IV, V (5問) |
| 医薬保健学域 | 医 学 類 | III, IV, V (3問) |
| | 保 健 学 類 | I, II, III (3問) |
| | 薬学類・創薬科学類 | I, II, III, IV, V (5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、医学類は III, IV, V 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、薬学類・創薬科学類は I, II, III, IV, V の 5 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, 薬学類・創薬科学類]

図1 aのように, 起電力 E [V], 内部抵抗 r [Ω] の電池と, 抵抗 x [Ω] をつなぐ。
以下の問いに答えよ。

- (1) この回路に流れる電流を求めよ。
- (2) 抵抗 x にかかる電圧を求めよ。
- (3) 抵抗 x で消費される電力を求めよ。
- (4) 起電力 10 V, 内部抵抗 1.0 Ω の電池につないだ抵抗の消費電力が 9.0 W であった。これを実現できる抵抗 x の値をすべて求めよ。
- (5) 起電力 10 V, 内部抵抗 1.0 Ω の電池につないだ抵抗 x の値を様々に変えたときに, 抵抗 x で消費される電力の最大値を求めよ。そのときの抵抗 x の値を求めよ。必要ならば, 実数 a, b に対して $(a + b)^2 \geq 4ab$ の関係を用いよ。

電池の内部抵抗と起電力を測定するために, 図1 bのような回路を用いて, 可変抵抗の抵抗値を変え, 電流と電圧を測定した。

- (6) 測定に用いる電圧計と電流計をつなぐことによって, 電池と可変抵抗を流れる電流に変化を生じさせないためには, 図1 bで用いた可変抵抗や電池の内部抵抗に比べて, 電圧計と電流計の内部抵抗は非常に大きいか非常に小さい必要がある。各々の内部抵抗について, 「大きい」か「小さい」かで答えよ。
- (7) 測定された電圧 V [V] を, 起電力 E , 内部抵抗 r , 測定された電流 I [A] を用いて表せ。ただし, 電流計と電圧計をつないだことによる影響はないものとする。
- (8) 測定結果を図1 cに示す。このグラフから推定される, 電池の起電力と内部抵抗を求めよ。有効数字は2桁とする。

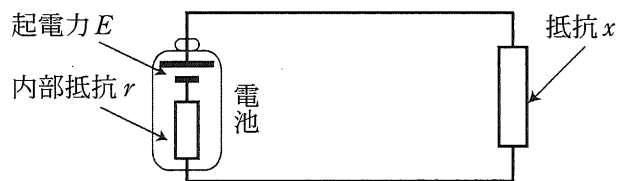


図 1 a

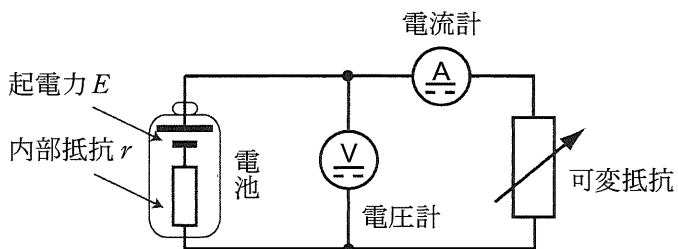


図 1 b

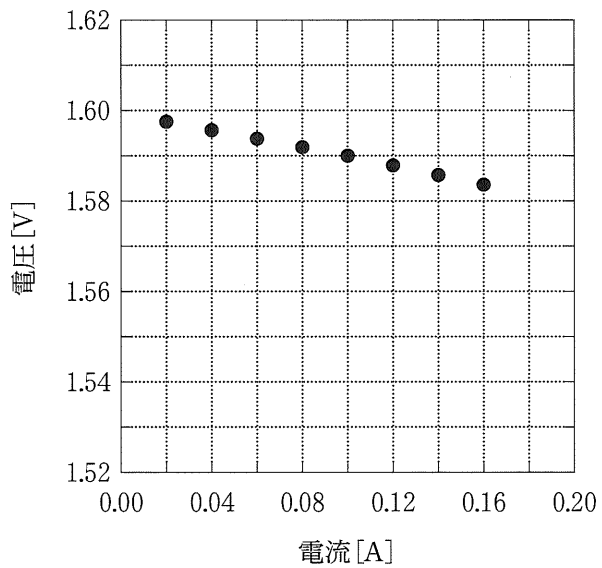


図 1 c

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, 薬学類・創薬科学類]

図2のように, 半径 r [m] の円軌道上を, 質量 $2m$ [kg] の衛星が一定の速さ v_0 [m/s] でまわっている。天体の質量を M [kg], 万有引力定数を G [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$] とする。

- (1) v_0 の大きさを r, G, M を用いて求めよ。
- (2) 衛星の周期を r, G, M を用いて求めよ。

図2のように, 衛星を質量が等しい2つの衛星 a と衛星 b に瞬間的に分離させた。分離の前後で衛星の運動方向に変化はなく, 衛星 a は加速し衛星 b は減速したとする。分離直後の衛星 a と衛星 b の相対速度の大きさを v [m/s] とする。

- (3) 分離直後の衛星 a と衛星 b の速さ v_a [m/s] と v_b [m/s] を運動量保存則より, v と v_0 を用いて求めよ。
- (4) 分離にはエネルギーが必要である。必要なエネルギーを m と v を用いて求めよ。
- (5) 分離直後の相対速度が大きすぎると衛星 a は無限遠に飛び去ってしまう。衛星 a が無限遠に飛び出す最小の相対速度の大きさ v を v_0 だけを用いて求めよ。
- (6) 衛星 a と衛星 b の相対速度の大きさが問(5)の条件より小さいとき, 衛星 a の軌道は遠星点が R [m] の楕円軌道となる。ケプラーの第二法則より遠星点での速さを R, r, v_a を用いて求めよ。

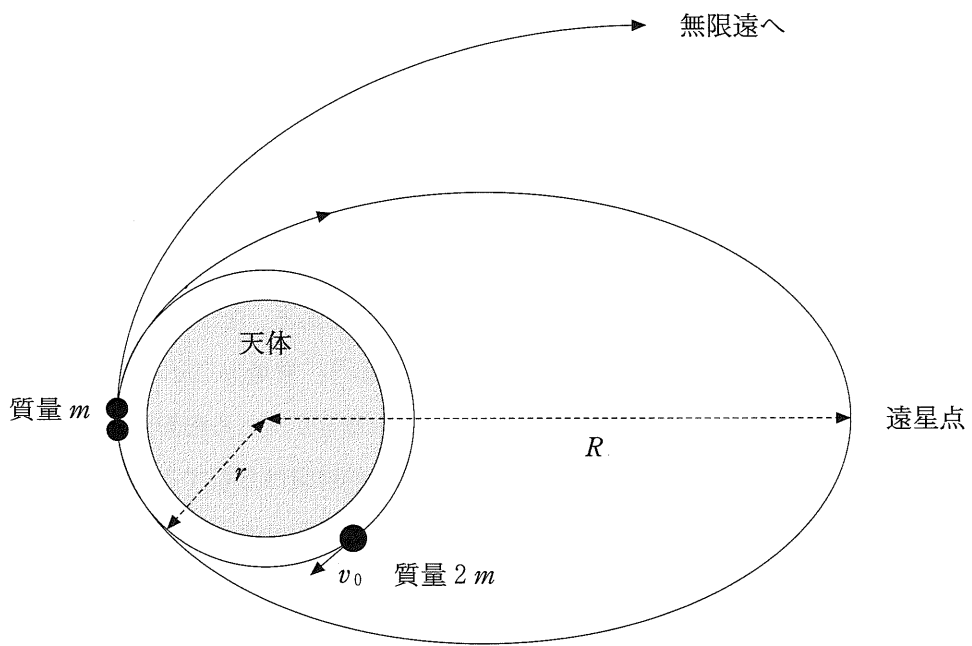


図 2

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3のようなピストンとシリンダーからなる装置が真空中に垂直に立っている。内部には気体が封じられていて、ピストンとシリンダーの隙間からは逃げない。シリンダーには厚みが無視できる薄い2枚のストッパーがあり底面と下のストッパーとの距離は H_0 [m], ストッパー間の距離は H [m] である。ピストンはなめらかに動くことができる。また、ピストンは断面積 S [m²], 質量 m [kg] を持ち、厚さは無視できる。シリンダーには電熱線ヒーターと冷却水が流れる配管がついている。ピストン, シリンダー, ヒーターや冷却水配管の熱容量は無視する。ピストンとシリンダーは外界と十分に断熱されている。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。この装置を以下のように変化させた。

- ・ 始めの状態1で、気体の温度は T_1 [K] であり、ピストンは下のストッパーの位置で触らずにつり合って止まっていた。
- ・ ピストンに質量 M [kg] のおもりをゆっくりとのせたところ、ピストンはストッパーで支えられた。次に、抵抗 R [Ω] のヒーターに電圧 V [V] をかけ電流を流した。この電流を時間 t [s] 流すとピストンはストッパーからちょうど離れて止まった。この状態を状態2とする。
- ・ ヒーターに電流を流し続けると、ピストンは浮き上がり、上のストッパーに触る直前で電流を止めた。この状態を状態3とする。
- ・ ピストンからおもりを取り外す。ピストンは上のストッパーで支えられた。冷却水を流し、ゆっくりと気体を冷却するとやがてピストンがストッパーから離れた。この状態を状態4とする。
- ・ 冷却を続けるとピストンは下がり続け、下のストッパーに触る直前で冷却水を止めた。こうして始めの状態1に戻った。

以下の問いに答えよ。

- (1) 状態1の気体の圧力 P_1 [N/m²] を求めよ。
- (2) 状態1から状態2への変化は(定積変化, 定圧変化, 断熱変化)のどれか答えよ。

- (3) 状態1から状態2への変化による内部エネルギー変化を求めよ。
- (4) 状態2から状態3への変化は(定積変化, 定圧変化, 断熱変化)のどれか答えよ。
- (5) 状態3の気体の絶対温度は状態2の気体の絶対温度の何倍か求めよ。
- (6) 状態2から状態3への変化で, ヒーターの発熱量と気体がした仕事ではどちらが大きいか答えよ。
- (7) 状態2, 3, 4での気体の圧力 P と体積 V を解答欄の $P-V$ 図に示し, 各状態間の変化を実線で示せ。各状態での圧力, 体積の値も示すこと。
- (8) 状態1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1の変化全体で外界にした仕事を求めよ。
- (9) 状態1 \rightarrow 2, 状態2 \rightarrow 3の変化におけるヒーターの発熱量をそれぞれ Q_{12} [J], Q_{23} [J], 状態3 \rightarrow 4, 状態4 \rightarrow 1の変化で気体が冷却水へ与えた熱量をそれぞれ Q_{34} [J], Q_{41} [J]とする。この熱機関の効率を求めよ。

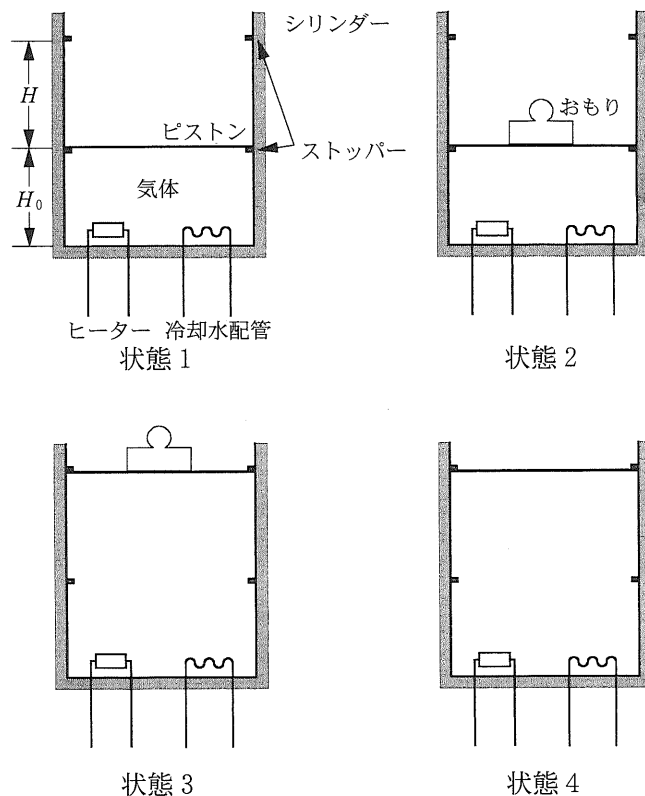


図 3

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, 中が円筒形にくり抜かれたブロックが粗くて水平な床の上に横たわっている。くり抜かれた円筒の内壁はなめらかで, その最下点 Q から, 大きさの無視できる小球が内壁に沿って, 紙面に平行に上昇し, 内壁の一点 P を速さ v [m/s] で通過する。ブロックの質量を M [kg], 小球の質量を m [kg], 円筒の円の半径を r [m], 重力加速度の大きさを g [m/s²], 点 P と円の中心 O を結ぶ線分 PO が鉛直線となす角を θ [rad] として, 以下の問いに答えよ。ただし, $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ であり, M は m に比べて十分大きいとする。また, ブロックは床との間に摩擦があるため, 小球の運動によって動くことはない。

- (1) 小球の最下点 Q での速さを求めよ。
- (2) 点 P において, 小球に生じている, 中心 O に向かう加速度の大きさ a [m/s²] と, その加速度に対して直角をなす方向(下向き)の加速度の大きさ b [m/s²] を求めよ。
- (3) 小球が点 P において内壁から受ける抗力を求め, その抗力を v, M, m, r, g, θ の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 小球が点 P を通過する時に, ブロックが床から受ける垂直抗力と静止摩擦力を求め, それらを v, M, m, r, g, θ の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) もし, 点 P で小球が内壁から離れたとすれば, 加速度の大きさ a と b の間には θ によらず成り立つ関係式がある。その関係式を求めよ。
- (6) 問(5)の場合, 点 P で内壁から離れた小球が更に上昇し, その後落下して, 再び点 P と同じ高さになったとき, 小球は点 P からどれほど離れているか。その距離を v, r, g, θ の中から必要なものを用いて表せ。

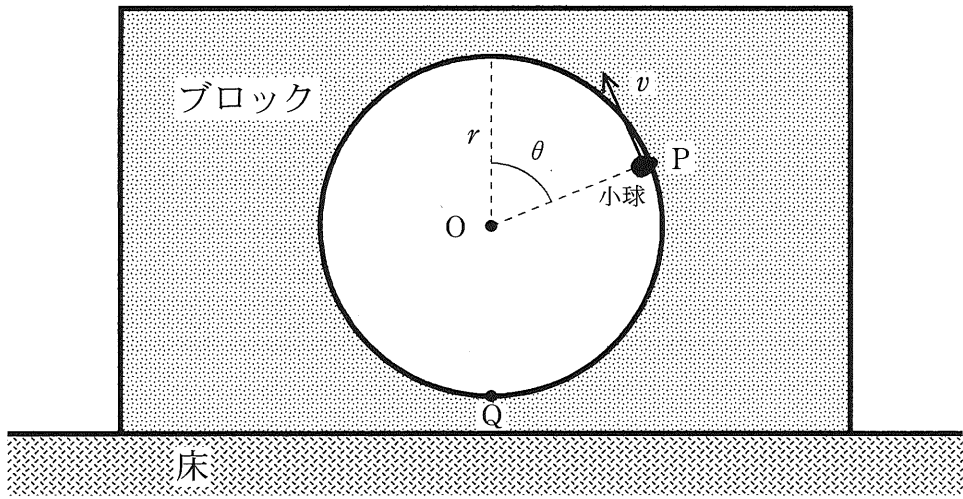


図 4

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に示すように十分に長い透明な水槽内の水面に x 軸の正の方向に伝わる波がある。この波は、振動数 f [Hz]、波長 λ [m]である。側壁と波との摩擦はなく、減衰することなく伝わっている。

上下に開いた十分細かい観測窓がある板をつけた車がある。観察者は、この車に乗って観測窓を通して水面を観測した。次の問いに答えよ。

- (1) はじめに車が静止しているとき、観測窓から水面が上下に振動するのが観測された。この振動数を求めよ。
- (2) 引き続き観察者が静止しているとき、時刻 $t = 0$ に観測された波が観察者からみて時刻 t [s]までに進んだ距離を求めよ。
- (3) 次に車が動き始め、 x 軸の正の方向に一定の速さ v_1 [m/s]で進んだ。このとき観測窓から水面が上下に振動するのが観測された。このときの振動数を求めよ。
- (4) 車の速度をさらに上げ一定の速さになったとき、観測窓から水面の高さは変化しなくなった。このときの車の速さを求めよ。
- (5) その後、車の速度をさらに上げ一定の速さ v_2 [m/s]になった。このとき観測窓から水面が再び上下に振動するのが観測された。このときの振動数を求めよ。
- (6) 車を止めた後、今度は x 軸の負の方向に一定の速さ v_3 [m/s]で進んだ。このとき観測窓から水面が上下に振動するのが観測された。このときの振動数を求めよ。

つぎに右側に壁を持つ十分に長い水槽に上と同じ x 軸の正の方向に伝わる振動数 f [Hz]、波長 λ [m]の波を連続して発生させ十分に時間が過ぎた。観察者は、車の板に開いた観測窓を通して水面を観測した。

- (7) この場合、右側の壁は波に対して(a. 自由端, b. 固定端)か記号で答えよ。
- (8) ある場所で車が静止しているとき、観測窓から水面が上下に振動するのが観測された。このときの振動数を求めよ。

- (9) つぎに車が x 軸の正の方向へ十分にゆっくり動くと、観測窓から水面が静止しているところが等間隔で観測された。この状態が観測される間隔を求めよ。

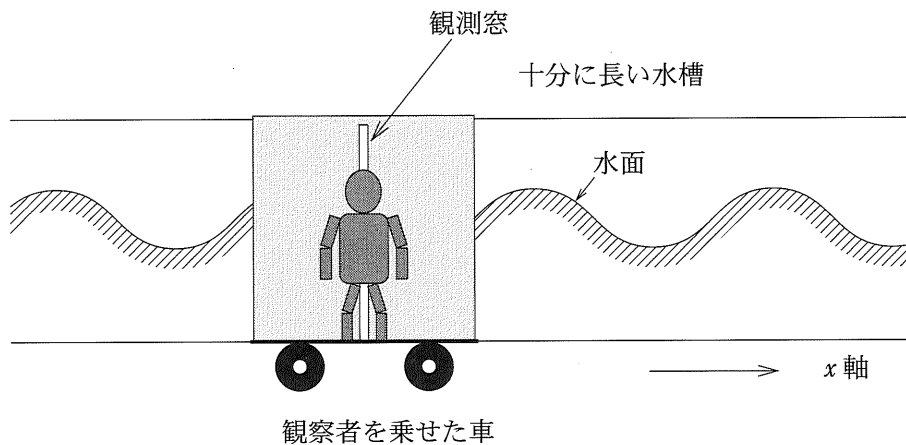


図 5