$\boxed{1}$

(1)	半径 r [m] の円周上を等速円運動する小物体が t [s]秒間に θ [rad] だけ回転したとき、小物体が進んだ距離 l [m] は、$l = r\theta$ $\omega = \frac{\theta}{t}$　$v = \frac{l}{t}$　なので、$v = \frac{r\theta}{t} = r\omega$ $v = r\omega$
(2)	等速円運動の中心方向の加速度を a[m/s^2]とすると、 $a = v\omega$　$v = r\omega$　なので、　$a = \frac{v^2}{r}$ 運動方程式より $F = ma$　$\therefore F = \frac{mv^2}{r}$ $F = \frac{mv^2}{r}$
(3)	等速円運動の中心方向について、中心への向きを正の向きとすると、小物体が受ける摩擦力 は $f = \mu mg$　であり、 横滑りしない限界は $f = F$　の時である。 よって、$\frac{m{V_1}^2}{r} = \mu mg$　$\therefore$　$V_1 = \sqrt{\mu gr}$ $V_1 = \sqrt{\mu gr}$
(4)	斜面に平行方向を x 、鉛直方向を y とすると、小物体に働く力は重力 mg、遠心力 F、摩擦力 f、垂直抗力 N、なので、各力の成分は X 方向：$mgsin\theta - Fcos\theta + f$（内向きと仮定） y 方向：$mgcos\theta + Fsin\theta - N = 0$ $f = \mu(mgcos\theta + Fsin\theta)$ 横滑りしない時、x 方向の成分は 0 であるから、$mgsin\theta - Fcos\theta + f = 0$ $mgsin\theta - Fcos\theta + \mu(mgcos\theta + Fsin\theta)$ $= mg(sin\theta + \mu cos\theta) - F(cos\theta - \mu sin\theta) = 0$ $F = mg(sin\theta + \mu cos\theta)/(cos\theta - \mu sin\theta)$ $F = \frac{mv^2}{r}$ なので、$\frac{m{V_2}^2}{r} = \frac{mg(sin\theta + \mu cos\theta)}{cos\theta - \mu sin\theta}$ $\frac{{V_2}^2}{r} = \frac{g(sin\theta + \mu cos\theta)}{cos\theta - \mu sin\theta}$　$\therefore V_2 = \sqrt{\frac{gr(sin\theta + \mu cos\theta)}{cos\theta - \mu sin\theta}}$　（ $V_2 = \sqrt{\frac{gr(tan\theta + \mu)}{1 - \mu tan\theta}}$ でも良い） $V_2 = \sqrt{\frac{gr(sin\theta + \mu cos\theta)}{cos\theta - \mu sin\theta}}$　（ $V_2 = \sqrt{\frac{gr(tan\theta + \mu)}{1 - \mu tan\theta}}$ ）

注意　学部名と受験番号および氏名を記入しなさい。

学部名＿＿＿＿＿＿学部　　受験番号 | | | | | | |　　氏名

物　理　解答用紙（全 4 枚）その 2

集 計 点

2

<table>
<tr><td rowspan="2">(1)</td><td>1→2</td><td>断熱変化</td><td>2→3</td><td>定圧変化</td></tr>
<tr><td>3→4</td><td>断熱変化</td><td>4→1</td><td>定圧変化</td></tr>
<tr><td>(2)</td><td colspan="4">状態方程式 $p_1V_1=nRT_1$と $p_sV_2=nRT_2$ 。断熱より$p_1V_1^{\gamma}=p_2V_2^{\gamma}$。
代入して $\frac{T_2}{T_1}=\frac{p_2V_2}{p_1V_1}=\frac{p_2V_2^{\gamma}}{p_1V_1^{\gamma}}\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{1-\gamma}=\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{1-\gamma}$ よって、$T_2=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}T_1$
数値を代入すると$T_2=(2^5)^{(7/5-1)}\cdot300=1200$[K]</td></tr>
<tr><td>(3)</td><td colspan="4">内部エネルギーは$anRT$なので $\triangle U_{23}=U_3-U_2=anR(T_3-T_2)$
定圧変化なので仕事は$W_{23}=p_2(V_3-V_2)=p_3V_3-p_2V_2$
状態方程式も用いると、$W_{23}=nRT_3-nRT_2$
$\triangle U_{23}=Q_{23}-W_{23}$だから、$Q_{23}=\triangle U_{23}+W_{23}=n(a+1)R(T_3-T_2)$</td></tr>
<tr><td>(4)</td><td colspan="4">状態1→2、3→4は断熱変化なので
$p_1V_1^{\gamma}=p_2V_2^{\gamma}$、$p_3V_3^{\gamma}=p_4V_4^{\gamma}$
状態2→3、4→1は定圧なので $\frac{p_4}{p_3}=\frac{p_1}{p_2}$
したがって、$\left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma}=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$
すなわち、$V_4=V_3\frac{V_1}{V_2}$</td></tr>
<tr><td>(5)</td><td colspan="4">元に戻るので温度が等しく、空気の内部エネルギーの差は0。
したがって、熱力学の第１法則から
$\triangle U=Q-W=0$であり、$Q=W$である。</td></tr>
</table>

＊いずれの欄も、「定圧」を「等圧」と記述しても問題ない

注意　学部名と受験番号および氏名を記入せよ。

学部名＿＿＿＿＿学部　受験番号 | | | | | |　氏名 | |

物　理　解答用紙（全４枚）　その３

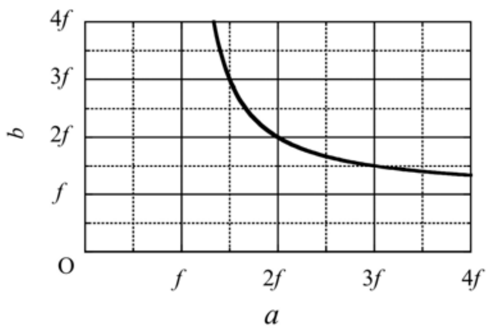
3

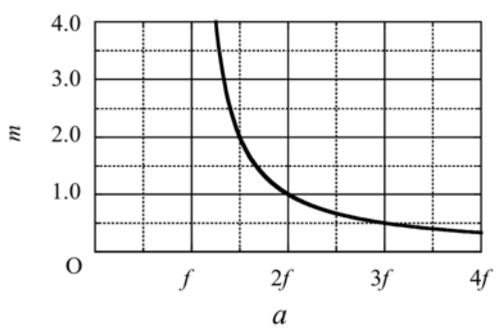
⑴	①	C	②	I	③	L

⑵

$b = \dfrac{af}{a-f}$

$m = \dfrac{f}{a-f}$





⑶

このレンズAによる虚像の位置（レンズAからの距離 b）は、レンズの公式より、

$$\frac{1}{2f/3}+\frac{1}{(-b)}=\frac{1}{f} \quad \therefore b=2f\ 。$$

よって、この虚像は物体に対して $b/(2f/3)=3$ 倍の大きさとなる。

位置	$2f$	倍率	3 倍

⑷

場所	外側	倍率	4 倍

⑸

レンズBと虚像の距離は $b+f/2=5f/2$ であるので、レンズBからのスクリーンの距離は $(5f/2)\times 4=10f$ となる。よって、

$$c=10f+f/2=10.5f$$

となる。さらに、レンズの公式から、レンズBの焦点距離 f_B は

$$\frac{1}{5f/2}+\frac{1}{10f}=\frac{1}{f_B} \quad \therefore f_B=2f\ 。$$

$c=10.5f$	$f_B=2f$

$\boxed{4}$

<table>
<tr><td>(1)</td><td>①
$\dfrac{I}{2\pi r}$</td><td>②
$qnvS$</td><td>③
qvB</td><td>④
B</td><td>⑤
引きつける向き</td></tr>
<tr><td rowspan="5">(2)</td><td rowspan="2">(i)</td><td colspan="4">2 つの電流の作る磁場を合成する。
P1 についてはどちらの電流からの磁場の向きもy方向で，（$a > L$とすれば）W1 からの磁場は正，W2 からの磁場は負の向きである。
したがって磁場は $\left(0,\ \frac{I}{2\pi}\frac{1}{a-L}\right)-\left(0,\ \frac{I}{2\pi}\frac{1}{a+L}\right)=\left(0,\ \frac{I}{2\pi}\left(\frac{1}{a-L}-\frac{1}{a+L}\right)\right)=\left(0,\ \frac{I}{\pi}\frac{L}{a^2-L^2}\right)$
（$a < L$でも同様にして同じ答えが得られる。）

P2 について，xy平面内において角∠P2W1O の値 θ は
$sin\,\theta=\frac{b}{\sqrt{L^2+b^2}}$，$cos\theta=\frac{L}{\sqrt{L^2+b^2}}$ を満たす。したがって
W1 からの磁場は$\frac{I}{2\pi\sqrt{L^2+b^2}}(-sin\theta,-cos\theta\,)=-\frac{I}{2\pi(L^2+b^2)}(b,L\,)$
同様に，W2 からの磁場は$-\frac{I}{2\pi(L^2+b^2)}(-b,L\,)$
これらの和をとって，$\left(0,\ -\frac{I}{\pi}\frac{L}{L^2+b^2}\right)$</td></tr>
<tr><td colspan="2">P1
$\left(0,\ \dfrac{I}{\pi}\dfrac{L}{a^2-L^2}\right)$</td><td colspan="2">P2
$\left(0\,,-\dfrac{I}{\pi}\dfrac{L}{L^2+b^2}\right)$</td></tr>
<tr><td>(ii)</td><td colspan="4">y軸上では磁場および磁束密度はy軸に平行である。したがってy軸上を運動する限りローレンツ力は働かないので，初速度がy軸に平行であればそのままの速度でy軸上を等速運動する。</td></tr>
<tr><td>(iii)</td><td colspan="4">ローレンツ力は常に運動方向に垂直であるため仕事をしない。したがって運動エネルギーを変えることはなく，速さは初速度のままである。

速さ
v</td></tr>
<tr><td>(iv)</td><td>(c)</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>