Windom の解答速報 慈恵医大 物理 2014

1.（Ⅰ）

問１　遠心力は，$m\dfrac{(v\cos\theta)^2}{r}$ ・・・（答）

問２　針金に垂直で上下方向のつりあいは，$N = mg\cos\theta$

円運動の中心方向のつりあいは，$R = m\dfrac{(v\cos\theta)^2}{r}$

これらの垂直抗力の合力に動摩擦係数をかけて，

$$\mu\sqrt{N^2+R^2} = \mu m\sqrt{(g\cos\theta)^2+\frac{(v\cos\theta)^4}{r^2}}$$ ・・・（答）

問３　針金に平行方向の運動方程式は，

$$ma = mg\sin\theta - \mu\sqrt{N^2+R^2}$$

$$ma = mg\sin\theta - \mu m\sqrt{(g\cos\theta)^2+\frac{(v\cos\theta)^4}{r^2}}$$ ・・・（答）

問４　速さが一定なるのは $a=0$ になる時だから，

$$mg\sin\theta = \mu m\sqrt{(g\cos\theta)^2+\frac{(v_0\cos\theta)^4}{r^2}}$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{\frac{g^2r^2}{\cos^2\theta}\left(\frac{\tan^2\theta}{\mu^2}-1\right)}$$ ・・・（答）

問５　$v_0 = 0$ にならなければよいので，$v_0 > 0$

$$v_0 = \sqrt{\frac{g^2r^2}{\cos^2\theta}\left(\frac{\tan^2\theta}{\mu^2}-1\right)} > 0$$ より，

$\therefore \tan\theta > \mu$ ・・・（答）

2. 問１　$e = \sqrt{\dfrac{h'}{h}} = \sqrt{\dfrac{0.16}{1.0}} = 0.40$ ・・・（答）

問２　$Q = \Delta K = \Delta U = 4.0\times10\times1.0 - 4.0\times10\times0.16$

$= 33.6 = 3.4\times10\,\mathrm{J}$ ・・・（答）

問３　熱量と比熱の関係から，

初めの金属円柱と水の温度を t

衝突後の金属円柱の温度を t'

水中に入れた後の金属円柱の温度を t'' として，

$$33.6 = 5.0\times c\times(t'-t)$$

$$5.0\times c\times\{t'-(t+2.0)\} = 3.0\times4.2\times2.0$$

これらから，

$$5.0\times c\times(t'-t) - 5.0\times c\times2.0 = 3.0\times4.2\times2.0$$

$$33.6 - 5.0\times c\times2.0 = 3.0\times4.2\times2.0$$

$\therefore c = 0.84$ J/gK ・・・（答）

問４　$t'-t = 8.0\,\mathrm{K}$ ・・・（答）

問５　$F_0 = kx_0$ より，$k = \dfrac{F_0}{x_0}$ ・・・（答）

問６　外力がした仕事は，図３のグラフの面積を足し引きすればよい。

$$\text{した仕事} = \frac{F_0x_0}{2} + F_0(x_1-x_0) - \frac{F_0(x_1-x_2)}{2}$$

$$= \frac{F_0}{2}(x_1-x_0+x_2)$$ ・・・（答）

問７　ばね定数が同じと言うことはグラフの傾きが同じであるので，グラフの面積は $F_0\times0.60\times10^{-3}$ となる。グラフの面積がされたり，した仕事に値して，差し引きされた仕事は四角形の面積に相当し，これが先に求めた33.6 Jに等しいとすると，

$$F_0\times0.60\times10^{-3} = 33.6$$

$\therefore F_0 = 5.6\times10^4$ ・・・（答）

問８　された仕事は台形の面積に相当し，した仕事は右の三角形の面積に相当する。

衝突する直前の運動エネルギーと衝突後の運動エネルギーの比は，

$$\frac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{1}{2}mv_0{}^2} = \left(\frac{v}{v_0}\right)^2 = e^2 = 0.4^2 = 0.16$$

鉄球の運動エネルギーによって仕事をされ，した仕事が鉄球の運動エネルギーに変わるので，台形の面積と三角形の面積の比は１：0.16となる。

よって，$$\frac{\frac{\{0.6+(0.6+x_0)\}F_0}{2}}{\frac{x_0\times F_0}{2}} = \frac{1}{0.16}$$

これを解いて，$x_0 = 0.229\,\mathrm{mm}$

最も縮んだ長さ $x_1 = x_0 + 0.60 = 0.229 + 0.60 \cong 0.83\,\mathrm{mm}$

・・・（答）

3.　Ⅰ.

問１　$C = \varepsilon_r\varepsilon_0\dfrac{S}{d} = 7.0\times8.85\times10^{-12}\dfrac{4\pi(5\times10^{-6})^2}{10\times10^{-9}}$

$= 1.945\times10^{-12} \cong 1.9\times10^{-12}\,\mathrm{F}$

1.0m²当たりでは，

$C' = \varepsilon_r\varepsilon_0\dfrac{S}{d} = 7.0\times8.85\times10^{-12}\dfrac{1.0}{10\times10^{-9}}$

$= 6.195\times10^{-3} \cong 6.2\times10^{-3}\,\mathrm{F}$ ・・・（答）

問２　$Q = CV = 1.95\times10^{-12}\times70\times10^{-3}$

$= 1.36\times10^{-13} \cong 1.4\times10^{-13}\,\mathrm{C}$ ・・・（答）

問３　$Q' = CV = 1.95\times10^{-12}\times30\times10^{-3}$

$= 0.585\times10^{-13}\,\mathrm{C}$

$\therefore \Delta Q = Q' - Q = 0.585\times10^{-13} - (-1.36\times10^{-13})$

$= 1.945\times10^{-13}\,\mathrm{C}$

ナトリウムイオンは一価の陽イオンだから，その個数は電子素量で割って，

$$N = \frac{\Delta Q}{e} = \frac{1.94\times10^{-13}}{1.60\times10^{-19}} = 1.21\times10^6 \cong 1.2\times10^6\text{個}$$

Ⅱ.

問１　ここでは，順天堂大学の 2014 年度入試にも出た，等価回路を使って解いてみる。(順天堂 2014 の問題解答参照)
上の枝２・枝１・枝５の三角形の回路をＹ字の等価回路に置き換えると，
$\frac{R_0}{2}$，$\frac{R_0}{3}$，R_0 のＹ字回路をなり，それを使って下側の枝と合成する。
$\frac{R_0}{3}+3R_0=\frac{10}{3}R_0$ と $R_0+R_0=2R_0$ の並列接続の合成をして，$\dfrac{\frac{10}{3}R_0\times 2R_0}{\frac{10}{3}R_0+2R_0}=\dfrac{\frac{20}{3}R_0}{\frac{16}{3}{}_{0}}=\frac{5}{4}R_0$

最後に，$\frac{R_0}{2}+\frac{5}{4}R_0=\frac{7}{4}R_0$ ・・・（答）

注意；この解法の他に，キルヒホッフの法則を使って電流を求めてから全抵抗を求められる。
ちなみに，それぞれの枝の電流は，

$I_1=\frac{3\Delta P}{14R}$，$I_2=\frac{5\Delta P}{14R}$，$I_5=\frac{2\Delta P}{14R}$ となり，

$$R=\frac{\Delta P}{I_1+I_2}=\dfrac{\Delta P}{\frac{3\Delta P}{14R}+\frac{3\Delta P}{14R}}=\frac{7}{4}R_0 \quad ・・・（答）$$

問２　必要な仕事率は，単位時間に消費されるエネルギーに等しく，それは抵抗での消費電力に対応する。
枝５の電位差は，別途キルヒホッフの法則で計算出来て，
$2R_0I_5=2R_0\frac{2\Delta P}{14R_0}=\frac{2}{7}\Delta P$ の値となる。

$$P=\frac{V^2}{R}=\frac{\left(\frac{2}{7}\Delta P\right)^2}{2R_0}=\frac{2\Delta P^2}{49R_0} \quad ・・・（答）$$

問３　$R=\rho\frac{l}{d^4}$ より，枝５の抵抗は，$2R_0\times\dfrac{1}{\left(\frac{1}{2}\right)^4}=32R_0$

よって，全体の抵抗は，問１と同様に解いて，

$\frac{R_0}{12}$，$\frac{96}{36}R_0$，$\frac{32}{36}R_0$ のＹ字回路をなり，それを使って下側の枝と合成する。
$\frac{32}{36}R_0+3R_0=\frac{140}{36}R_0$ と $\frac{96}{36}R_0+R_0=\frac{132}{36}R_0$ の並列接続の合成をして，$\dfrac{\frac{140}{36}R_0\times\frac{132}{36}R_0}{\frac{140}{36}R_0+\frac{132}{36}R_0}=\frac{35\times 33}{17\times 36}R_0$

最後に，$\frac{R_0}{12}+\frac{35\times 33}{17\times 36}R_0=\frac{67}{34}R_0$ ・・・（答）

【講評】　昨年に引き続き，慈恵らしい問題文を読んで解き進めて行く内容。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。こういった見慣れない問題は，問題文をしっかり読んで誘導に従って立式をしなければいけない。ある生徒は，あまりにも難しくて試験中に戦慄がはしったと言っていた。（笑）。それだけ計算も大変で難しい。

１．円運動や垂直抗力をうまくとらえることが出来たかが鍵。

２．前半は熱の話だが，やや立式がしづらい。後半は力学の話だが，内容が分かりづらい。

３．一見生物の問題かと見間違いそうな，日頃見たことが無い内容だが，読めば電磁気のコンデンサーや抵抗の問題と分かる。ただ計算がものすごく大変で解くのは難しい。

全体で半分も解けていれば上出来である。