1　解答例

(1) 小球 P の初速度の x 成分, y 成分はそれぞれ, $v_0 \cos\theta$, $v_0 \sin\theta$ である。
時刻 t における小球 P の座標を, $(x_\mathrm{P}, y_\mathrm{P})$ と定義する。

放物運動では x 軸方向の運動は等速直線運動になるので, $x_\mathrm{P} = v_0 t \cos\theta$
y 軸方向の運動は鉛直投げ上げと同じ運動になるので, $y_\mathrm{P} = v_0 t \sin\theta - \frac{1}{2} g t^2$

(2) 小球 Q は自由落下運動である。時刻 t における小球 Q の座標を, $(x_\mathrm{Q}, y_\mathrm{Q})$ と定義する。

x 軸方向の速度は 0 なので, $x_\mathrm{Q} = a$
y 軸方向は初速度 0 の等加速度運動になるので, $y_\mathrm{Q} = b - \frac{1}{2} g t^2$

衝突するための条件は, $x_\mathrm{P} = x_\mathrm{Q}$, $y_\mathrm{P} = y_\mathrm{Q}$ なので,
$v_0 t \cos\theta = a$ …①,
$v_0 t \sin\theta - \frac{1}{2} g t^2 = b - \frac{1}{2} g t^2$ となり $v_0 t \sin\theta = b$ …②, ②/①より, $\tan\theta = \frac{b}{a}$

(3) 小球 Q は, 斜面に沿う下向きの等加速度直線運動をする。この時の加速度は $g\sin\alpha$ となる。

斜面上の原点 O から小球 Q までの距離を l と定義する。
初速度 0 の等加速度直線運動なので, $l = \frac{1}{2} g t^2 \sin\alpha$

時刻 t における小球 Q の座標を, $(x_\mathrm{Q2}, y_\mathrm{Q2})$ と定義する。 x_Q2, y_Q2 を l で表すと,

$$x_\mathrm{Q2} = l\cos\alpha = \frac{1}{2} g t^2 \sin\alpha \cos\alpha$$

$$y_\mathrm{Q2} = -l\sin\alpha = -\frac{1}{2} g t^2 \sin^2\alpha$$

(4) 衝突するための条件は, $x_\mathrm{P} = x_\mathrm{Q2}$, $y_\mathrm{P} = y_\mathrm{Q2}$ なので,

$v_0 t \cos\theta = \frac{1}{2} g t^2 \sin\alpha \cos\alpha$ …③,
$v_0 t \sin\theta - \frac{1}{2} g t^2 = -\frac{1}{2} g t^2 \sin^2\alpha$ となり $v_0 t \sin\theta = \frac{1}{2} g t^2 \cos^2\alpha$ …④, ④/③より,

$$\tan\theta = \frac{\frac{1}{2} g t^2 \cos^2\alpha}{\frac{1}{2} g t^2 \sin\alpha \cos\alpha} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{1}{\tan\alpha}$$

2

解答例

1. $\dfrac{mg}{k_1+k_2}\sin\alpha$

2. k_1+k_2

3. $\sqrt{\dfrac{k_1+k_2}{m}}$

4. $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_1+k_2}}$

5. $g\sin\alpha\sqrt{\dfrac{m}{k_1+k_2}}$

6. $\dfrac{mg}{k_1}\sin\alpha$

7. $\dfrac{k_1+k_2}{k_1k_2}mg\sin\alpha$

8. $\dfrac{k_1k_2}{k_1+k_2}$

9. $2\pi\sqrt{\dfrac{m(k_1+k_2)}{k_1k_2}}$

10. $g\sin\alpha\sqrt{\dfrac{m(k_1+k_2)}{k_1k_2}}$

3 解答例

(ア) 静電気力

(イ) 斥力

(ウ) 引力

(エ) クーロン

(オ) $F = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

(カ) x 軸の正

(1) 4.7×10^4

(2) 2.8×10^5

(3) 5.0×10^5

(4) 2.2

4 解答例

(1) 単原子分子理想気体の物質量を n〔mol〕とすると，理想気体の状態方程式より，

$$n = \frac{1.0 \times 10^5 \times 7.0}{8.3 \times 300} = \frac{7.0}{0.83 \times 3} \times 10^2 = 2.81 \cdots \times 10^2 \fallingdotseq 2.8 \times 10^2 \text{ [mol]}$$

(2) 容器 L 内の圧力をP_{L}とすると，ボイルの法則より，

$$P_{\mathrm{L}} = \frac{7.0}{0.050} \times 1.0 \times 10^5 = 1.4 \times 10^7 \text{ [Pa]}$$

(3) 状態 2 のときの容器 L 内と容器 R 内の物質量をそれぞれn_{L}，n_{R}とする。一方，状態 2 では容器 L 内と容器 R 内の圧力は等しい。それをPとすると，次の状態方程式が成り立つ。

$$P \times 0.050 = n_{\mathrm{L}} \times 8.3 \times 300$$

$$P \times 0.050 = n_{\mathrm{R}} \times 8.3 \times 3$$

これらを連立すると，$n_{\mathrm{L}} \times 8.3 \times 300 = n_{\mathrm{R}} \times 8.3 \times 3$より，$100n_{\mathrm{L}} = n_{\mathrm{R}}$を得る。よって，容器 L 内の気体の物質量は，容器 R 内の気体の物質量の1.0×10^{-2} 倍である。

(4) まずn_{L}を求める。(3)より、$n = n_{\mathrm{L}} + n_{\mathrm{R}} = n_{\mathrm{L}} + 100n_{\mathrm{L}} = 101n_{\mathrm{L}}$

$$\therefore n_{\mathrm{L}} = \frac{1}{101}n = \frac{1}{101} \times 2.81 \times 10^2 = 2.78 \cdots \fallingdotseq 2.8 \text{ [mol]}$$

状態方程式より，状態 2 での容器 L 内の圧力は，

$$\therefore P = \frac{2.78 \times 8.3 \times 300}{0.05} = \frac{2.78 \times 0.83 \times 3.0}{5} \times 10^5 = 1.38 \cdots \times 10^5 \fallingdotseq 1.4 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

(5) 一般に，温度 Tで物質量 n の単原子分子理想気体の内部エネルギーUは，$U = 3nRT/2$で与えられる。ここで，Rは気体定数である。よって，状態 1 のときの気体の内部エネルギーU_1は，

$$U_1 = \frac{3}{2} \times n \times R \times 300$$

一方，状態 2 のときの内部エネルギーU_2は，

$$U_2 = \frac{3}{2} \times n_{\mathrm{L}} \times R \times 300 + \frac{3}{2} \times n_{\mathrm{R}} \times R \times 3$$

$$\therefore \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{3}{2} \times R \times (300n_{\mathrm{L}} + 3n_{\mathrm{R}})}{\frac{3}{2} \times n \times R \times 300} = \frac{3(100n_{\mathrm{L}} + n_{\mathrm{R}})}{300n} = \frac{3\left(\frac{100}{101}n + \frac{100}{101}n\right)}{300n} = \frac{2}{101}$$

$$= 0.0198 \cdots \fallingdotseq 2.0 \times 10^{-2} \text{倍}$$