― 神奈川大学 ―

12 月 22 日　給費生試験　物理

解 答・解 説

1 (1) 一定の力を加えたので等加速度運動であり，初速が0なので直線運動を行う．等加速度直線運動の公式より進んだ距離 Δx は加速度を a として

$$\left.\begin{array}{l} 5.0^2 - 0^2 = 2a\Delta x \\ 5.0 = 0 + a\times 10 \end{array}\right\} \quad \therefore a = 0.5\,[\mathrm{m/s^2}] \quad \Delta x = \underline{25\,[\mathrm{m}]} \text{ (ホ)}$$

(2) 空気抵抗力を受けて落下する物体の運動方程式は，下向きを正として

$$ma = mg - kv$$

であり，十分時間がたつと $v \to v_T$：終端速度となることから $a = \frac{dv}{dt} \to 0$ より．

$$0 = mg - kv_T \Leftrightarrow v_T = \underline{\frac{mg}{k}} \text{ (ハ)}$$

(3) 合成ばね定数 k は

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{2k_1} + \frac{1}{k_2} \Leftrightarrow k = \underline{\frac{2k_1k_2}{2k_1 + k_2}} \text{ (イ)}$$

(4) 電圧 V で加速される質量 m，電荷 e の荷電粒子の速さ v は

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \underline{\sqrt{\frac{2eV}{m}}} \text{ (ホ)}$$

(5)　比誘電率 k の平行板コンデンサーの容量 $C = k \times 2.0$ [μF]

であり、静電エネルギー U は、Q を蓄えられた電荷、電圧を V として

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}k \times 2.0 \times 2.0^2 = 4k \text{ [μJ]}$$

となる。これが 20 μJ より　$4k = 20$ が成り立ち　$\underline{k = 5.0}$ となる　(ア)

(6)　熱平衡温度を T [℃] とすると

0℃の水95g と氷5g を T[℃] (>0) 上昇させるのに必要な熱は

$334 \times 5 + 4.2 \times 100 \times T$ [J]　――①

一方 90℃の鉄100g を T[℃] まで下げるのに失った熱は

$0.46 \times 100 \times (90 - T)$ [J]　――②

熱量保存則より　①=② が成り立ち

$$1670 + 420T = 46 \times 90 - 46T$$

$$\Leftrightarrow \quad 466T = 2470$$

$$\therefore T = \frac{2470}{466} = 5.30\cdots \fallingdotseq \underline{5.3 \text{ [℃]}}$$ (イ)

(7)　理想気体の圧力、体積、温度をそれぞれ、p、V、T とすれば　$\frac{pV}{T} =$ 一定より

$$\frac{p \times 0.60}{273+27} = \frac{3.5 \times 10^5 \times 0.30}{273+77}$$

となり　$p = \frac{300}{350} \times \frac{0.30}{0.60} \times 3.5 \times 10^5 = \frac{3}{7} \times 3.5 \times 10^5 = \underline{1.5 \times 10^5 \text{ [Pa]}}$　(ウ)

(8)　屈折率を n とすると、屈折の法則より

$$1\cdot\sin 45^\circ = n\cdot\sin 30^\circ \qquad \therefore\ n=\sqrt{2}=1.414\cdots \fallingdotseq \underline{1.4}\ (ニ)$$

(9)

$$f_1=\frac{V}{V-v}f \qquad\qquad f_2=\frac{V+u}{V}f$$

上図のように文字をおくと

$$f_1=f_2 \text{ より} \qquad \frac{V}{V-v}=\frac{V+u}{V} \iff V^2=(V+u)(V-v)$$

$$\iff \cancel{V^2}=V(\cancel{V}-v)+u(V-v) \iff u(V-v)=Vv$$

$$\therefore\ u=\underline{\frac{Vv}{V-v}}\ (ハ)$$

(10)　ある音源の振動数 f は

$$|f-400|=4 \iff f=396 \text{ or } 404\ [\mathrm{Hz}]$$

$f>400$ より　$f=404\ [\mathrm{Hz}]$

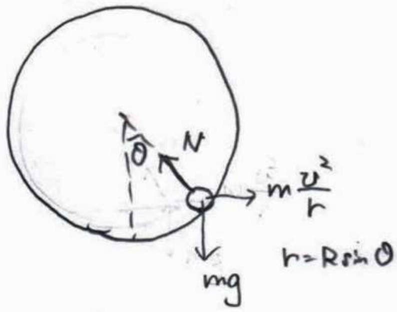
このとき　410 Hz のおんさとのうなりは

$$|f-410|=\underline{6\ [\mathrm{Hz}]}\ (ニ)$$

$\boxed{2}$ (1)(イ) 鉛直方向のつりあいの式より

$$N\cos\theta = mg$$

$$\therefore N = \frac{mg}{\cos\theta}$$



(ロ) 遠心力 $F = m\frac{v^2}{r} = \frac{mv^2}{R\sin\theta}$

(ハ) 水平方向のつりあいの式より

$$F = N\sin\theta \Leftrightarrow \frac{mv^2}{R\sin\theta} = mg\frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\therefore v = \sqrt{gR\frac{\sin^2\theta}{\cos\theta}} = \sqrt{gR\tan\theta\sin\theta}$$

(2) (イ) $U = mg(-R\cos 60^\circ) = -\frac{1}{2}mgR$

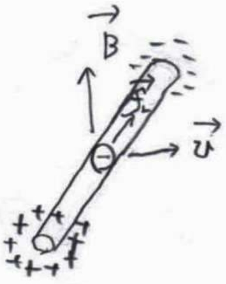
(ロ) $\theta = 60^\circ$ のとき $v = \sqrt{gR\frac{\sin^2 60^\circ}{\cos 60^\circ}} = \sqrt{\frac{3}{2}gR}$ より 運動エネルギー $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{4}mgR$

よって 力学的エネルギー $E = K + U = \frac{1}{4}mgR$

3 (1) (イ) ローレンツ力 $\vec{f_L} = -e\vec{v}\times\vec{B}$ の向きは

+y方向で、大きさは

$f_L = evB$



(ロ) 電場による力とローレンツ力がつりあうので $-e\vec{E}+\vec{f_L}=\vec{0}$

∴ $\vec{E} = -\vec{v}\times\vec{B}$ より 電場 $\vec{E}$ の向きは +y方向。大きさは $E = vB$

この電場により生じる導体棒の両端間の電圧 $V = EL = vBL$

(2) (イ) 外力の仕事率は $\vec{F}\cdot\vec{v} = Fv$

(ロ) $V = RI$ より $I = \frac{V}{R} = \frac{vBL}{R}$

単位時間に発生するジュール熱は $IV = \frac{(vBL)^2}{R}$

(ハ) 単位時間にする外力の仕事が発生するジュール熱に等しい

$$\therefore Fv = \frac{(vBL)^2}{R}$$

$$\therefore F = \frac{(BL)^2}{R}v$$

総評

全体としては基礎的（教科書レベル）でした。
基礎をしっかり身に付けている受験生は問題なく、完答できているはずです。
合成ばね定数の問題は出題されていたものの、単振動が出題されず、
摩擦力や、正弦波に関する問題も出題されていないので、「難所」が少なく、
現役生にも解き易かったのではないでしょうか。
問題数は少なくないので、計算ミスなく、素早く処理するのが大変だとは
思うので、8割が合格ラインではないかと思います。