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	問 2　21 点
(1)	(1)　15 点
(あ) 弾性力	(あ)　2 点
(い) (動)摩擦力	(い)　2 点
(う) 保存	(う)　2 点
(a) $\dfrac{1}{2}Mv_1^2$	(a)　3 点
(b) $\dfrac{1}{2}kL^2$	(b)　3 点
(c) $-\dfrac{\mu_1 Mg}{k} + \sqrt{\left(\dfrac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \dfrac{Mv_1^2}{k}}$	(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

$$\mu_0 Mg \geqq kL$$
$$\Leftrightarrow \mu_0 Mg \geqq k\left\{-\frac{\mu_1 Mg}{k}+\sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{Mv_1^{\,2}}{k}}\right\}$$
$$\Leftrightarrow (\mu_0+\mu_1)Mg \geqq \sqrt{(\mu_1 Mg)^2+Mkv_1^{\,2}}$$
$$\Leftrightarrow (\mu_0+\mu_1)^2(Mg)^2 \geqq (\mu_1 Mg)^2+Mkv_1^{\,2}$$
$$\therefore v_1 \leqq g\sqrt{\frac{\mu_0(\mu_0+2\mu_1)M}{k}}$$

となる。

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

(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

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

$$0-\frac{1}{2}Mv_1^{\,2}=-\mu_1 Mg\cdot 2L$$
$$\Leftrightarrow v_1^{\,2}=4\mu_1 gL$$
$$\Leftrightarrow v_1^{\,2}=4\mu_1 g\left\{-\frac{\mu_1 Mg}{k}+\sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{Mv_1^{\,2}}{k}}\right\}$$
$$\Leftrightarrow \frac{v_1^{\,2}}{4\mu_1 g}+\frac{\mu_1 Mg}{k}=\sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{Mv_1^{\,2}}{k}}$$
$$\Leftrightarrow \left(\frac{v_1^{\,2}}{4\mu_1 g}+\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2=\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2+\frac{Mv_1^{\,2}}{k}$$
$$\therefore v_1=2\mu_1 g\sqrt{\frac{2M}{k}}$$

となる。

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

問 3　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]

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 $$Ma_1 = -kx + \mu_1 Mg$$ $$= -k\left(x - \frac{\mu_1 Mg}{k}\right)$$ $$\therefore a_1 = -\frac{k}{M}\left(x - \frac{\mu_1 Mg}{k}\right)$$ 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 $$\frac{\mu_1 Mg}{k} = \frac{L}{2}$$ $$\Leftrightarrow \frac{2\mu_1 Mg}{k} = -\frac{\mu_1 Mg}{k} + \sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \frac{Mv_1{}^2}{k}}$$ $$\Leftrightarrow \frac{3\mu_1 Mg}{k} = \sqrt{\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \frac{Mv_1{}^2}{k}}$$ $$\Leftrightarrow 9\left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 = \left(\frac{\mu_1 Mg}{k}\right)^2 + \frac{Mv_1{}^2}{k}$$ $$\therefore v_1 = 2\mu_1 g\sqrt{\frac{2M}{k}}$$ 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

〔Ⅱ〕　（３４点）

【解答・採点基準】

解答	採点基準
問 1	問 1　17 点
(1)	(1)　8 点
$\boxed{ア}$ $\dfrac{L}{V+v_{\mathrm{B}}}$	ア～エ　各 2 点×4
$\boxed{イ}$ $\dfrac{L}{V+v_{\mathrm{B}}}+\dfrac{V+v_{\mathrm{A}}}{V+v_{\mathrm{B}}}\cdot\dfrac{1}{f}$	
$\boxed{ウ}$ $\dfrac{V+v_{\mathrm{B}}}{V+v_{\mathrm{A}}}f$	
$\boxed{エ}$ 小さく	
(2)	(2)　9 点
$\boxed{オ}$ $\dfrac{1}{\lvert f_{\mathrm{P}}-f_{\mathrm{Q}}\rvert}$　($\dfrac{1}{f_{\mathrm{Q}}-f_{\mathrm{P}}}$ も可)	オ　1 点
$\boxed{カ}$ 小さく	カ～ケ　各 2 点×4
$\boxed{キ}$ $\dfrac{f_{\mathrm{Q}}-f_{\mathrm{P}}}{f_{\mathrm{P}}+f_{\mathrm{Q}}}V$	
$\boxed{ク}$ $\dfrac{V-v_{\mathrm{R}}}{2Tv_{\mathrm{R}}}$	
$\boxed{ケ}$ $\dfrac{V+v_{\mathrm{R}}}{2Tv_{\mathrm{R}}}$	

問 2

①	$2T_0$
②	$2p_0V_0$
③	$5p_0V_0$
④	$p\mathit{\Delta}V$
⑤	$\dfrac{p_0\mathit{\Delta}V}{V_0}\left(-4V+10V_0\right)$　（$\dfrac{1}{2V_0}\left(5pV_0-3p_0V\right)\mathit{\Delta}V$ も可）
⑥	$\dfrac{5}{2}V_0$
⑦	$\dfrac{7}{8}p_0V_0$
⑧	$\dfrac{1}{2}p_0V_0$
⑨	$\dfrac{3}{14}$

問 2 17 点

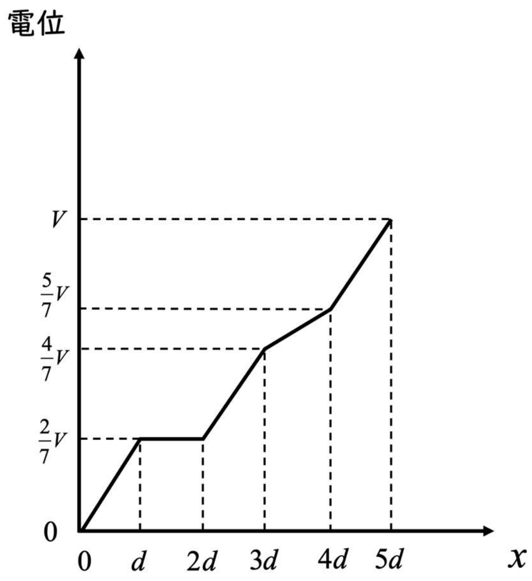
① 1 点

②～⑨ 各 2 点×8

〔Ⅲ〕　（３３点）

【解答・採点基準】

問 1　$\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V$	問 1　4 点
問 2 操作Ｉの間における回路全体の静電エネルギー変化は $\dfrac{1}{2}\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V^2$で，電源のした仕事は$\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V^2$であるから，回路全体のエネルギー保存則より，求めるジュール熱は $\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V^2-\dfrac{1}{2}\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V^2=\dfrac{\varepsilon_0 S}{10d}V^2$	問 2　5 点 *回路全体の静電エネルギー変化に 1 点 *電源のした仕事に 1 点 *答に 3 点
問 3　$-\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V$	問 3　4 点
問 4 極板Ａと極板Ｄからなるコンデンサーは，電気量$\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V$が蓄えられている電気容量$\dfrac{\varepsilon_0 S}{4d}$の平行極板コンデンサーと等価であるから，求める静電エネルギーは， $\dfrac{1}{2}\times\left(\dfrac{\varepsilon_0 S}{5d}V\right)^2\div\dfrac{\varepsilon_0 S}{4d}=\dfrac{2\varepsilon_0 S}{25d}V^2$	問 4　5 点 *答に 5 点
問 5　$\dfrac{2\varepsilon_0 S}{7d}V$	問 5　4 点
問 6	問 6　6 点



*グラフの概形があっていて **3点**

*各位置における電位の値がすべてあっていて **3点**

問 7

誘電体を引き抜く前の回路全体の静電エネルギー U_1 は

$$U_1 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{7}\frac{\varepsilon_0 S}{d} \times V^2$$
$$= \frac{1}{7}\frac{\varepsilon_0 S}{d} V^2$$

誘電体を引き抜く前後で, 4 枚の極板に蓄えられた電気量は変わらないが, 極板 AD 間の電圧は $\frac{8}{7}V$ に変化したから, 誘電体を引き抜いた後の回路全体の静電エネルギー U_2 は

$$U_2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{7}\frac{\varepsilon_0 S}{d} V \times \frac{8}{7} V$$
$$= \frac{8}{49}\frac{\varepsilon_0 S}{d} V^2$$

したがって, エネルギー保存則より求める仕事は

$$U_2 - U_1 = \frac{8}{49}\frac{\varepsilon_0 S}{d} V^2 - \frac{1}{7}\frac{\varepsilon_0 S}{d} V^2$$

$$= \frac{\varepsilon_0 S}{49d} V^2$$

問 7 **5点**

*誘電体を引き抜く前の回路全体の静電エネルギーに **1点**

*誘電体を引き抜いた後の回路全体の静電エネルギーに **1点**

*答に **3点**