２０２３年　広島大本番レベル模試・物理

解答・解説・採点基準

全３問　６０分　１００点満点

I　（３３点）

【解答・採点基準】

問 1

衝突後の物体 B の速度を v_1' とすると，運動量保存則，および反発係数の定義式より

$$\begin{cases} mv_0 = Mv_1 + mv_1' \\ 1 = -\dfrac{v_1' - v_1}{v_0 - 0} \end{cases}$$

$$\therefore \begin{cases} v_1 = \dfrac{2m}{M+m}v_0 \\ v_1' = -\dfrac{M-m}{M+m}v_0 \end{cases}$$

となる。

（答）$v_1 = \dfrac{2m}{M+m}v_0$

問 1　6 点

＊運動量保存則の立式に 1 点

＊反発係数の定義式の立式に 1 点

＊答に 4 点

問 2

(1)

(あ) 弾性力

(い) (動)摩擦力

(う) 保存

(a) $\dfrac{1}{2}Mv_1^2$

(b) $\dfrac{1}{2}kL^2$

(c) $-\dfrac{\mu_1 Mg}{k} + \sqrt{\left(\dfrac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \dfrac{Mv_1^2}{k}}$

問 2　21 点

(1)　15 点

(あ)　2 点

(い)　2 点

(う)　2 点

(a)　3 点

(b)　3 点

(c)　3 点

(2)

$x=L$において，物体 A に働く最大摩擦力が弾性力以上であればよいから

$$\mu_0 Mg \geqq kL$$

$$\Leftrightarrow \mu_0 Mg \geqq k\left\{-\frac{\mu_1 Mg}{k}+\sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{M{v_1}^2}{k}}\right\}$$

$$\Leftrightarrow (\mu_0+\mu_1)Mg \geqq \sqrt{(\mu_1 Mg)^2+Mk{v_1}^2}$$

$$\Leftrightarrow (\mu_0+\mu_1)^2(Mg)^2 \geqq (\mu_1 Mg)^2+Mk{v_1}^2$$

$$\therefore v_1 \leqq g\sqrt{\frac{\mu_0(\mu_0+2\mu_1)M}{k}}$$

となる。

（答） $v_1 \leqq g\sqrt{\dfrac{\mu_0(\mu_0+2\mu_1)M}{k}}$

問 3

物体 A が物体 B と衝突してから再び$x=0$に戻ってくるまでに動摩擦力が物体 A に対してした仕事は

$$-\mu_1 Mg\cdot 2L$$

であるから，エネルギーと仕事の関係より

$$0-\frac{1}{2}M{v_1}^2=-\mu_1 Mg\cdot 2L$$

$$\Leftrightarrow {v_1}^2=4\mu_1 gL$$

$$\Leftrightarrow {v_1}^2=4\mu_1 g\left\{-\frac{\mu_1 Mg}{k}+\sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{M{v_1}^2}{k}}\right\}$$

$$\Leftrightarrow \frac{{v_1}^2}{4\mu_1 g}+\frac{\mu_1 Mg}{k}=\sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{M{v_1}^2}{k}}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{{v_1}^2}{4\mu_1 g}+\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2=\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{M{v_1}^2}{k}$$

$$\therefore v_1=2\mu_1 g\sqrt{\frac{2M}{k}}$$

となる。

（答） $v_1=2\mu_1 g\sqrt{\dfrac{2M}{k}}$

問 3 [別解]

(2)　6 点

***物体 A についての条件を立式して 2 点**

***答に 4 点**

問 3　6 点

***摩擦力のした仕事を求めて 1 点**

***エネルギーと仕事の関係を立式して 1 点**

***答に 4 点**

問 3［別解］　6 点

物体 A が x 軸負の向きに進んでいるとき，物体 A の加速度を，x 軸正の向きを正として a_1 とすると，運動方程式より

$$
\begin{aligned}
Ma_1 &= -kx + \mu_1 Mg \\
&= -k\left(x - \frac{\mu_1 Mg}{k}\right) \\
\therefore a_1 &= -\frac{k}{M}\left(x - \frac{\mu_1 Mg}{k}\right)
\end{aligned}
$$

となる。よって，中心 $x = \dfrac{\mu_1 Mg}{k}$ の単振動をするから，振幅 $\dfrac{L}{2}$ が $\dfrac{\mu_1 Mg}{k}$ と等しく

$$
\begin{aligned}
&\frac{\mu_1 Mg}{k} = \frac{L}{2} \\
&\Leftrightarrow \frac{2\mu_1 Mg}{k} = -\frac{\mu_1 Mg}{k} + \sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \frac{Mv_1{}^2}{k}} \\
&\Leftrightarrow \frac{3\mu_1 Mg}{k} = \sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \frac{Mv_1{}^2}{k}} \\
&\Leftrightarrow 9\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 = \left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \frac{Mv_1{}^2}{k} \\
&\therefore v_1 = 2\mu_1 g\sqrt{\frac{2M}{k}}
\end{aligned}
$$

となる。

（答）$v_1 = 2\mu_1 g\sqrt{\dfrac{2M}{k}}$

***運動方程式を立式して 1 点**

*** $\dfrac{\mu_1 Mg}{k} = \dfrac{L}{2}$ およびそれと同値な式が立式できて 1 点**

***答に 4 点**