〔Ⅰ〕

問1

(1) $V' = \dfrac{M-m}{M+m}V$　　$v' = \dfrac{2M}{M+m}V$

(2) $V_0 = \dfrac{M+m}{2M}\sqrt{2gr}$

(3) $0 < \dfrac{m}{M} < 3$

問2

導き方

点Pに到達する直前の円運動の運動方程式は,

$m\dfrac{u^2}{r} = mg + N$ となる。これをNについて

解くと, $N = \dfrac{mu^2}{r} - mg$

答え　$N = \dfrac{mu^2}{r} - mg$

問3

導き方

点Pに到達する直前において,

$N \geqq 0$ であればよいので,

$\dfrac{mu^2}{r} - mg \geqq 0$

よって, $u \geqq \sqrt{gr}$

答え　$u_0 = \sqrt{gr}$

問4

$y = ax^2 + b$ において,

$a = -\dfrac{1}{2r}$

$b = r$

$\overline{\mathrm{CA}} = 2r$

〔Ⅱ〕

問1

(1) $I = \dfrac{mg}{BL}\tan\theta$

(2) $V = BLv\cos\theta$

(3) $V = \dfrac{3}{2}RI$

(4) $v = \dfrac{3mgR\sin\theta}{2(BL\cos\theta)^2}$

問2

(1) $ma_k = mg\sin\theta - BLI_k\cos\theta$

(2) 導き方

各導体棒の運動方程式を辺々加えると,

$m(a_1+a_2+a_3) = 3mg\sin\theta$

$\quad - BL(I_1+I_2+I_3)\cos\theta$

キルヒホッフの第1法則より $I_1+I_2+I_3 = 0$

よって, $m(a_1+a_2+a_3) = 3mg\sin\theta$

答え　$a_1 + a_2 + a_3 = 3g\sin\theta$

(3) $a_1 = g\sin\theta$　　$I_1 = 0$

〔Ⅲ〕

問1

$h_1 = \dfrac{nRT_1}{p_0S + Mg}$

問2

$\Delta U = nC_V(T_1 - T_0)$

問3

$W_a' = p_0S(h_1 - h_0)$

$W_w' = Mg(h_1 - h_0)$

問4

$W = p_0S(h_1 - h_0)$

$Q = -nC_V(T_1 - T_0) - p_0S(h_1 - h_0)$

問5

導き方

1サイクルで気体が吸収した熱量は、

過程(i)で吸収した熱量に等しいので、熱力学第1法則より、

$\Delta U + W_a' + W_w'$

1サイクルで気体がした正味の仕事は、

$W_a' + W_w' - W = W_w'$

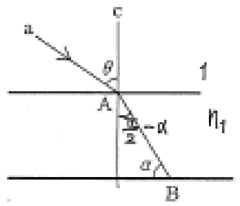
よって、

答え $e = \dfrac{W_w'}{\Delta U + W_a' + W_w'}$

〔Ⅳ〕

問1

導き方



屈折の法則より、

$1 \cdot \sin\theta = n_1 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$

$\sin\theta = n_1 \cos\alpha$

よって、

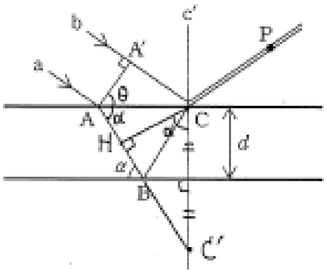
答え $\cos\alpha = \dfrac{1}{n_1}\sin\theta$

問2

π [rad]

問3

導き方



左のように点H, C′をとる。

光a, bの光路差Δlは、

$\Delta l = n_1(AB + BC) - A'C = n_1(AH + HB + BC) - A'C$

ここで、屈折の法則を用いて、

$n_1 AH = n_1 AC\cos\alpha = AC\sin\theta = A'C$ より、

$\Delta l = n_1(HB + BC) = n_1 HC' = 2n_1 d\sin\alpha$

よって位相差は、

$\Delta\phi = \dfrac{2\pi}{\lambda} \times 2n_1 d\sin\alpha$

答え $\dfrac{\Delta\phi}{2\pi} = \dfrac{2n_1 d\sin\alpha}{\lambda}$