

2024年 広島大本番レベル模試・物理

採点基準

全4問 60分 100点満点

[I] (25点)

【解答・採点基準】

問1

求める速さを v_1 とすると、力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mg(r - r\cos\theta)$$

$$\therefore v_1 = \sqrt{v^2 - 2gr(1 - \cos\theta)}$$

(答) $\sqrt{v^2 - 2gr(1 - \cos\theta)}$

問2

求める垂直抗力の大きさを F とすると、DO方向の運動方程式より、

$$m\frac{v_1^2}{r} = F - mg\cos\theta$$

$$\therefore F = m\frac{v^2}{r} - 2mg + 3mg\cos\theta$$

(答) $m\frac{v^2}{r} - 2mg + 3mg\cos\theta$

問3

小物体が半円部分の点P ($\angle COP = \alpha$) に到達した瞬間における小物体が台から受ける垂直抗力の大きさは

$$m\frac{v^2}{r} - 2mg + 3mg\cos\alpha \text{ であるから、} 0 < \alpha < \pi \text{ で常に}$$

$$m\frac{v^2}{r} - 2mg + 3mg\cos\alpha \geq 0 \text{ であればよく、}$$

問1 4点

*力学的エネルギー保存則の立式に 2点

*答に 2点

問2 4点

*運動方程式の立式に 2点

*答に 2点

問3 3点

*垂直抗力が常に 0 以上であることを利用する方針に 1点

*答に 2点

$$m \frac{v^2}{r} - 2mg + 3mg \cos \alpha \neq m \frac{v^2}{r} - 2mg + 3mg \cdot (-1) \neq 0$$

$$\therefore v \neq \sqrt{5gr} (\because v > 0)$$

より, $v_0 = \sqrt{5gr}$

(答) $v_0 = \sqrt{5gr}$

問 4

小物体が点 E から飛び出してから点 B で衝突するまでの時間を t とすると,

$$\frac{1}{2}gt^2 = 2r$$

$$\therefore t = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$$

小物体が点 E から飛び出してから点 B で衝突するまでの間の小物体の水平方向の速さは $\sqrt{v_0^2 - 2gr\{1 - (-1)\}} = \sqrt{gr}$ で一定であるから,

$$BC = \sqrt{gr} \cdot t$$

$$= 2r$$

(答) $2r$

問 5

求める速さを V とすると, 運動量保存則より,

$$mv = MV + mV$$

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

(答) $\frac{m}{M+m}v$

問 6

力学的エネルギー保存則より,

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mV^2 + mg(r - r \cos \theta)$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(M+m) \left(\frac{mv}{M+m} \right)^2 + mgr(1 - \cos \theta)$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2gr(1 - \cos \theta)(M+m)}{M}}$$

(答) $v = \sqrt{\frac{2gr(1 - \cos \theta)(M+m)}{M}}$

問 7

問 4 4 点

* $t = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$ に 1 点

* 小物体の水平方向

の速さ \sqrt{gr} に 1 点

* 答に 2 点

問 5 3 点

* 運動量保存則の立式に 1 点

* 答に 2 点

問 6 3 点

* 力学的エネルギー保存則の立式に 1 点

* 答に 2 点

問 7 4 点

小物体が点 D に到達した瞬間における台の加速度を、水平右向きを正として A とすると、水平方向の台の運動方程式より、

$$MA = N \sin \theta$$

$$\therefore A = \frac{N \sin \theta}{M}$$

また、台の上にいる観測者からみた小物体にはたらく DO 方向の力のつり合いより、

$$N + mA \sin \theta = mg \cos \theta$$

$$\Leftrightarrow N + m \cdot \frac{N \sin \theta}{M} \cdot \sin \theta = mg \cos \theta$$

$$\therefore N = \frac{Mmg \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

$$(\text{答}) \quad N = \frac{Mmg \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

* $A = \frac{N \sin \theta}{M}$ に 1 点

*力のつり合いの立式に 1 点

*答に 2 点

〔Ⅱ〕 (25点)

【解答・採点基準】

(a)	$\frac{RT_0}{V_0}$
(b)	$\frac{9}{2}RT_0$
(c)	W
(d)	$(\alpha-4)RT_0$
(e)	$\frac{5}{2}(\alpha-4)RT_0$
(f)	$\frac{3}{2}(\alpha-1)RT_0$
(g)	0
(h)	$W + \left(\frac{5}{2}\alpha - \frac{11}{2}\right)RT_0$
(i)	$\frac{2W + (5\alpha - 11)RT_0}{2W + 9RT_0}$

(a)	2点
(b)	3点
(c)	2点
(d)	3点
(e)	3点
(f)	3点
(g)	2点
(h)	3点
(i)	4点

〔Ⅲ〕 (25点)

【解答・採点基準】

問1

運動方程式より

$$0 = mg \sin \theta - lI_1 B \cos \theta$$

$$\therefore I_1 = \frac{mg \tan \theta}{Bl}$$

$$\text{(答)} \quad I_1 = \frac{mg \tan \theta}{Bl}$$

問2

棒に生じる誘導起電力の大きさは $Blv_1 \cos \theta$ であるから、キルヒホッフの第2法則より

$$Blv_1 \cos \theta = RI_1$$

となるので、

$$v_1 = \frac{RI_1}{Bl \cos \theta}$$

$$\therefore v_1 = \frac{mgR \sin \theta}{(Bl \cos \theta)^2}$$

$$\text{(答)} \quad v_1 = \frac{mgR \sin \theta}{(Bl \cos \theta)^2}$$

問3

単位時間あたりの棒の重力による位置エネルギーの変化量は

$$-mgv_1 \sin \theta = -R \left(\frac{mg \tan \theta}{Bl} \right)^2$$

となる。一方、抵抗 R で消費されるジュール熱は

$$RI_1^2 = R \left(\frac{mg \tan \theta}{Bl} \right)^2$$

$$\text{(答) 位置エネルギーの変化量: } -R \left(\frac{mg \tan \theta}{Bl} \right)^2$$

$$\text{ジュール熱: } R \left(\frac{mg \tan \theta}{Bl} \right)^2$$

問1 4点

*運動方程式の立式
に2点

*答に2点

問2 4点

*キルヒホッフの第
2法則の立式に2点

*答に2点

問3 4点

*重力による位置エ
ネルギーの変化量
が $-mgv_1 \sin \theta$ で
あることに1点

*ジュール熱が RI_1^2
であることに1点

*答にそれぞれ1点

問 4

$y < d$ の区間で棒が速さ v_2 で運動しているとき、棒に生じる誘導起電力は Blv_2 である。よって、

$$Q = CBlv_2$$

(答) $Q = CBlv_2$

問 5

$y > d$ の区間で棒が速さ v_3 で運動しているとき、棒に生じる誘導起電力は $2Blv_3$ である。よって、 $y < d$ の区間で棒が速さ v_2 で運動しているときと $y > d$ の区間で棒が速さ v_3 で運動しているときのエネルギー保存則から

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}C(Blv_2)^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}C(2Blv_3)^2$$

$$\therefore v_3 = v_2 \sqrt{\frac{m + C(Bl)^2}{m + 4C(Bl)^2}}$$

(答) $v_3 = v_2 \sqrt{\frac{m + C(Bl)^2}{m + 4C(Bl)^2}}$

問 6

(1) $2CBl\Delta u$

(2)

(a) $\frac{2Blu}{R}$

(b) $2CBl$

(c) $-2l(i_C + i_R)B$

(d) $-\frac{4u(Bl)^2}{R\{m + 4C(Bl)^2\}}$

問 4 4点

*誘導起電力の大きさに2点

*答に2点

問 5 4点

*誘導起電力の大きさに1点

*エネルギー保存則の立式に1点

*答に2点

問 6 5点

(1) 1点

(2) 4点

(a) 1点

(b) 1点

(c) 1点

(d) 1点

[IV] (25点)

【解答・採点基準】

(1)	
(ア)	$\frac{d}{L}$
(イ)	$\frac{mL\lambda}{d}$
(ウ)	25
(エ)	小さく
(オ)	大きく
(2)	
(カ)	$\frac{mL\lambda}{d \cos \theta + m\lambda \sin \theta}$ ($\frac{mL\lambda}{d \cos \theta}$ でも可)
(キ)	$-\frac{d \cos \theta}{(400 + \sin \theta)\lambda}$ ($-\frac{d \cos \theta}{400\lambda}$ でも可)
(ク)	$\frac{d \cos \theta}{(400 - \sin \theta)\lambda}$ ($\frac{d \cos \theta}{400\lambda}$ でも可)
(ケ)	21

(1) 13点	
(ア)	3点
(イ)	3点
(ウ)	3点
(エ)	2点
(オ)	2点
(2) 12点	
(カ)	3点
(キ)	3点
(ク)	3点
(ケ)	3点