医学部専門予備校　クエスト　解答速報

日本大学（医）後期一次試験　物理

試験日3月4日（水）

I

(1) 運動量保存則より、

$$\alpha m v_0 = m v_1$$

$$\therefore v_1 = \alpha v_0$$

$\boxed{1}$ ③

(2) 力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m v^2 + mgr(1-\cos\theta)$$

$$\therefore v = \sqrt{v_1^2 - 2gr(1-\cos\theta)} \quad \cdots ㋐$$

$\boxed{2}$ ⑤

(3) 垂直抗力の大きさをNとする。
運動方程式（以下、EOMと略記）より、

$$m\frac{v^2}{r} = N - mg\cos\theta$$

$$\therefore N = m\frac{v^2}{r} + mg\cos\theta \quad \cdots ㋑$$

$\boxed{3}$ ①

(4)

㋑でθ=πとし、そのNが0以上であればよい。㋑に㋐を代入して、

$$N = m\frac{1}{r}\left(v_1^2 - 2gr(1-\cos\pi)\right) + mg\cos\pi \ge 0$$

$$\therefore v_1^2 \ge 5gr$$

$$\Leftrightarrow \alpha^2 v_0^2 \ge 5gr \quad (\because (1))$$

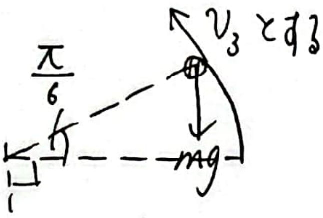
$$\alpha \ge \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (\because v_0^2 = 10gr)$$

α<1も考慮して、

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \le \alpha < 1$$

$\boxed{4}$ ⑥

(5)



$\theta = \frac{2}{3}\pi$

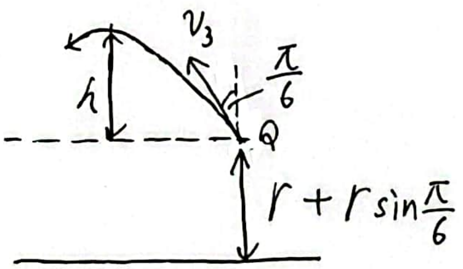
点Qでの速さを v_3 とする.

EOM. より、

$$m\frac{v_3^2}{r} = mg\sin\frac{\pi}{6}$$

$$\therefore v_3^2 = \frac{1}{2}gr \quad \cdots ア$$

(or (3)で $N=0$, $\theta = \frac{2}{3}\pi$ として v_3 を求める.)



エネルギー保存則より、

$$mgh = \frac{1}{2}m\left(v_3\cos\frac{\pi}{6}\right)^2$$

$$\therefore h = \frac{3}{16}r \quad (\because ア)$$

よって、求める高さは、

$$h + r + \frac{1}{2}r = \frac{27}{16}r$$

$\boxed{5}$ 3

Ⅱ

(1) 求める温度をT_Aとする。

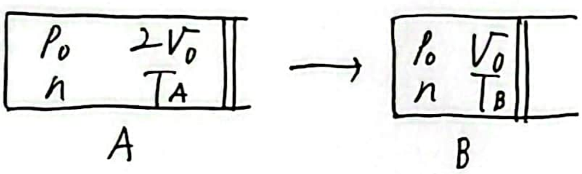
状態方程式（以下、EOS.と略記）より、

$$p_0 \cdot 2V_0 = nRT_A$$

$$\therefore T_A = \frac{2p_0V_0}{nR}$$

$\boxed{6}$ ④

(2)



定圧変化かつ単原子分子理想気体であることを考慮して、熱力学第1法則（以下、熱1.と略記）を適用すると、

$$Q_{吸収} = \frac{5}{2}nR(T_B - T_A)$$

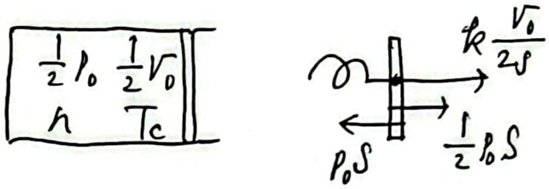
$$= \frac{5}{2}(p_0V_0 - 2p_0V_0)$$

$$= -\frac{5}{2}p_0V_0$$

$$\therefore Q_{放出} = \frac{5}{2}p_0V_0$$

$\boxed{7}$ ⑤

(3)

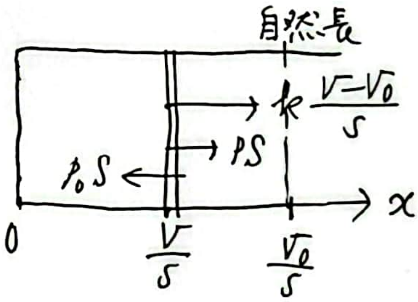


$$\begin{cases} \text{EOS.}: \dfrac{p_0}{2}\dfrac{V_0}{2} = nRT_C \\ \text{EOM.}: 0 = \dfrac{p_0}{2}S + k\dfrac{V_0}{2S} - p_0S \end{cases}$$

$$\therefore k = \frac{p_0S^2}{V_0}$$

$\boxed{8}$ ③

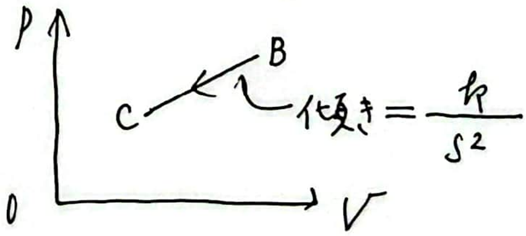
(4)



EOM.より、

$$0 = pS + k\frac{V-V_0}{S} - p_0S$$

$$\therefore p = p_0 + k\frac{V-V_0}{S^2}$$

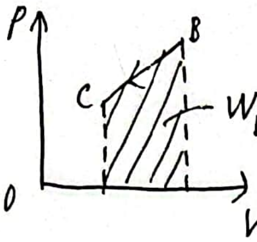


C→Dは等温変化

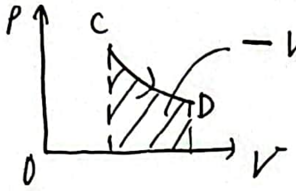
∴ ②

$\boxed{9}$

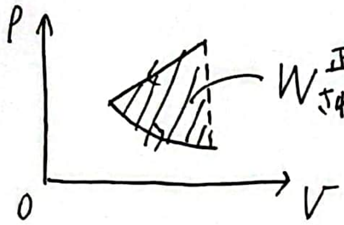
(5)



$$W_{BC} = \frac{1}{2}\left(\frac{p_0}{2} + p_0\right)\frac{V_0}{2}$$



$$-W_{CD} \ (= W_{した})$$



$$W^{正味}_{された}$$

C→Dに熱力学第1法則を適用して、

$$Q = -W_{CD}$$

$$\therefore \ W_{CD} = -Q$$

以上から、

$$W_{BC} + W_{CD} = \frac{3}{8}p_0V_0 - Q$$

$\boxed{10}$ ②

III

(1) $\overline{S_1P} = \left(L^2 + \left(x_1 - \frac{d}{2}\right)^2\right)^{1/2}$

$$= L\left(1 + \frac{1}{L^2}\left(x - \frac{d}{2}\right)^2\right)^{1/2}$$

$$\approx L\left(1 + \frac{1}{2L^2}\left(x - \frac{d}{2}\right)^2\right)$$

$$= L + \frac{1}{2L}\left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

$\boxed{11}$ ①

(2) (1)と同様に考えて、

$$\overline{S_2P} \approx L + \frac{1}{2L}\left(x + \frac{d}{2}\right)^2$$

よって、

$$\overline{S_2P} - \overline{S_1P} \approx \frac{dx}{L} = m\lambda$$

$x = x_1$, $m = 1$として、

$$x_1 = \frac{L\lambda}{d}$$

$\boxed{12}$ ⑤

(3) ・屈折の法則より、

$$x_1' = \frac{L}{d}\frac{\lambda}{n} < x_1$$

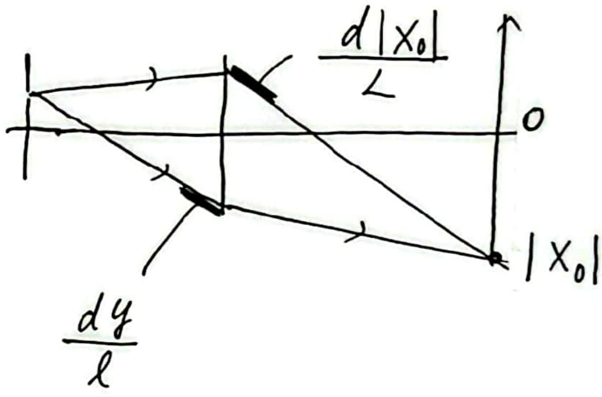
・$x = 0$は明線

この2つから ②

$\boxed{13}$

(4) 原点Oにあった明線は $m=0$,

つまり、光路差$=0$である。



$$\frac{dy}{l} = \frac{d|X_0|}{L}$$

$$\therefore X_0 = -\frac{L}{l}y \quad (\because X_0 < 0)$$

$\boxed{14}$ ②

(5) (4)と同様に考えて、

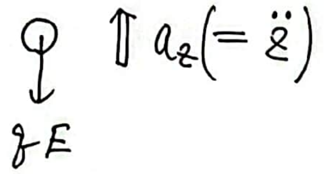
$$(n'-1)t = \frac{d|X_0'|}{L}$$

$$\therefore X_0' = -\frac{(n'-1)Lt}{d}$$

$\boxed{15}$ ①

IV

(1)

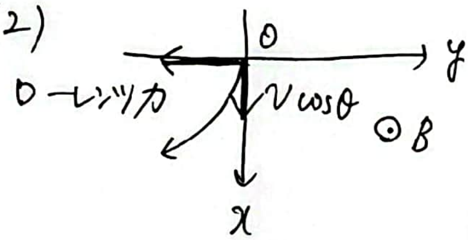


$$ma_z = -qE$$

$$\therefore a_z = -\frac{qE}{m}$$

$\boxed{16}$ ②

(2)



$t = 0$

③

$\boxed{17}$

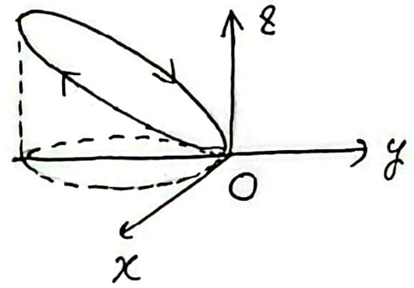
(3) EOM.より、

$$m\frac{(v\cos\theta)^2}{r} = q(v\cos\theta)B$$

$$\therefore r = \frac{mv\cos\theta}{qB}$$

$\boxed{18}$ ③

(4)



xy平面では等速円運動、z方向では等加速度運動。原点に戻ってくる時間をTとすると、

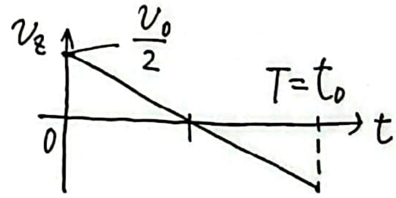
$$T = \frac{2\pi r}{v\cos\theta}$$

$$= \frac{2\pi m}{qB} \quad (\because (3))$$

これがt_0に等しい。$\boxed{19}$ ④

（θやvの値によらない）

(5)



$$0 = \frac{v_0}{2} - \frac{qE}{m}\frac{t_0}{2}$$

$$\therefore v_0 = \frac{2\pi E}{B}$$

$\boxed{20}$ ③

V

(1) $\Delta m = 2m_p + m_n - m_{He}$

$= 2\times1.0073u + 1.0087u - 3.0150u$

$= 0.0083u$

$1u \approx 931.5\ \mathrm{MeV}$ を覚えていれば それを用いて、

$\Delta mc^2 = 0.0083u \times 931.5\ \mathrm{MeV}/u$
$\approx 7.7\ \mathrm{MeV}$ …㋐

$\boxed{21}$ ④

or

与えられた数値を用いて計算すると、

$$\frac{0.0083u \times 1.66\times10^{-27}\ \mathrm{kg}/u \times (3.0\times10^{8}\ \mathrm{m/s})^2}{1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C}} \times 10^{-6}\ \mathrm{MeV}$$

$\approx 7.8\ \mathrm{MeV}$ …㋑

- ㋐と㋑で違いが出たのはなぜか? 主な原因は、㋑では $3.0\times10^{8}\ \mathrm{m/s}$ を使っているためである。

(2) ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$原子核の結合エネルギー

$= 7.1\ \mathrm{MeV} \times 4$

$= 28.4\ \mathrm{MeV}$

${}^{3}_{1}\mathrm{H}$　〃

$= 2.8\ \mathrm{MeV} \times 3$

$= 8.4\ \mathrm{MeV}$

Liの　〃

$= 5.6\ \mathrm{MeV} \times 7$

$= 39.2\ \mathrm{MeV}$

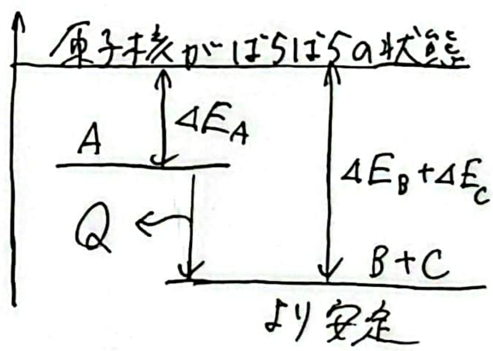
⇒ ア

ウ,エは正しくない(なぜ?)

①

$\boxed{22}$

(3)



$Q = \Delta E_B + \Delta E_C - \Delta E_A$

$\boxed{23}$ ④

(4) 求める速さをVとすると、運動量保存則より、

$$M_B v + M_C(-V) = 0$$

$$\therefore V = \frac{M_B}{M_C} v$$

$\boxed{24}$ ③

(5) 反応直後のB, Cの運動エネルギーを各々K_B, K_Cとする。

エネルギー保存則より、

$$K_B + K_C = Q$$

また、

$$K_B : K_C = \frac{(M_B v)^2}{2M_B} : \frac{(M_C V)^2}{2M_C}$$

$$= M_C : M_B$$

$$(\because M_B v = M_C V)$$

以上から、

$$K_B = \frac{M_C}{M_B + M_C} Q$$

$\boxed{25}$ ⑥

CamScannerでスキャン