

1 (50点)

< 解答 >

[A]

(a)

エネルギー保存の式 $\frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_{A'}^2 + \frac{1}{2}mv_{B'}^2$ (答)

運動量保存の式 $mv_A + mv_B = mv_{A'} + mv_{B'}$ (答)

上記の両式から, $(v_{A'} - v_A)(v_{A'} - v_B) = 0$, したがって $v_{A'} = v_A$ または v_B

$v_{A'} = v_A$ のとき $v_{B'} = v_B$ となるが, $v_{B'} < v_{A'}$ となって, ひもが張りながら速度が異なるという矛盾した運動となるので, ありえない。したがって $v_{A'} = v_B$, $v_{B'} = v_A$ (答)

(b)

時間 T_0 で物体 A と B の移動距離の差が $\frac{l}{2}$ になるのだから,

$$v_A T_0 - v_B T_0 = \frac{l}{2}, \text{ したがって } T_0 = \frac{l}{2(v_A - v_B)} \quad (\text{答})$$

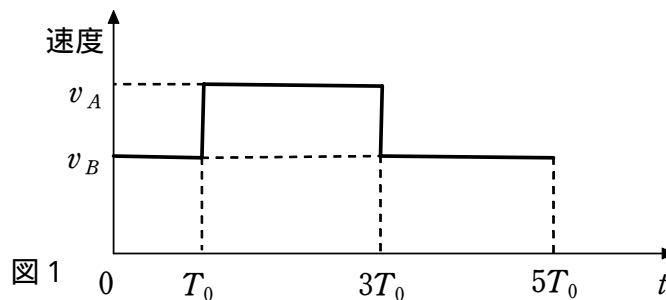
物体 B の速度は,

$$v_B \quad \text{ただし} \quad \left\{ 0 \leq t < T_0 = \frac{l}{2(v_A - v_B)} \right\}$$

$$v_A \quad \text{ただし} \quad \left\{ T_0 = \frac{l}{2(v_A - v_B)} \leq t < 3T_0 = \frac{3l}{2(v_A - v_B)} \right\}$$

$$v_B \quad \text{ただし} \quad \left\{ 3T_0 = \frac{3l}{2(v_A - v_B)} \leq t < 5T_0 = \frac{5l}{2(v_A - v_B)} \right\} \quad (\text{答})$$

グラフに描くと図 1 の通り。



[B]

(c)

物体 A の移動距離は, $s_A = v_0 T_1 + \frac{1}{2} g T_1^2 \sin \theta$

物体 B の移動距離は, $s_B = v_0 T_1 + \frac{1}{2} (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta) T_1^2$

$$s_A - s_B = \frac{1}{2} T_1^2 \mu' g \cos \theta = \frac{l}{2} \text{ だから, } T_1 = \sqrt{\frac{l}{\mu' g \cos \theta}} \quad (\text{答})$$

(d)

ひもが張る直前の物体Aの速度は、 $v_{A1} = v_0 + gT_1 \sin \theta$

ひもが張る直前の物体Bの速度は、 $v_{B1} = v_0 + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta) T_1$

ひもが張った直後の速度は(a)と同様に、 $v_B' = v_{A1}$ 、 $v_A' = v_{B1}$ となるから、

$$\Delta v = v_A' - v_B' = v_{B1} - v_{A1} = -\mu' g \cos \theta T_1 = -\sqrt{\mu' g l \cos \theta} \quad (\text{答})$$

(e)

ひもが張ってから両物体の距離が $\frac{l}{2}$ になるまでの移動距離は

$$\text{物体Aでは、} s_{A'} = v_{A'} T_2 + \frac{1}{2} g T_2^2 \sin \theta$$

$$\text{物体Bでは、} s_{B'} = v_{B'} T_2 + \frac{1}{2} (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta) T_2^2$$

$$s_{B'} - s_{A'} = (v_{B'} - v_{A'}) T_2 - \frac{1}{2} T_2^2 \mu' g \cos \theta = \sqrt{\mu' g l \cos \theta} T_2 - \frac{1}{2} T_2^2 \mu' g \cos \theta = \frac{l}{2}$$

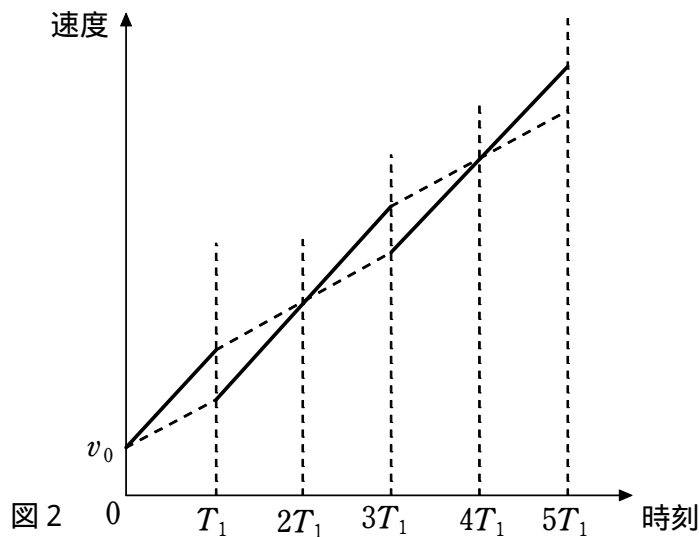
$$\text{したがって、} T_2 = \sqrt{\frac{l}{\mu' g \cos \theta}} = T_1 \quad (\text{答})$$

また物体Aの速度は、 $v_{A'} + g T_2 \sin \theta$ 、物体Bの速度は、 $v_{B'} + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta) T_2$

したがって、

$$\begin{aligned} \Delta V &= v_{A'} + g T_2 \sin \theta - v_{B'} - (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta) T_2 = v_B - v_A + \mu' g \cos \theta T_2 \\ &= -\mu' g \cos \theta T_1 + \mu' g \cos \theta T_2 = 0 \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

(f)



< 解説 >

[A]

(a)

エネルギー保存の式と運動量保存の式から得られる二つの結果のうち、 $v_A' = v_A$ 、 $v_B = v_B'$ はありえない。ひもが張ったのに、物体A、Bの運動に変化がないということだから。

(b)

$v_A' = v_B, v_B' = v_A$, したがって時刻 T_1 で物体 B が A に衝突するとすれば ,

$$(T_1 - T_0)(v_B' - v_A') = (T_1 - T_0)(v_A - v_B) = l, T_1 = \frac{l}{v_A - v_B} + T_0 = \frac{3l}{2(v_A - v_B)} = 3T_0$$

衝突後の物体 A , B の速度を v_A'', v_B'' とすれば , エネルギー保存の法則 , 運動量保存の法則により , $v_A'^2 + v_B'^2 = v_A''^2 + v_B''^2, v_A' + v_B' = v_A'' + v_B''$

これらより , $v_A'' = v_B' = v_A, v_B'' = v_A' = v_B$

2回めにひもが引張るまでの時間は , 衝突後 , 物体 A , B の距離が l になるまでの時間だから , $3T_0 + \frac{l}{v_A - v_B} = 5T_0$ である。

[B]

(c)

物体 A の下面は滑らかで斜面との間に摩擦はない。したがって , 重力の斜面方向成分 $g \sin \theta$ による加速度運動をする。

物体 B は斜面との間に摩擦があるので , (重力の斜面方向成分 - 摩擦力) による加速度運動をする。(重力の斜面方向成分 - 摩擦力) $= (mg \sin \theta - \mu' mg \cos \theta)$ だから , 加速度は $(g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)$

(d)

時刻 t における物体 A , B の速度はそれぞれ ,

$V_A = v_0 + gt \sin \theta, V_B = v_0 + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)t, t = T_1$ として , ひもが張る直前の速度 v_{A1}, v_{B1} を求める。ひもが張った直後の速度は (a) の結果から , $v_A' = v_{B1}, v_B' = v_{A1}$ となる。

(e)

ひもが張ってから $\frac{l}{2}$ に距離が縮まったときに , 物体 A , B の速度が等しくなる。

(f)

最初にひもが張るまでの物体 A , B の速度は , 時刻 t において

$$V_A = v_0 + gt \sin \theta, V_B = v_0 + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)t$$

最初にひもが張る時刻 $t = T_1$ での直前の速度は

$$v_{A1} = v_0 + gT_1 \sin \theta, v_{B1} = v_0 + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)T_1$$

ひもが張った直後の速度は , $v_A' = v_{B1}, v_B' = v_{A1}$

最初にひもが張ってからの速度は ,

$$\begin{aligned} V_A &= v_A' + g(t - T_1) \sin \theta = v_{B1} + g(t - T_1) \sin \theta \\ &= v_0 + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)T_1 + g(t - T_1) \sin \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= v_B' + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(t - T_1) = v_{A1} + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(t - T_1) \\ &= v_0 + gT_1 \sin \theta + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(t - T_1) \end{aligned}$$

次にひもが張るまでの時間は $2T_1$ だから , ひもが張る直前の速度は , $t = 3T_1$ として

$$v_{A2} = v_0 + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)T_1 + g(3T_1 - T_1) \sin \theta = v_0 + (3g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)T_1$$

$$v_{B2} = v_0 + gT_1 \sin \theta + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(3T_1 - T_1) = v_0 + (3g \sin \theta - 2\mu' g \cos \theta)T_1$$

2回めにひもが張った直後の速度は , $v_A'' = v_{B2}, v_B'' = v_{A2}$ なので , その後の速度は

$$V_A = v_A'' + g(t - 3T_1) \sin \theta = v_{B2} + g(t - 3T_1) \sin \theta$$

$$V_B = v_B'' + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(t - 3T_1) = v_{A2} + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(t - 3T_1)$$

3 回目にひもが張るまでの時間は同様に $2T_1$ だから，その直前の速度は $t = 5T_1$ として

$$v_{A3} = v_{B2} + g(5T_1 - 3T_1) \sin \theta = v_0 + (5g \sin \theta - 2\mu' g \cos \theta)T_1$$

$$v_{B3} = v_{A2} + (g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)(5T_1 - 3T_1) = v_0 + (5g \sin \theta - 3\mu' g \cos \theta)T_1$$

以上によって物体 A，B の速度の勾配はそれぞれ $g \sin \theta$ ， $(g \sin \theta - \mu' g \cos \theta)$ であること，時刻 $t = T_1, 3T_1, 5T_1$ においてひもが張り，A，B の速度が入れ替わること， $t = 2T_1, 4T_1$ において速度が等しくなることがわかる。そのようにグラフを描く。

2 (50点)

< 解答 >

[A]

(a)

棒 1 に発生する誘導起電力は lv_0B ，棒 1 と棒 2 の抵抗の和は $R_1 + R_2$ ，電流は閉回路中の磁束を減らさないように流れるから，電流は y 軸負方向に流れる。

$$\text{棒 1 に流れる電流, } I_0 = -\frac{lv_0B}{R_1 + R_2} \quad (\text{答})$$

(b)

$$(\text{ア}) lBI_2 \quad (\text{イ}) v_{1\infty} = v_{2\infty} \quad (\text{ウ}) \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_0 \quad (\text{エ}) -\frac{m_1}{m_1 + m_2} v_0 lB$$

(c)

エネルギー保存の法則により，初期と棒の速度が変化しなくなったときとの間で，棒 1 が初期に有した運動エネルギー

$$= (\text{棒 1 の運動エネルギー}) + (\text{棒 2 の運動エネルギー})$$

$$+ (\text{棒 1 で発生したジュール熱 } Q_1) + (\text{棒 2 で発生したジュール熱})$$

$$\text{棒 2 で発生したジュール熱} = \frac{R_2}{R_1} (\text{棒 1 で発生したジュール熱 } Q_1) = \frac{R_2}{R_1} Q_1$$

$$\text{したがって, } \frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{\infty}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{\infty}^2 + Q_1 + \frac{R_2}{R_1} Q_1$$

$$= \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 v_0^2 + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) Q_1$$

$$Q_1 = \frac{m_1 m_2 R_1}{2(m_1 + m_2)(R_1 + R_2)} v_0^2 \quad (\text{答})$$

[B]

(d)

$$(\text{オ}) lB(I_1 + I_2) \quad (\text{カ}) \frac{I_1 + I_2}{C} \quad (\text{キ}) -lCB$$

(e)

十分時間が経過したあと，棒の速度が変化しないので，電位も変化しない。すなわち，電流は流れない。ということは， $v_{1\infty} = v_{2\infty}$

$$m_1 v_{1\infty} + m_2 v_{2\infty} - lCBV_{\infty} = (m_1 + m_2) v_{1\infty} - lCBV_{\infty} = m_1 v_0$$

V_∞ は棒の方向に働くローレンツ力に基づく電位だから $V_\infty = -v_{1\infty}lB$

$$(m_1 + m_2)v_{1\infty} + v_{1\infty}(lB)^2C = m_1v_0, \text{ したがって, } v_{1\infty} = \frac{m_1v_0}{m_1 + m_2 + (lB)^2C} \quad (\text{答})$$

$$\text{したがって, } V_\infty = -\frac{m_1}{m_1 + m_2 + (lB)^2C}lv_0B \quad (\text{答})$$

(f)

エネルギー保存の法則により,

(棒1の初速度による運動エネルギー)

= (棒1, 2の運動エネルギー) + (棒1と棒2で発生したジュール熱の合計 Q)
+ (コンデンサーに蓄積された電荷による静電エネルギー)

$$\text{(棒1, 2の運動エネルギー)} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_{1\infty}^2$$

$$\text{(コンデンサーに蓄積された電荷によるエネルギー)} = \frac{1}{2}CV_\infty^2$$

$$\text{したがって, } Q = \frac{1}{2}m_1v_0^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_{1\infty}^2 - \frac{1}{2}CV_\infty^2 \quad (\text{答})$$

< 解説 >

[A]

(a)

導体棒1が動くとき, 導体棒1と2を含む閉回路の面積が減少し, 結果として閉回路を貫く磁束が減少するから, その磁束を増やす方向に電流が流れる。

(b)

(ア) 磁場中にある導体棒に電流が流れているとローレンツ力が働く。

(イ) 導体棒1, 2を含む閉回路に電流が流れないということは, その閉回路に含まれる磁束が変化しないということである。したがって, $v_{1\infty} = v_{2\infty}$ となる。

(ウ) 導体棒1, 2の運動量の和が一定であることにより,

$$m_1v_0 = m_1v_{1\infty} + m_2v_{2\infty} = (m_1 + m_2)v_{1\infty}$$

(エ) 電流が流れないから, 甲, 乙の電位は同じと考えてはならない。導体棒1, 2に同じ起電力が発生しているので, 閉回路に電流が流れないのである。磁場中を移動する導体棒1, 2の中の電子にローレンツ力が働き(棒に沿った方向に), レール乙に電子が溜まる。したがって, レール甲の電位が高くなる。起電力の向きに注意する。

(c)

棒1と棒2に流れる電流は同じだから, それぞれに発生したジュール熱はそれぞれの抵抗に比例する。すなわち,

$$\text{(棒2で発生したジュール熱)} = \frac{R_2}{R_1} \times \text{(棒1で発生したジュール熱 } Q_1) = \frac{R_2}{R_1}Q_1$$

[B]

(d)

運動量の変化は力積である。棒1には lBI_1 , 棒2には lBI_2 の力が働く。

したがって, $m_1 \Delta v_1 + m_2 \Delta v_2 = (lBI_1 + lBI_2) \Delta t$

コンデンサーに流れ込む電荷が $\Delta q = (I_1 + I_2) \Delta t = C \Delta V$, したがって $\Delta V = \frac{(I_1 + I_2)}{C} \Delta t$

したがって, $m_1 \Delta v_1 + m_2 \Delta v_2 - lCB \Delta V = 0$

(e)

十分時間が経過したあと, 棒の速度が変化しないということは, 棒にはレール方向の力が働かないということである。すなわち電流が流れない。電流が流れないということは, 棒 1 と 2 のローレンツ力による誘導起電力が等しいことから, $v_{1\infty} = v_{2\infty}$ である。

また, V_∞ は棒方向に働くローレンツ力に基づく電位 $V_\infty = -v_{1\infty} lB$ であることに注意する。

(f)

エネルギー保存の法則を適用する。運動エネルギー, ジュール熱, コンデンサーに蓄積された静電エネルギーを考える。初期には棒 1 の運動エネルギーのみが存在した。

3 (50点)

< 解答 >

(a)

$$(ア) \sqrt{L^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2} \quad (イ) L + \frac{1}{2L} \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 \quad (ウ) \frac{ax}{L} \quad (エ) \frac{\lambda L}{a}$$

(b)

$$(オ) -\frac{lL}{a} \quad (カ) \frac{\alpha}{2}$$

(c)

$$(キ) x_1 = \frac{L}{a} \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (ク) \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{P}d\right)\right] \left[1 + \cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x_2 - d)\right\}\right]$$

$$(ケ) \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \left[1 + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{P}x_2\right)\right] \quad (コ)$$

< 解説 >

(a)

$$(ア) L_{AC}^2 = L^2 + \left\{x - \left(-\frac{a}{2}\right)\right\}^2, \quad L_{AC} = \sqrt{L^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2}$$

$$(イ) L_{AC} = \sqrt{L^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2} = L \sqrt{1 + \frac{1}{L^2} \left(x + \frac{a}{2}\right)^2} \doteq L \left\{1 + \frac{1}{2L^2} \left(x + \frac{a}{2}\right)^2\right\}$$

$$= L + \frac{1}{2L} \left(x + \frac{a}{2}\right)^2$$

$$(ウ) L_{BC} \doteq L + \frac{1}{2L} \left(x - \frac{a}{2}\right)^2, \quad L_{AC} - L_{BC} \doteq \frac{1}{2L} \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 - \frac{1}{2L} \left(x - \frac{a}{2}\right)^2 = \frac{ax}{L}$$

$$(エ) L_{AC} - L_{BC} = \Delta L \doteq \frac{ax}{L} \text{ とおけば, } \frac{\Delta L}{\lambda} \doteq \frac{ax}{\lambda L} = n \text{ のとき, 光検出器の読みは最大にな}$$

る。ただし, $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 。

すると, 最大になる検出器の位置は $x = \frac{\lambda L}{a} n$, したがって干渉縞の間隔は $\frac{\lambda L}{a}$

(b)

(オ) $L_{SAC} = L_{SA} + L_{AC}, L_{SBC} = L_{SB} + L_{BC}, L_{SAC} - L_{SBC} = (L_{SA} - L_{SB}) + (L_{AC} - L_{BC})$

$$L_{SA} - L_{SB} = 0 \text{ のとき, } L_{SAC} - L_{SBC} = L_{AC} - L_{BC} \doteq \frac{ax}{L}$$

$$L_{SA} - L_{SB} = l \text{ のとき, } L_{SAC} - L_{SBC} = l + (L_{AC} - L_{BC}) \doteq l + \frac{ax}{L} = \frac{a}{L} \left(x + \frac{lL}{a} \right) = n\lambda$$

したがって, $x + \frac{lL}{a} = \frac{\lambda L}{a} n$ のとき光検出器の読みが最大になる。

$x = \frac{\lambda L}{a} n - \frac{lL}{a}$ だから, 最大の位置は $d \doteq -\frac{lL}{a}$ だけずれる。

(カ) $\cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x-d)\right\}$ の長い時間にわたる読みの平均値が0になるのだから, 光検出器の

読みは, $\frac{\alpha}{2}$ の平均値となる。 $\frac{\alpha}{2}$ は時間的に変化しないから, (カ)は $\frac{\alpha}{2}$

(c)

(キ) x_1 における検出器 C_1 の読みが0ならば, いかなる x_2 でもMの読みは0である。したがって, 光路差が (波長の整数倍 + 半波長) のとき,

すなわち, $L_{AC_1} - L_{BC_1} = \Delta L_1 = \frac{ax_1}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ のとき, Mの読みが0となる。

したがって, $x_1 = \frac{L}{a} \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$

(ク) 問題文に記載があるように,

検出器 C_1 の読みは, $x_1 = 0$ だから, $\frac{\alpha}{2} \left[1 + \cos\left(-\frac{2\pi}{P}d\right) \right]$

検出器 C_2 の読みは $\frac{\alpha}{2} \left[1 + \cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x_2 - d)\right\} \right]$ だから,

Mの読みは両者の積となり, $\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{P}d\right) \right] \left[1 + \cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x_2 - d)\right\} \right]$

(ケ) $\frac{2\pi}{P} = f$ とおく。

$$\left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{P}d\right) \right] \left[1 + \cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x_2 - d)\right\} \right] = [1 + \cos(fd)] [1 + \cos\{f(x_2 - d)\}]$$

$$= [1 + \cos(fd)] [1 + \cos(fx_2)\cos(fd) + \sin(fx_2)\sin(fd)]$$

$$= [1 + \cos(fx_2)\cos(fd) + \sin(fx_2)\sin(fd)]$$

$$+ \cos(fd) + \cos(fx_2)\cos^2(fd) + \sin(fx_2)\cos(fd)\sin(fd)$$

問題文にあるように, $\cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x_2 - d)\right\} = [1 + \cos\{f(x_2 - d)\}]$ の長い時間にわたる読

みの平均値が0になるのだから,

$\cos(fd), \sin(fd)$ は十分長い時間について平均すると0になる。

$\cos^2(fd) = \frac{\cos(2fd) + 1}{2}$ だから，十分長い時間について平均すると $\frac{1}{2}$ になる。

$\cos(fd)\sin(fd) = \frac{\sin(2fd)}{2}$ だから，十分長い時間について平均すると 0 になる。

したがって， $[1 + \cos(fd)][1 + \cos\{f(x_2 - d)\}] = 1 + \frac{1}{2}\cos(fx_2)$

したがって，M の読みは， $\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \left[1 + \frac{1}{2}\cos\left(\frac{2\pi}{P}x_2\right)\right]$

(コ)(ケ)のグラフを考えれば良い。周期は P だから， $\frac{1}{2}$ ， $\frac{3}{4}$ のいずれか。

平均を 1 とすれば，振幅は $\frac{1}{2}$ だから，

< 総評 >

力学，電磁気，光波の 3 大問からなる。いずれも的確な理解と思考を必要とする。仮想的な実験系による物理現象を追いながら設問を提出し，解答を求めるものである。したがって，問題は誘導的になる。問題文を的確に読み，解答をする上で考慮すべき事項を把握することが重要である。困難を感じるならば，問題文中に記載の解答につながる事項を読み落としていないかを摘出することに努める。

①

等加速度運動に関する問題。ひもで結ばれた質量の等しい二つの物体の運動において，ひもが張ったとき，エネルギー保存の法則と運動量保存の法則によって，速度がどうなるかを問う。ひもで結ばれた二つの物体において，前の物体の速度が速ければ，いずれひもが張る。そのときに，ひもが張る直前直後の両者の速度が入れ替わる。

また斜面を滑り下りる運動において，一方が摩擦なし，他方が摩擦ありならば，加速度が異なるので，速度が入れ替わっても，いずれ同じ速度になる時刻がある。仮想的な実験であるが，なかなか巧妙に工夫された問題である。難易度 B

②

2 本のレール上を滑る導体棒からなる回路を仮想実験系とした電磁誘導に関する問題である。エネルギー保存，運動量保存などの力学も絡む。電磁誘導に関わる，このように設定された実験はよく出題される。またか，と思った受験生も多かったであろう。ローレンツ力の発生，それによる起電力の発生についてよく理解していること。難易度 A

[A] の実験系で，棒 1 と 2 の運動量が保存される，という事実が説明されている。運動量の保存という力学の概念が，力学的にも，電磁場的にも直接作用していない棒 1 と 2 の運動量において成立していることに不思議さを感じる。

荷電粒子間に働くクーロン力による運動量の保存であれば，理解しやすいであろう。直接クーロン力が粒子間に働くからだ。しかし，ここでは相互作用なしに移動する棒 1，2 に，電流が流れることによるローレンツ力が働き，結果として運動量が保存される。なぜだろう。そのわけは棒 1，2 を含む閉回路では，電流の向きが棒 1 と 2 では異なる結果，等しいローレンツ力が逆向きに働いているからである。つまり作用反作用の力が働いていると見なすことができる。

よく考えてみると，流れる電流は棒 1 の方向に働くローレンツ力による起電力と棒 2 の

方向に働くローレンツ力による起電力の差分によって発生するので、見かけ上、両者の間に相互作用が発生することになる。

[B]では[A]にコンデンサーが並列に接続された回路を実験系とする。この場合は棒1と棒2に流れる電流は異なる。運動量の変化が力積になることに注意する。

3

光波の干渉の問題。二つの光波の干渉縞の明線（光検出器の読みが最大）は光路の差が波長の整数倍になる位置にできる。暗線（光検出器の読みが最小）は（波長の整数倍 + 半波長）となる位置にできる。この基本をしっかりと理解しておくことが必要である。

(オ)の d が負になるのは、スリットSの移動する方向と干渉縞の移動する方向が逆になるということである。すなわち、Sが正の方向へ動くと、 l は正で増加するので、光検出器の読みが最大となる位置は負の方向へ移動する。(ク)は問題文に解答が示されている。長文の問題文を的確に読むことが必要である。(ケ)はなかなか難しい。(ク)を正答しなければならない。その上で、単スリットSの位置を不規則に動かしたとき、装置Mの読みを十分長い時間にわたって平均した値を求めなければならない。そこで(ク)の式を変形して、長い時間にわたって平均した値がどうなるかを考察する。

問題文の(b)の中で記載されている「 $\cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x-d)\right\}$ 」という項が-1から1までの値を不規則にとり、長い時間にわたって読みを平均することで、平均値が0に近づいていったものと考えられる。」ということ、問題文(c)の中で記載されている「 d を含む三角関数の値は、-1から1までの値を不規則に変化する。問(b)の考えに基づくと、装置Mの読みを十分長い時間平均した値は、」ということから、変形した(ク)式の考察を行う。

ここで、「 d が不規則に変化したとき、十分長い時間平均することにより0になる」という意味を的確に理解することは、実務経験のほとんどない高校生には難しいかも知れない。 d が不規則に変化するとは、 d がある範囲で偏りなく（満遍なく）変化することを意味している。その結果、 $\cos\left\{\frac{2\pi}{P}(x-d)\right\}$ は-1から1までの値を偏りなくとるので、その平均値は0になるということである。

難易度は全体としてB，(ク)(ケ)は難易度A

140309