

第 1 問（計 20 点）

受験生へ：計算が全く違っていても着眼点や解答方針には物理的な意味があり、当然採点がある。白紙答案は避けること。

I 計 12 点	(1) 2 点	<p>[解答] <math>v_0 = \sqrt{2\alpha\lambda gr}</math>（解答 2 点）</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・慣性力の仕事を考えている、または等加速度運動を考えている：1 点</li> </ul>
	(2) 3 点	<p>[解答] <math>v = \sqrt{2gr(\alpha\lambda - 1 + \alpha\sin\theta + \cos\theta)}</math>（解答 3 点）</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・立式に <math>mgr(1 - \cos\theta)</math> を含んでいる：1 点</li> <li>・立式に <math>\alpha mgr(\lambda + \sin\theta)</math> を含んでいる、または立式に <math>\frac{1}{2}mv_0^2</math> と <math>\alpha mgr\sin\theta</math> を含んでいる：1 点</li> </ul>
	(3) 3 点	<p>[解答] <math>N = \frac{3m}{2r}v^2 - mg(\alpha\lambda - 1)</math>（解答 3 点）</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・向心加速度 <math>\frac{v^2}{r}</math> を含めた立式をしている：1 点</li> <li>・立式に慣性力の成分を忘れていない：1 点</li> </ul>
	(4) 2 点	<p>[解答] <math>N_1 = mg\{2(\alpha\lambda - 1) + 3\sqrt{\alpha^2 + 1}\}</math>  <math>N_2 = mg\{2(\alpha\lambda - 1) - 3\sqrt{\alpha^2 + 1}\}</math>（解答 2 点）</p> <p>[記述] 最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・両方正解している場合のみ 2 点。その他の場合に、下記のいずれかや片方正解など、捨てる要素に対して最大 1 点。</li> <li>・合成公式を用いて <math>\cos(\theta - \delta)</math> が 1 や -1 となることを考えている：1 点</li> <li>・<math>\theta</math> で何かを微分している：1 点</li> </ul>
	(5) 2 点	<p>[解答] <math>\alpha\lambda &gt; \frac{3}{2}\sqrt{\alpha^2 + 1} + 1</math>（解答 2 点）</p> <p>[記述] 最大 2 点（計算ミスの看過）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・すべての位置で静止していないことを考えている、または <math>v_2^2 &gt; 0</math> と書いている：1 点</li> <li>・すべての位置で離れてはならないことがわかっている、または <math>N_2 &gt; 0</math> と書いている：1 点</li> </ul>
II 計 3 点	(1) 1 点	<p>[解答] <math>N_0 = (1 - \alpha\lambda)mg</math>（解答 1 点）</p> <p><math>v = 0</math> を設問 I (3) で得た <math>N</math> の表式に代入していれば引継ぎミスは看過し 1 点を与える</p>

	(2) 2 点	<p>[解答] <math>\alpha\lambda &lt; 1</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述] 最大 2 点 (計算ミスの看過)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 静止する位置が存在することを考えている, または <math>v_2^2 &lt; 0</math> と書いている: 1 点</li> <li>・ 静止するまでのすべての位置で離れてはならないことがわかっている, または <math>N_0 &gt; 0</math> と書いている: 1 点</li> </ul>
Ⅲ 計 5 点	(1) 1 点	[解答] 領域 A : ①, 領域 B : ②, 領域 C : ③ (完答 1 点)
	(2) 2 点	[解答] 境界 1 : ④, 境界 2 : ⑤ (解答各 1 点)
	(3) 2 点	<p>[解答] <math>\lambda_0 = \frac{3}{2}</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述]</p> <p>境界 1 の漸近線を考えている: 1 点</p>

第 2 問（計 20 点）

受験生へ：計算が全く違っていても着眼点や解答方針には物理的な意味があり、当然配点がある。白紙答案は避けること。

I 計 10 点	(1) 3 点	<p>[記述] 記述 3 点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・棒 1 の運動による誘導起電力が <math>Blv_1</math> であることがわかっている：1 点</li> <li>・ <math>Q = CV</math> の式，またはキルヒホッフの第 2 法則を書こうとしている：1 点</li> <li>・加速度と電流の定義を使おうとしている：1 点</li> </ul>
	(2) 3 点	<p>[解答] <math>\omega_A = \sqrt{\frac{k}{m + CB^2\ell^2}}</math> (解答 3 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流が磁場から受ける力の大きさが <math> \ell IB </math> であることがわかっている：1 点</li> <li>・棒 1 の運動方程式を書こうとしている：1 点</li> </ul>
	(3) 2 点	<p>[解答] <math>v_1</math> の最大値：<math>d\omega_A</math> (解答 2 点)</p> <p style="text-align: center;">※ <math>\omega_A = \sqrt{\frac{k}{m + CB^2\ell^2}}</math> を代入したのもも正解</p> <p>[記述] 最大 1 点（寛大に配点）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・単振動の中心が <math>x_1 = 0</math> であることがわかっている：1 点</li> <li>・振幅が <math>d</math> であることがわかっている：1 点</li> <li>・単振動の速さが最大となるのは中心にあるときであることがわかっている：1 点</li> <li>・エネルギー保存則に着目している：1 点</li> </ul>
	(4) 2 点	<p>[解答] <math>I</math> の最大値：<math>\omega_A^2 CB\ell d</math> (解答 2 点)</p> <p style="text-align: center;">※ <math>\omega_A = \sqrt{\frac{k}{m + CB^2\ell^2}}</math> を代入したのもも正解</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流が最大となるのは振動端にあるときであることがわかっている：1 点</li> </ul>
II 計 10 点	(1) 2 点	<p>[解答] 棒 1：<math>ma_1 = -k(x_1 - x_2) - \ell IB</math> 棒 2：<math>Ma_2 = k(x_1 - x_2) + \ell IB</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・両方正解している場合のみ 2 点。その他の場合に、下記のいずれかや片方正解など、拾える要素に対して最大 1 点。</li> <li>・ばねの弾性力の「大きさ」が <math>k x_1 - x_2 </math> となっている：1 点</li> </ul>
	(2) 2 点	<p>[解答] <math>x_1 + \frac{M}{m}x_2 = d</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述] 最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重心が静止(または等速直線運動)することがわかっている：1 点</li> <li>・2 本の運動方程式を辺々足して積分している：1 点</li> </ul>

(3) 2 点	<p>[解答] <math>I = CB\ell(a_1 - a_2)</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述] 最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・棒 1 と棒 2 の誘導起電力を考えようとしている : 1 点</li><li>・ <math>I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}</math> を使っている : 1 点</li></ul>
(4) 2 点	<p>[解答] <math>\omega_B = \sqrt{\frac{(M + m)k}{Mm + (M + m)CB^2\ell^2}}</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 2 本の運動方程式を変形して相対加速度 <math>a_1 - a_2</math> を作ろうとしている : 1 点</li></ul>
(5) 2 点	<p>[解答] <math>x_1 - x_2 = d\cos\omega_B t</math> (解答 2 点)</p> <p>[記述] 最大 1 点</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 相対運動が単振動であることがわかっている : 1 点</li><li>・ 時刻 0 に <math>x_1 - x_2 = d</math> と書いている : 1 点</li></ul>

第 3 問（計 20 点）

受験生へ：計算が全く違っていても着眼点や解答方針には物理的な意味があり、当然配点がある。白紙答案は避けること。

I 計 7 点	(1) 2 点	<p>[解答] <math>6p_0S\ell</math>（解答 2 点）</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・単原子分子の内部エネルギーが <math>\frac{3}{2}nRT</math> や <math>\frac{3}{2}pV</math> で計算できることがわかっている：1 点</li> </ul>
	(1) 3 点	<p>[解答] <math>p_B = \frac{4}{3}p_0, T_B = \frac{4T_1T_2}{T_1 + 3T_2}</math>（解答 3 点）</p> <p>[記述] 最大 2 点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・片方正解している：1 点</li> <li>・物質量の保存に注目している：1 点</li> <li>・エネルギー収支に注目している：1 点</li> </ul>
	(2) 2 点	<p>[解答] <math>x_C = 3\left\{\left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{3}{5}} - 1\right\}\ell</math>（解答 2 点）</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポアソンの法則を使おうとしている：1 点</li> </ul>
II 計 6 点	(1) 3 点	<p>[解答] <math>x_D = \frac{3}{5}\ell, T_D = \frac{18T_1T_2}{5(T_1 + 3T_2)}</math>（解答 3 点）</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・片方正解している：1 点</li> <li>・物質量の保存に注目している：1 点</li> <li>・内部エネルギーと仕事に注目している：1 点</li> </ul>
	(2) 3 点	<p>[解答] <math>x_C &lt; x_D</math>（解答 1 点）</p> <p>※この設問のみ解答のみならば 1 点となる</p> <p>[理由] 最大 2 点</p> <p>定性的に説明している場合)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ピストンを支える外力に注目している(過程 B→C)：1 点</li> <li>・外力が気体に負の仕事をしたことがわかっている(過程 B→C)：1 点</li> <li>・圧力の等しい気体の内部エネルギーが体積に比例することがわかっている：1 点</li> </ul> <p>定量的に説明している場合) <math>\frac{x_C}{3\ell} + 1 = \left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{3}{5}}, \frac{x_D}{3\ell} + 1 = \frac{6}{5}</math> の比較</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・5 乗を計算して頑張っている：2 点</li> </ul>

III 計 7 点	(1) 2 点	[解答] $p_E = \frac{3T_2}{2T_1} \left( 1 + \frac{x_E}{\ell} \right) p_0$ (解答 2 点) [記述] ・状態 E で気体 1 と気体 2 の温度が等しいことがわかっている(同じ文字で置いているなど)：1 点
	(2) 3 点	[解答] $x_E = \frac{9(T_1 - T_2)}{5T_1 + 9T_2} \ell$ (解答 3 点) $p_E$ の代入を間違えていても $x_E = \frac{9p_0 - 6p_E}{5p_0} \ell$ と同値式が書いてあれば完答 3 点を与える。 [記述] ・内部エネルギー変化を考えている：1 点 ・仕事 $p_0 S x_E$ を考えている：1 点
	(3) 2 点	[解答] ( $x_E > x_C$ となることは)ある(解答 1 点) [解答] その条件： $\frac{T_1}{T_2} > \frac{12}{5}$ (解答 1 点)