

第 1 問 (計 20 点)

I 計 4 点	[解答] $v_0 = \sqrt{g\ell}$ (解答 2 点)
	[記述] エネルギー保存則や等加速度運動の式など v_0 が得られる式を書こうとしていれば 1 点
	[解答] $S_0 = \frac{1}{2}mg$ (解答 2 点)
	[記述] 運動方程式を書こうとしていれば 1 点
II 計 8 点	(1) 2 点 [解答] $\frac{\sqrt{5}}{2}v_0$ (解答 2 点)
	[記述] 運動量の保存あるいは運動量と力積の関係に注目していれば 1 点
	(2) 1 点 [解答] $\frac{1}{4}mv_0^2$ (解答 1 点)
	(3) 1 点 [解答] mg (解答 1 点)
	(4) 3 点 [解答] $\omega = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{\ell}}$, $s = \frac{mg}{4}$ (完答 3 点)
	[記述]
	・ 重心まわりの小球の速さが $\frac{v_0}{2}$ と正確にわかっていたら 1 点
	・ 向心加速度または遠心力を考えて張力を求めようとしていれば 1 点
	(5) 1 点 [解答] ④ (解答 1 点)
III 計 8 点	(1) 3 点 [解答] $v_{1x} = \frac{v_0}{2}$, $v_{1y} = -\frac{v_0}{2}$, $v_{2x} = -\frac{v_0}{2}$, $v_{2y} = \frac{v_0}{2}$ (完答 3 点)
	[記述]
	・ 小球の速度の鉛直成分が入れ替わることがわかっている, または運動量保存則とエネルギー保存則を書こうとしていれば 1 点
	・ 水平方向の速度成分 v_{1x} , v_{2x} が両方正しくかけていれば 1 点
	(2) 2 点 [解答] $T = \frac{2\ell}{v_0}$ または $2\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ (解答 2 点)
	[記述] 座標系 xy で小球が等速直線運動であることがわかっているならば 1 点
	(3) 1 点 [解答] $v_{1x} = -\frac{v_0}{2}$, $v_{1y} = -\frac{v_0}{2}$, $v_{2x} = \frac{v_0}{2}$, $v_{2y} = \frac{v_0}{2}$ (完答 1 点)
	(4) 2 点 [解答] $L = 4\ell$ (解答 2 点)
	[記述] 題意の瞬間が時刻 $t = 4T$ であることがわかっている, または, その瞬間, 糸が鉛直に張るということがわかっているならば 1 点

第 2 問 (計 20 点)

I 計 14 点	(1) 2 点	<p>[解答] $\Phi_0 = B_0 \pi a^2 \left(1 - \frac{2x}{\ell} \right)$ (解答 2 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (磁束) = (磁束密度) × (面積) がわかっている : 記述 1 点
	(2) 2 点	<p>[解答] $\Phi = B_0 \pi a^2 \left\{ 1 - \frac{2(x - x_R)}{\ell} \right\}$ (解答 2 点)</p> <p>(1) がミスだった場合、その誤りによる減点は本問までとする。本問は Φ_0 の式の x を $x - x_R$ に置き換えたものを書いていれば解答 1 点を与える。</p>
	(3) 2 点	<p>[解答] $\frac{2B_0 \pi a^2}{\ell} v$ (解答 2 点)</p> <p>x を定数とみなして設問 I (2) の Φ を t で微分し $\frac{dx_R}{dt} = v$ としたものと等しいものに点を与える。</p> <p>[記述] ファラデー則を書こうとしている : 記述 1 点</p>
	(4) 2 点	<p>[解答] $I = \frac{1}{NR} \left(E - \frac{2NB_0 \pi a^2}{\ell} v \right)$ (解答 2 点)</p> <p>設問 I (3) の解答に N を乗じたものと等しいものに点を与える。</p> <p>[記述] 回路方程式を書こうとしている : 記述 1 点</p>
	(5) 2 点	<p>[解答] $B_r = B_0 \frac{a}{\ell}$ (解答 2 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 右側面から出る磁束と左側面から入る磁束の差が図 1 - 2 の直線的磁束密度減少によるものだということがわかっている : 記述 1 点
	(6) 3 点	<p>[解答] $\frac{2\pi a^2 E B_0}{mR\ell}$ (解答 3 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 作用反作用則より磁石がコイルから受ける力を求められることを理解している : 記述 1 点 ・ 列車の運動方程式を記述しようとしている : 記述 1 点
	(7) 3 点	<p>[解答] $W - Q = \frac{m}{2} \left(\frac{E\ell}{2NB_0 \pi a^2} \right)^2$ (解答 3 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 十分に時間が経過した後、$I = 0$ となることがわかっている : 記述 1 点 ・ 列車の終端速度 v_f を用いて $W - Q = \frac{1}{2} m v_f^2$ がわかっている : 記述 1 点
II 計 4 点	(1) 2 点	<p>[解答] 加速度 : 0 (解答 2 点)</p> <p>[記述] 電流が流れないことを理解している : 記述 1 点</p>

(2)
2 点

[解答] 変わらない (解答 2 点)

[記述] 終端状態でコイルの自己誘導起電力が 0 であることを理解している : 記述 1 点

第 3 問 (計 20 点)

I
計 15 点

(1) 3 点	<p>[解答] $P_{1b} = 3^{\frac{7}{5}} P_0$, $T_{1b} = 3^{\frac{2}{5}} T_0$ (完答 3 点) 部分点は最大 2 点までとする。</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・片方だけ正解で記述点がない場合は解答 1 点を与える。 ・ポアソン則を適用しようとしている: 記述 1 点 ・ボイルシャルル則(状態方程式)を適用しようとしている: 記述 1 点
(2) 3 点	<p>[解答] $W'_{1ab} = 6P_0V_0$ (解答 1 点)</p> <p>[解答] $W_{1ab} = \frac{15}{2}P_{1b}V_0 - \frac{57}{2}P_0V_0 = \frac{15 \cdot 3^{\frac{7}{5}} - 57}{2}P_0V_0$ (解答 2 点)</p> <p>※ P_{1b} を用いてもよい</p> <p>[記述] W_{1ab} の記述点は最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー収支に着目している: 記述 1 点 ・外力を x の関数で表したものを積分しようとしている: 記述 1 点
(3) 3 点	<p>[解答] $T_{1c} = T_0$, $x = \frac{2}{3}L$ (完答 3 点) 部分点は最大 2 点までとする。</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・片方だけ正解で記述点がない場合は解答 1 点を与える。 ・ポアソン則を適用しようとしている: 記述 1 点 ・ボイルシャルル則(状態方程式)を適用しようとしている: 記述 1 点
(4) 2 点	<p>[解答] $W_{1bc} = \frac{19}{2}P_0V_0 - \frac{5}{2}P_{1b}V_0 = -\frac{5 \cdot 3^{\frac{7}{5}} - 19}{2}P_0V_0$ (解答 2 点)</p> <p>※ P_{1b} を用いてもよい</p> <p>[記述] 記述点は最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外力を x の関数で表そうとし, それを積分しようとしている: 記述 1 点 ・エネルギー収支に着目している: 記述 1 点
(5) 2 点	<p>[解答] $W_1 = (5 \cdot 3^{\frac{7}{5}} - 19)P_0V_0$ (解答 2 点)</p> <p>[記述] 記述点は最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ $W_1 = W_{1ab} + W_{1bc}$ であることがわかっている: 記述 1 点 ・ 圧力 P_0 体積 $6V_0$ から圧力 P_{1b} 体積 $2V_0$ への断熱圧縮におけるエネルギー収支に着目している: 記述 1 点 ・ 外力を x の関数で表し, 積分しようとしている: 記述 1 点
(6) 2 点	<p>[解答] $T_{2a} = 3^{\frac{2}{5}} T_0$, $x = \frac{7}{9}L$ (解答各 1 点)</p> <p>[記述] 記述点なし</p>

II 計 5 点	(1) 2 点	[解答] $P_f = 7^{\frac{7}{5}} P_0$ (解答 2 点) [記述] 終端状態ではピストンを $x = 0$ から $x = L$ に押し込んだときにはじめて、容器 A と B 中の空気の圧力が等しくなることがわかっている：記述 1 点
	(2) 3 点	[解答] $W = 5P_f V_0 - 47P_0 V_0 = (5 \cdot 7^{\frac{7}{5}} - 47) P_0 V_0$ (解答 3 点) ※ P_f を利用していても減点はない [記述] 記述点は最大 2 点 ・ 終端状態までの等価過程が、圧力 P_0 体積 ??? の空気を圧力 P_f 体積 $2V_0$ に断熱圧縮することだということがわかっている：記述 1 点 ・ さらに ??? が $14V_0$ であることがわかっている：記述 1 点 ・ 漸化式 → 一般項 → 無限級数のルートを辿ろうと努力が見られる：記述 1 点