福井大学

2026 年度　前期日程　物理

（理科 2 科目　120 分）

1 図 1 のように，あらい水平面をもつ台の上に物体 A が置かれている。台は水平方向に動くことができる。物体 A は，幅 b〔m〕，高さ h〔m〕の直方体の剛体であり，密度が一様で，質量は M〔kg〕である。物体 A と台との静止摩擦係数を μ_{A}，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。物体 A の底面の左端に原点 O，水平右向きに X 軸，鉛直上向きに Y 軸をとり，紙面内の運動のみを考える。X 軸正の向きの加速度を台に加える。このとき，物体 A には，X 軸方向に「慣性力」と「台との摩擦力」が，Y 軸方向に「重力」と「台からの垂直抗力」が作用する。空気抵抗は無視できるものとし，慣性力と重力は物体の重心に作用すると考える。

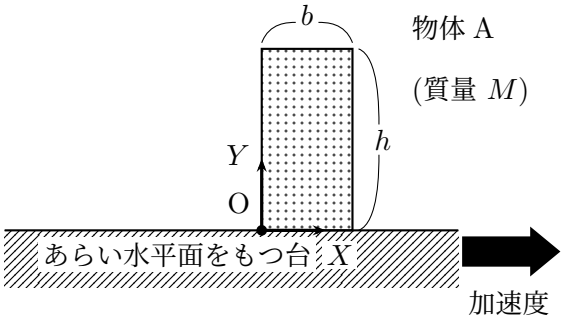

図 1

台の水平方向の加速度の大きさが a_0〔m/s^2〕のとき，物体 A は台に対して静止していた。このとき，以下の**問 1** と**問 2** に答えよ。

問 1　物体 A が台から受ける摩擦力と垂直抗力の大きさを，それぞれ M，a_0，μ_{A}，g，b，h の中から必要な記号を用いて表せ。

問 2　物体 A にはたらく垂直抗力の作用点の座標が $(x$〔m〕$, 0)$ であるとき，点 O のまわりの力のモーメントのつり合いの式を M，a_0，μ_{A}，g，b，h，x の中から必要な記号を用いて表せ。

また，垂直抗力の作用点の X 座標 x を M，a_0，μ_{A}，g，b，h の中から必要な記号を用いて表せ。

台の水平方向の加速度の大きさが a_1〔m/s^2〕のとき，物体 A は，すべらないで，回転して傾いた。回転

軸は点 O を通り X 軸と Y 軸に垂直であった。次の**問 3** に答えよ。

問 3　物体 A が傾き始める瞬間に注目し，台の水平方向の加速度の大きさ a_1 が満たすべき条件として最も適切なものを，次の (ア)〜(エ) から選び，理由を説明せよ。なお，条件の境界を表す等号は考えなくてよいものとする。

(ア) $\dfrac{bg}{h} < a_1 < \dfrac{g}{\mu_{\mathrm{A}}}$　(イ) $\dfrac{bg}{h} < a_1 < \mu_{\mathrm{A}} g$　(ウ) $\dfrac{hg}{b} < a_1 < \mu_{\mathrm{A}} g$　(エ) $\dfrac{hg}{b} < a_1 < \dfrac{g}{\mu_{\mathrm{A}}}$

次に，図 2 のように，あらい水平面をもつ台の上に物体 B を置く。物体 B は物体 $\mathrm{B_T}$ と物体 $\mathrm{B_B}$ からなるが，物体 $\mathrm{B_T}$ と物体 $\mathrm{B_B}$ は完全に一体となるように接合されており，物体 B はひとつの剛体と考えてよい。物体 $\mathrm{B_T}$ と物体 $\mathrm{B_B}$ は，それぞれ，幅が b，高さが $\dfrac{h}{2}$ である直方体で，それぞれの密度は一様で，物体 $\mathrm{B_T}$ の質量を $\dfrac{M}{2} + m$〔kg〕，物体 $\mathrm{B_B}$ の質量を $\dfrac{M}{2} - m$ とする $\left(0 < m < \dfrac{M}{2}\right)$。物体 B と台との静止摩擦係数を μ_{B} とする。物体 B の底面の左端に原点 O，水平右向きに X 軸，鉛直上向きに Y 軸をとり，紙面内の運動のみを考える。以下の**問 4** と**問 5** に答えよ。なお，**問 3** と同様に，条件の境界を表す等号は考えなくてよいものとする。

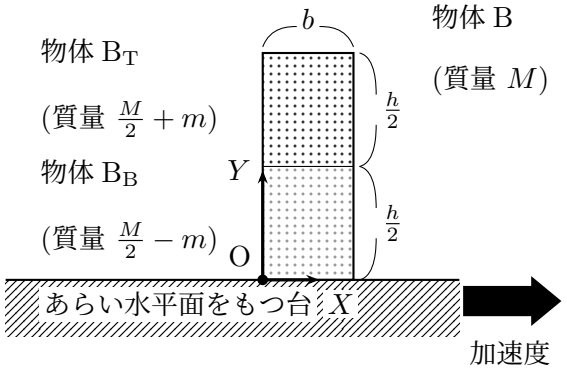

図 2

問 4　物体 B の重心の X 座標と Y 座標（x_{G}〔m〕，y_{G}〔m〕）を，M，m，μ_{B}，g，b，h の中から必要な記号を用いて表せ。

問 5　台の水平方向の加速度の大きさが a_2〔$\mathrm{m/s^2}$〕のとき，物体 B は，すべらないで，回転して傾いた。a_2 が満たすべき条件を M，m，μ_{B}，g，b，h の中から必要な記号を用いて表せ。

2 図 3 のように，n モルの単原子分子理想気体 (以下，「気体」とする) が A → B → C → A の順に状態変化する熱機関を考える。過程 A → B は等積変化，過程 B → C は体積と圧力の関係が一次関数となる変化，過程 C → A は等圧変化である。単位を持たない定数 a (> 1) を用いて，表 1 のように状態 A での体積を aV_0〔m^3〕，圧力を aP_0〔Pa〕，状態 B での体積を aV_0，圧力を P_0，状態 C での体積を V_0，圧力を aP_0 とする。

気体定数を R〔J/(mol·K)〕とし，理想気体の状態方程式が成り立つものとして，以下の**問 1**〜**問 3** に答えよ。

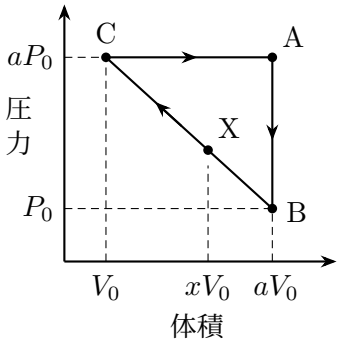

図 3

表 1

状態	体積〔m^3〕	圧力〔Pa〕
A	aV_0	aP_0
B	aV_0	P_0
C	V_0	aP_0

問 1　全過程 A → B → C → A で気体が外部にする仕事 W〔J〕を a，P_0，V_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

問 2　過程 A → B で気体が外部にする仕事 W_{AB}〔J〕，増加した気体の内部エネルギー U_{AB}〔J〕および気体が吸収した熱量 Q_{AB}〔J〕を a，P_0，V_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

問 3　過程 C → A で気体が外部にする仕事 W_{CA}〔J〕，増加した気体の内部エネルギー U_{CA}〔J〕および気体が吸収した熱量 Q_{CA}〔J〕を a，P_0，V_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

図 3 のように過程 B → C の途中で体積が xV_0〔m^3〕$(1 < x < a)$ となる状態を X としたときに，以下の**問 4**〜**問 7** に答えよ。

問 4　状態 X での温度 T_{X}〔K〕が，式 (1) のように表されることを示せ。

$$T_{\mathrm{X}} = -\frac{P_0V_0}{nR}\left\{x^2 - (a+1)x\right\} \tag{1}$$

問 5　過程 B → X で気体が外部にする仕事 W_{BX}〔J〕，吸収する熱量 Q_{BX}〔J〕がそれぞれ式 (2)，式 (3) のように表されることを示せ。

$$W_{\mathrm{BX}} = -\frac{1}{2}P_0V_0\Big\{x^2 - 2(a+1)x + a(a+2)\Big\} \tag{2}$$

$$Q_{\mathrm{BX}} = -\frac{1}{2}P_0V_0\Big\{4x^2 - 5(a+1)x + a(a+5)\Big\} \tag{3}$$

問 6　以下の文中の［（ア）］，［（イ）］に入る式を導出過程を示して，a，P_0，V_0 の中から必要な記号を用いて答えよ。

過程 B → C について，式 (3) から体積が［（ア）］のとき，Q_{BX} は最大の値［（イ）］となることがわかる。したがって過程 B → C のうち体積が aV_0 から［（ア）］まで変化する過程では気体が熱を吸収し，体積が［（ア）］から V_0 に変化する過程では熱を放出することがわかる。

問 7　**問 1**，**問 3** および**問 6** の結果を用いると，この熱機関の熱効率 e が，

$$e = \frac{16(a-1)^2}{\boxed{\text{（ウ）}}a^2 + \boxed{\text{（エ）}}a + \boxed{\text{（オ）}}}$$

となることがわかる。［（ウ）］〜［（オ）］に入る数値を導出過程を示して答えよ。なお，一般に

$$\text{熱機関の熱効率} = \frac{\text{熱機関が外部にした仕事}}{\text{熱機関が吸収した熱量}}$$

と表すことができる。