$\boxed{1}$（計 3 4 点）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 問(1)<br>計 12 点 | (a)<br>4 点 | 過程：2 点 | 力学的エネルギー保存則 $mg\ell = \dfrac{1}{2}mv_0^2$ または同等な式に過程点 2 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $v_0 = \sqrt{2g\ell}$ |
| | (b)<br>4 点 | 過程：2 点 | 以下の過程点①または②を与える。<br>①運動方程式 $m\dfrac{v_0^2}{\ell} = -mg + F_0$ に過程点 2 点を与える。<br>②遠心力 $m\dfrac{v_0^2}{\ell}$ を用いた力のつり合いの式<br>$-mg + F_0 - m\dfrac{v_0^2}{\ell} = 0$ に過程点 2 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $F_0 = 3mg$ |
| | (c)<br>4 点 | 過程：2 点 | ①力学的エネルギー保存則<br>$mg\ell = \dfrac{1}{2}mv_1^2 + mg\ell(1 - \sin\theta_1)$ または同等な式に過程点 1 点を与える。<br>②運動方程式 $m\dfrac{v_1^2}{\ell} = -mg\sin\theta_1 + mg$ に過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：2 点 | $\sin\theta_1 = \dfrac{1}{3}$ |
| 問(2)<br>計 12 点 | (a)<br>4 点 | 過程：2 点 | ①運動量保存則 $0 = mv_2 + M(-V_2)$ または同等な式に過程点 1 点を与える。また，小物体 B の「速度」を $u_2$ などと文字定義して $0 = mv_2 + Mu_2$ のように記述した場合も同様に過程点 1 点を与える。<br>②力学的エネルギー保存則 $mg\ell = \dfrac{1}{2}mv_2^2 + \dfrac{1}{2}MV_2^2$ または同等な式に過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：2 点 | $v_2 = \sqrt{\dfrac{2Mg\ell}{M + m}}$ |
| | (b)<br>4 点 | 過程：2 点 | 相対速度 $v_2 - (-V_2) = v_2 + V_2$ を用いて運動方程式を立式するという意図に運動量保存則に過程点 2 点を与える。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 結果：2 点 | $F_0=\dfrac{(3M+2m)mg}{M}\left(=\left(3+\dfrac{2m}{M}\right)mg\right)$ |
| | (c)<br>4 点 | 過程：2 点 | 2 物体の水平方向の運動量の和が 0 で保存されるとき, 2 物体の重心が水平方向において不動である理解に過程点 2 点与える。 |
| | | 結果：2 点 | $D=\dfrac{m}{M+m}\ell$ |
| 問(3)<br>計 10 点 | (a)<br>3 点 | 過程：1 点 | $u_A=V_0-V_G$ に過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $V_G=\dfrac{1}{3}V_0$ ：1 点， $u_A=\dfrac{2}{3}V_0$ ：1 点 |
| | (b)<br>3 点 | 過程：2 点 | ①A と G の距離が $\dfrac{2}{3}\ell$ であることに過程点 1 点を与える。<br>②G に対する A の運動が速さ $u_A$ の等速円運動になるという理解に過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：1 点 | $F_A=\dfrac{2mV_0^2}{3\ell}$ |
| | (c)<br>4 点 | 過程：1 点 | G に対する A の等速円運動の角速度が $\dfrac{u_A}{\frac{2}{3}\ell}$ または $\dfrac{V_0}{\ell}$ と表せることに過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：3 点 | $t_3=\dfrac{\pi\ell}{2V_0}$ ：1 点， $X_3=\left(\dfrac{\pi}{6}+\dfrac{2}{3}\right)\ell$ ：1 点，<br>$Y_3=\dfrac{\pi^2g\ell^2}{8V_0^2}-\dfrac{2}{3}\ell$ ：1 点 |

| 2 （計３３点） | | | |
|---|---|---|---|
| 問(1) 計 10 点 | (a) 4 点 | 過程：2 点 | ①導体棒に生じる誘導起電力の大きさ $wBd$ に過程点 1 点を与える。<br>②キルヒホッフ第 2 法則 $E-wBd-RI=0$ または同等な式に過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：2 点 | $I=\dfrac{E-wBd}{R}$ |
| | (b) 3 点 | 過程：1 点 | 磁場が電流に及ぼす力の大きさ $IBd$ に過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $a=\dfrac{IBd}{m}$ |
| | (c) 3 点 | 過程：1 点 | 速さが $w_1$ に達したとき導体棒の電流が 0 になることの理解に過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $w_1=\dfrac{E}{Bd}$ |
| 問(2) 計 10 点 | (a) 3 点 | 過程：1 点 | 導体棒に生じる誘導起電力の大きさ $u\cos\theta\cdot Bd$ に過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $q=CBdu\cos\theta$ |
| | (b) 3 点 | 過程：1 点 | 磁場が電流に及ぼす力の $x$ 成分が $-iBd\cos\theta$ であることの理解に過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：2 点 | $\alpha=g\sin\theta-\dfrac{iBd\cos\theta}{m}$ |
| | (c) 4 点 | 過程：2 点 | 以下の過程点①または②を与える。<br>①問(2)(a)の結果 $q=CBdu\cos\theta$ の両辺を時間で微分し，$i=CBd\alpha\cos\theta$ になることに過程点 2 点を与える。<br>②問(2)(a)の結果 $q=CBdu\cos\theta$ で電気量 $q$ と速度 $u$ が比例して $\Delta q=CBd\cos\theta\cdot\Delta u$ を得ることに過程点 1 点を，その式を $\Delta t$ で割って $i=CBd\cos\theta\cdot\alpha$ を得ることに過程点 1 点をそれぞれ与える。 |
| | | 結果：2 点 | $u=\dfrac{mg\sin\theta}{m+C(Bd\cos\theta)^2}t$ |
| 問(3) 計 13 点 | (a) 3 点 | 過程：2 点 | ①導体棒の速度が $v$ のときコンデンサーの $X_0$ 側の電気量が $Q=C\cdot vBd$ であることに過程点 1 点を与える。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 以下の過程点②または③を与える。<br>②$Q = C \cdot vBd$ の両辺を時間で微分する方針に過程点 1 点を与える。<br>③電気量 $Q$ と速さ $v$ が比例し $\Delta Q = CBd\Delta v$ を得ることに過程点 1 点を与える。<br>これら①，②または③は独立に配点する。 |
| | | 結果：1 点 | $I_1 = CBd\beta$ |
| | (b)<br>3 点 | 過程：2 点 | ①コイルの自己誘導により点 $\mathrm{Y_2}$ に対する点 $\mathrm{X_2}$ の電位が $L\dfrac{\Delta I_2}{\Delta t}$ となることに過程点 1 点を与える。<br>②キルヒホッフ第 2 法則が $\dfrac{\Delta x}{\Delta t}Bd = L\dfrac{\Delta I_2}{\Delta t}$ となることに過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：1 点 | $K = \dfrac{Bd}{L}$ |
| | (c)<br>4 点 | 過程：2 点 | ①位置 $x$ における運動方程式が $m\beta = mg - (I_1 + I_2)Bd$ と表せることに過程点 1 点を与える。<br>②単振動の振動の中心が $x = \dfrac{mgL}{B^2d^2}$ となることに過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：2 点 | $T = 2\pi\dfrac{\sqrt{L(m + CB^2d^2)}}{Bd}$ ：1 点，　$A = \dfrac{mgL}{B^2d^2}$ ：1 点 |
| | (d)<br>3 点 | 過程：2 点 | ①時刻 0 において速度が 0 で，その直後に速度は正になる（または $v = v_0 \sin\omega t$ と表せる）ことに過程点 1 点を与える。<br>②電気量 $Q$ と速度 $v$ が比例するので，速度 $v$ から電気量 $Q$ が導けるという認識に過程点 1 点を与える。 |
| | | 結果：1 点 | （ア） |

## $\boxed{3}$（計33点）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 問(1) 計14点 | (a) 2点 | 過程点なし | |
| | | 結果：2点 | $\Delta\ell_1 = 2(L_2 - d - L_1)$ |
| | (b) 4点 | 過程：2点 | ①$m$を整数として，$M_2$が$Q_1$にあるときの強め合いの干渉条件式が$\Delta\ell_1 = m\lambda$と表せる過程点1点を与える。<br>②同じ$m$を用いて，$M_2$が$Q_2$にあるときの弱め合いの干渉条件式が$2\left(L_2 + 2d - L_1\right) = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)\lambda$と表せることに過程点1点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：2点 | $d = \dfrac{1}{12}\lambda$ |
| | (c) 5点 | 過程：3点 | 波長を長くしたときの強め合いの干渉条件式が$2(L_2 - L_1) = m(\lambda + \Delta\lambda)$と表せることに過程点2点を与える。この干渉条件式と，$M_2$が$Q_1$にあるときの強め合いの干渉条件式および問(1)(b)の結果を合わせて$m = \dfrac{\lambda}{6\Delta\lambda}$と等価な式が得られることに過程点1点を与える。 |
| | | 結果：2点 | $\Delta\ell_1 = \dfrac{\lambda^2}{6\Delta\lambda}$ |
| | (d) 3点 | 過程：1点 | $M_2$が$Q_1$にあったときの干渉の次数が50であることに過程点1点を与える。 |
| | | 結果：2点 | $\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda} = 3.3\times10^{-3}$ |
| 問(2) 計15点 | (a) 3点 | 過程：1点 | 光2の光学距離が$2a(n-1)$だけ長くなることに過程点1点を与える。 |
| | | 結果：2点 | $\Delta L_1 = 2\{L_2 + a(n-1) - L_1\}$ |
| | (b) 4点 | 過程：2点 | 屈折の法則$\sin 60^\circ = n\sin 30^\circ$に過程点2点を与える。 |
| | | 結果：2点 | $n = \sqrt{3}$ |
| | (c) 2点 | 過程点なし | |
| | | 結果：2点 | $\overline{\mathrm{AB}} = \dfrac{2}{\sqrt{3}}a$ |
| | (d) | 過程点なし | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 2 点 | 結果：2 点 | $\varDelta L_2 = a$ |
| | (e)<br>4 点 | 過程：2 点 | ①整数 $m'$ などを用いて状態 I の強め合いの干渉条件式<br>$2\{L_2 + a(n-1) - L_1\} = m'\lambda$ に過程点 1 点を与える。<br>②状態 II の強め合いの干渉条件式<br>$2(L_2 + a - L_1) = (m' + k)\lambda$ に過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | | 結果：2 点 | $a = \dfrac{k\lambda}{2(2-\sqrt{3})}$ |
| 問(3)<br>4 点 | 過程：2 点 | | ① $M_2$ で観測する光の振動数 $\dfrac{c-v}{c}\dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{c-v}{\lambda}$ に過程点 1 点を与える。<br>② $M_2$ で反射された光の振動数 $\dfrac{c-v}{c+v}\dfrac{c}{\lambda}$ に過程点 1 点を与える。<br>これら①，②は独立に配点する。 |
| | 結果：2 点 | | $T = \dfrac{(c+v)\lambda}{2cv}$ |