

# 2014年度 新潟大学 (物理学)

## 概要

(試験概要)

| 解答方式 | 大問数 | 難易度 | 点数 | 時間       |
|------|-----|-----|----|----------|
| 記述式  | 3問  | 標準  |    | 2科目 180分 |

(設問別分析)

| 問題番号 | 領域  | 難易度 | 内容            |
|------|-----|-----|---------------|
| 1    | 力学  | 易しい | 運動する台の斜面を滑る物体 |
| 2    | 光学  | 易しい | 幾何光学          |
| 3    | 熱力学 | 標準  | 熱サイクル         |

# 問題 1

問 1 (a)

$$\text{運動エネルギー} : E_k = \frac{m+M}{2}V^2$$

$$\text{運動量} : p = (m+M)V$$

(b) 運動量保存則より,

$$mv_0 = (m+M)V$$

$$\therefore V = \frac{m}{m+M}v_0$$

また, 力学的エネルギー保存の関係は,

$$\frac{m}{2}v_0^2 = \frac{m+M}{2}V^2 + mgh$$

$$\therefore h = \frac{M}{2g(m+M)}v_0^2$$

(c) このときの物体 A および物体 B の速度をそれぞれ  $v_A$ ,  $v_B$  とすると, 運動量保存の関係および力学的エネルギー保存の関係は次のように書ける。

$$mv_0 = Mv_A + mv_B$$

$$\frac{m}{2}v_0^2 = \frac{M}{2}v_A^2 + \frac{m}{2}v_B^2$$

以上の二式より,

$$v_A = \frac{2v_0}{m+M}$$

$$v_B = -\frac{m-M}{m+M}v_0$$

問 2 (a)

$$M\alpha_A = N \sin \theta$$

(b)

$$m\alpha_B = m(g \sin \theta + \alpha_A \cos \theta)$$

(c)

$$N = m(g \cos \theta - \alpha_A \sin \theta)$$

(d) 以上の結果を整理すると,

$$\alpha_B = \frac{(m+M)g \sin \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

## 問題 2

(1)

問 1

$$d\left(\frac{l}{a+b} - 1\right) \leq x \leq d\left(\frac{l}{a} - 1\right)$$

問 2 光源 S からスクリーンに直接達する光と、鏡で反射された後にスクリーンに達する光との経路差  $\Delta l$  は,

$$\Delta l = \sqrt{(x+d)^2 + l^2} - \sqrt{(x-d)^2 + l^2} \doteq \frac{2xd}{l}$$

鏡での反射により光の位相は逆転することを考慮すると、明線のできる条件は次のようになる。

$$\frac{2xd}{l} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

問 3 問 2 の結果より、明線の間隔は

$$\frac{l\lambda}{2d}$$

問 4 9 本

問 5 赤, 緑, 紫の順。

### 問題3

問1 ボイル・シャルルの法則より,

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{\frac{3}{2} P_0 V_0}{T_B}$$
$$\therefore T_B = \frac{3}{2} T_0$$

状態 C, D についても同様に求まる。

$$T_C = \frac{3}{2} T_0$$
$$T_D = \frac{V_1}{2V_0} T_0$$

問2 過程 B → C で気体がした仕事  $W_{BC}$  は, グラフより,

$$W_{BC} = \frac{1}{2} \left( \frac{P_0}{2} + \frac{3}{2} P_0 \right) (3V_0 - V_0) = 2P_0 V_0$$

問3 D → A のプロセスは断熱環境下におけるものなので, 気体のされる仕事の大きさはこのプロセスにおける内部エネルギー変化に等しい。

$$\therefore W_{AD} = C_V (T_A - T_D)$$
$$= C_V \left( T_0 - \frac{V_1}{2V_0} T_0 \right)$$

$W_{AD} > 0$ ,  $C_V > 0$  なので, 上式より  $T_A > T_D$ 。

問4 グラフより, 直線 BC の方程式は,

$$P = -\frac{P_0}{2V_0} V + 2P_0$$

よって, この方程式とボイル・シャルルの法則より,  $T$  と  $P$  の関係を求めると,

$$T = -\frac{2T_0}{P_0^2} P^2 + \frac{4T_0}{P_0} P$$

問5 略

問6 C → D のプロセスは定圧プロセスなので, このプロセスにおいて気体が吸収した熱量  $Q_{CD}$  は,

$$Q_{CD} = C_p (T_D - T_C) = C_p \left( \frac{V_1}{2V_0} - \frac{3}{2} \right) T_0$$

また, このプロセスにおいて気体がした仕事  $W_{CD}$  は,

$$W_{CD} = P_C (V_D - V_C) = \frac{P_0}{2} (V_1 - 3V_0)$$

加えて, 内部エネルギー変化  $\Delta U_{CD}$  は, 定積モル比熱  $C_v$  を利用すると,

$$\Delta U_{CD} = C_v (T_D - T_C) = C_v \left( \frac{V_1}{2V_0} - \frac{3}{2} \right) T_0$$

以上3式と熱力学第一法則より, 問題に示された結果が得られる。