

## 第1問

問1

$$v_Q = \sqrt{2g(2r+h)}$$

問2

$$v_S = \sqrt{2gh}$$

問3

$$N = \left(\frac{2h}{r} - 1\right)mg$$

問4

$$h_0 = \frac{r}{2}$$

問5

(導出過程)

図の右向き ( $v_Q$  の方向) 正として, 運動量保存則から  $0 = mv'_Q - MV'_Q$

力学的エネルギー保存則から,  $mg(h+2r) = \frac{1}{2}mv'^2_Q + \frac{1}{2}MV'^2_Q$

$$2 \text{ 式から, } v'_Q = \sqrt{\frac{2Mg(h+2r)}{M+m}} \quad V'_Q = m\sqrt{\frac{2g(h+2r)}{M(M+m)}}$$

$$v'_Q = \sqrt{\frac{2Mg(h+2r)}{M+m}} \quad V'_Q = m\sqrt{\frac{2g(h+2r)}{M(M+m)}}$$

## 第2問

### 問1

(イ)

### 問2

$x$  成分 =  $v_0$

$y$  成分 =  $\frac{qE_1 x_1}{mv_0}$

### 問3

$$B_1 = \frac{mv_0}{qx_1}$$

### 問4

$$B_2 = \frac{E_1}{v_0}$$

### 問5

電場からされた仕事 =  $qE_1 y_1$

磁場からされた仕事 = 0

### 第3問

#### 問1

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{n_1 R}$$

#### 問2

$$T_2 = \frac{P_1 V_1}{n_1 R}$$

$$P_2 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} P_1$$

#### 問3

(導出過程)

断熱過程において、熱の出入りはない。また、ピストンは動かないので熱力学第一法則より、内部エネルギーの変化=0である。

よって、 $\frac{3}{2}n_1RT_1 + \frac{3}{2}n_2RT_2' = \frac{3}{2}(n_1+n_2)RT_3$  ただし、 $T_2'$ は混合前の容器3の絶対温度である。

また、状態方程式から、混合前において、 $P_1V_1 = n_1RT_1$   $P_2V_2 = n_2RT_2'$

以上より、 $T_3 = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{(n_1+n_2)R}$

$$T_3 = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{(n_1+n_2)R}$$

#### 問4

(a)

#### 第 4 問

##### 問 1

$$f_1 = \frac{V_0}{V_0 - v} f_0$$

##### 問 2

$$f_2 = \frac{V_0}{V_0 + v} f_0$$

##### 問 3

$$\frac{2V_0 v f_0}{V_0^2 - v^2}$$

##### 問 4

$$f_3 = \frac{V_0 - v}{V_0 + v} f_0$$

##### 問 5

$$f_3 = 169 \text{ Hz}$$