Windom の解答速報 慈恵医大 物理 2015

1. ※以下の答では外気を考慮した。

問１　$\pi a^2 \times L_0 - \dfrac{4}{3}\pi a^3$　・・・（答）

問２　(1)　$P=$一定 となるので，定圧変化　・・・（答）

(2)　$PV=$一定 となるので，等温変化　・・・（答）

(3)　$pV^{\gamma}=k$ より

$$P_0\left(\pi a^2 \times L_0 - \frac{4}{3}\pi a^3\right)^{\gamma} = P\left(\pi a^2 \times L - \frac{4}{3}\pi a^3\right)^{\gamma}$$

$$P = \left(\frac{\pi a^2 \times L_0 - \frac{4}{3}\pi a^3}{\pi a^2 \times L - \frac{4}{3}\pi a^3}\right)^{\gamma} P_0$$

$$= \left(\frac{3L_0 - 4a}{3L - 4a}\right)^{\gamma} P_0 \quad \cdots\text{（答）}$$

$TV^{\gamma-1}=k$ より，

$$T_0\left(\pi a^2 \times L_0 - \frac{4}{3}\pi a^3\right)^{\gamma-1} = T\left(\pi a^2 \times L - \frac{4}{3}\pi a^3\right)^{\gamma-1}$$

$$\therefore T = \left(\frac{\pi a^2 \times L_0 - \frac{4}{3}\pi a^3}{\pi a^2 \times L - \frac{4}{3}\pi a^3}\right)^{\gamma-1} T_0$$

$$= \left(\frac{3L_0 - 4a}{3L - 4a}\right)^{\gamma-1} T_0 \quad \cdots\text{（答）}$$

問３　動き始めるときは最大静止摩擦力が働き，つりあいより，

$$P'\pi a^2 = \mu N + P_0\pi a^2$$ ☜外気を考慮した

$$\therefore N = \frac{1}{\mu}\left(P' - P_0\right)\pi a^2$$

$$= \left(\left(\frac{3L_0 - 4a}{3L' - 4a}\right)^{\gamma} - 1\right)\frac{P_0\pi a^2}{\mu} \quad \cdots\text{（答）}$$

【球に働く力が $P_0\pi a^2$ になる理由】

平面上の半径 r の半円で考えて，その曲面に垂直な力 F がまんべんなく働いているとすると，上下の成分は相殺されるので $F\cos\theta$ だけが残り，その力の和は，

$$\int F\cos\theta dl = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} F\cos\theta \cdot r d\theta = Fr\left[\sin\theta\right]_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = 2Fr$$

このことを拡張すると，

「圧力×πr^2」で良いことがわかる。

問４　$\mu' N = \dfrac{\mu'}{\mu}\left(\left(\dfrac{3L_0 - 4a}{3L' - 4a}\right)^{\gamma} - 1\right)P_0\pi a^2$　・・・（答）

問５　運動方程式は，

$$m\alpha = \left(P' - P_0\right)\pi a^2 - \mu' N$$

$$m\alpha = \mu N - \mu' N$$

$$\therefore \alpha = \frac{\left(\mu - \mu'\right)N}{m} \quad \cdots\text{（答）}$$

問６　$v^2 - 0^2 = 2\alpha a$ より，

$$\therefore v = \sqrt{2\frac{\left(\mu - \mu'\right)N}{m}a} \quad \cdots\text{（答）}$$

問７　$v = \sqrt{2\left(\left(\dfrac{3L_0 - 4a}{3L' - 4a}\right)^{\gamma} - 1\right)\left(1 - \dfrac{\mu'}{\mu}\right)\dfrac{\pi a^3}{m}}$ となるから，

摩擦係数；動摩擦係数は小さく，
　　静止摩擦係数は大きく
半径；半径は大きく
詰め方；紙玉の間隔は広く
押し方；断熱変化に近づくように素早く

2. 問１　$\dfrac{dQ}{dt} = Ne - I$　・・・（答）

問２　$Q = CV$ と $V = RI$ より，

$$Q = CRI \quad \cdots\text{（答）}$$

問３　問１と $Q = CV$ より，

$$C\frac{dV}{dt} = Ne - I$$

十分に時間がたつと，$\dfrac{dV}{dt} = 0$ で，この時 $V_0 = RI$ で，

$$Ne - \frac{V_0}{R} = 0$$

$$\therefore V_0 = RNe \quad \cdots\text{（答）}$$

問４　IIの操作では瞬間的に電荷量は保存されるので，

$$Q_0 = C \times 2.0 + C_0 \times 2.0$$

$$C \times RNe = C \times 2.0 + 4.0 \times 10^{-7} \times 2.0$$

$$\therefore C = \frac{8.0 \times 10^{-7}}{RNe - 2.0} = \frac{8.0 \times 10^{-7}}{6 - 2.0} = 2.0 \times 10^{-7}\,\mathrm{F}$$

上では①を使った。

問５　Iの操作で D を流れる電流を I_1 とすると，

$$6 = RI_1$$

また，$\dfrac{dQ}{dt} = Ne - I_1$

十分時間がたつと，$\dfrac{dQ}{dt} = 0$ だから，

$$Ne = I_1$$

よって，$Ne = \dfrac{6}{R}$　・・・①

IIIの操作で D を流れる電流を I_2，

抵抗を流れる電流を I_3 とすると，

$$1.5 = RI_3,\quad 1.5 = R_0 I_3$$

また，$\dfrac{dQ}{dt} = Ne - I_2 - I_3$

十分時間がたつと，$\dfrac{dQ}{dt} = 0$ だから，

$$Ne = \frac{1.5}{R} + \frac{1.5}{R_0}$$

$$\frac{6}{R} = \frac{1.5}{R} + \frac{1.5}{2.0 \times 10^8}$$

$$\therefore R = \frac{4.5 \times 2.0 \times 10^8}{1.5} = 6.0 \times 10^8\ \Omega \quad \cdots\text{（答）}$$

問６　①より，$N = \dfrac{6}{eR}$

$$= \frac{6}{1.6 \times 10^{-19} \times 6.0 \times 10^8} \cong 6.3 \times 10^{10}\ \text{個/s} \quad \cdots\text{（答）}$$

3. 問１　屈折の法則より，$\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\dfrac{n_2}{n_1}$　・・・（答）

問２　$2n_2d_2\cos\theta_2$　・・・（答）

問３　$2n_2d_2\cos\theta_2=(2m-1)\dfrac{\lambda}{2}$　・・・（答）

問４　$\theta_3=\theta_1$で，水の層の上下の面での光路差は，
問２と同様の手続きにより$2n_1d_1\cos\theta_1$で足して，
$2n_1d_1\cos\theta_1+2n_2d_2\cos\theta_2$　・・・（答）

注意；水の層の上下の面での光路差を$\dfrac{2n_1d_1}{\cos\theta_1}$としたくなるが，これだと上の層と下の層で光路が相殺される分が考慮されていない。

問５　上面と下面で，それぞれ位相がπずれるので，
$2n_1d_1\cos\theta_1+2n_2d_2\cos\theta_2=l\lambda$　・・・（答）

問６　$\lambda=\dfrac{2}{l}\left(2n_1d_1\cos\theta_1+2n_2d_2\cos\theta_2\right)$
＝代入=560.4 nm が当てはまる。
よって，黄色　・・・（答）

【講評】　今年も，慈恵らしい問題文を読んで解き進めて行く内容であった。日頃慣れてない内容のものばかりで受験生には解きづらく，難問と言える。しかし，昨年ほど難しくはない。

１．日常にある現象を物理的にとらえるという慈恵らしい問題。注意深く立式することが肝要である。外気を無視するかしないのかの記述が問題文にはないが，日常的な遊具を題材にしているので，外気はあるとして解いた方が良いであろう。ただどちらも正解にするはずである。

２．問題の装置の設定がわかりづらい。前半部分になんとか食らいつければ上出来。

３．一見生物の問題かと見間違いそうだが，読めば波動の薄膜の干渉の問題と分かる。ただ応用になっているので，いつもの計算に帰着できたかどうかが腕の見せ所である。