Windom の解答速報 杏林大学(医) 物理 2010

Ⅰ (1) (a) グラフの傾きより図(a)(b)の加速度はそれぞれ,

$$a=\frac{1}{3}\ \text{〔m/s}^2\text{〕}\quad,\quad a=-1\ \text{〔m/s}^2\text{〕}$$

よって, $x=1\times3+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{3}\cdot3^2=4.5$ 〔m〕・・・(ア)⑦

$x=2\times3+\frac{1}{2}\cdot(-1)\cdot3^2=1.5$ 〔m〕・・・(イ)④

(b) 図(c)は単振動を表している。グラフから, $T=4$ で,

$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{\pi}{2}\cong1.6$ 〔rad/s〕・・・(エ)④

$v=A\omega$ より

$A=\frac{v}{\omega}=\frac{2}{\frac{2\pi}{T}}=\frac{T}{\pi}=\frac{4}{3.14}\cong1.3$ 〔m〕・・・(ウ)③

グラフより, $v=2\cos\frac{\pi}{2}t$ と表され

これを微分して, $x=\frac{4}{\pi}\sin\frac{\pi}{2}t$ と表される。

よって, $t=3.0$ のとき, $x=-\frac{4}{\pi}\cong-1.3$ ・・・(オ)②

$a=-\omega^2x=-\left(\frac{\pi}{2}\right)^2\left(-\frac{4}{\pi}\right)=\pi\cong3.1$ ・・・(カ)⑧

(2) 運動量保存則より,

$3.0\times2.0=3v_A+5v_B$

跳ね返り係数より,

$0.60=-\frac{v_A+v_B}{2.0-0}$

$\therefore v_A=0$ 〔m/s〕・・・(キ)③

$v_B=1.2$ 〔m/s〕・・・(ク)⑥

$\Delta K=\frac{1}{2}\cdot3.0\cdot2.0^2-\frac{1}{2}\cdot5.0\cdot1.2^2=2.4$ 〔J〕・・・(ケ)⑧

ア	7	イ	4	ウ	3	エ	4
オ	2	カ	8	キ	3	ク	6
ケ	8						

Ⅱ (1) (a) $\mathrm{QR}=ct=\mathrm{BR}\times\sin(\alpha+\theta)$ ・・・(ア)③

$vt=\mathrm{BR}\times\sin\alpha$ ・・・(イ)③(ウ)①

図より

$\angle\mathrm{CBR}=\theta+\alpha+\{\pi-(\phi+\theta)\}=\alpha-\phi+\pi$ で

$\therefore \mathrm{BC}=ct=\mathrm{BR}\times\sin(\alpha-\phi+\pi)=\mathrm{BR}\times\sin(\phi-\alpha)$

・・・(エ)④ (オ)⑨

(b) (ⅰ)(ⅱ)より

$\mathrm{BR}\times\sin(\alpha+\theta)=\mathrm{BR}\times\sin(\phi-\alpha)$

$\therefore \phi=2\alpha+\theta$ ・・・(カ)⑥

$ct=\mathrm{BR}\times\sin(\alpha+\theta)$, $vt=\mathrm{BR}\times\sin\alpha$ の辺々を割って

$$\frac{c}{v}=\frac{\sin(\alpha+\theta)}{\sin\alpha}$$

$\Leftrightarrow c\sin\alpha=v\sin(\alpha+\theta)$

$\Leftrightarrow c\sin\alpha=\sin\alpha\cos\theta+\cos\alpha\sin\theta$

$\Leftrightarrow c\sin\alpha=\sin\alpha\cos\theta+\sqrt{1-\sin^2\alpha}\sin\theta$

$\therefore \sin\alpha=\frac{v\sin\theta}{\sqrt{c^2-2cv\cos\theta+v^2}}$ ・・・(キ)⑧

(2) ドップラー効果の問題にあたる。

ア	3	イ	3	ウ	1	エ	4
オ	9	カ	6	キ	8	ク	4
ケ	3	コ	3	サ	0	シ	8
ス	6						

Ⅲ (1) (a) $Q=rI^2t$ ・・・(ア)⑨

$P\Delta V=nR\Delta T$ より

$P_0\times Sx=nR\Delta T$

$\therefore U=\frac{3}{2}nR\Delta T=\frac{3}{2}P_0Sx$ ・・・(イ)⑤

$W=P_0Sx$ ・・・(ウ)④

$Q=nC_P\Delta T=\frac{5}{2}nR\Delta T=\frac{5}{2}P_0Sx=\frac{5}{2}W$

$\therefore W=\frac{2}{5}Q$ ・・・(ウ)④

(b) 1秒間で考える。まず, 初めと1秒後の状態方程式は,

$P_0SL=nRT$

$P_0S(L+v)=nRT'$

公式 $Q=nC_P\Delta T$ より

$20\times1=\frac{5}{2}nR(T'-T)$

$=\frac{5}{2}\{P_0S(L+v)-P_0SL\}=\frac{5}{2}P_0Sv$

$\therefore v=\frac{2\times20\times1}{5\times P_0S}=8\times10^{-3}=0.8$ 〔cm/s〕・・・(オ)⑤

(2) (c) つりあいより

$P_0S+kx=PS$

$\therefore P=P_0+\frac{kx}{S}=$ 代入 $=1.2\times10^5$ 〔Pa〕・・・(カ, キ, ク)

気体は大気とバネに仕事をするから

$W=P_0Sx+\frac{1}{2}kx^2=$ 代入 $=1.1\times10^2$ 〔J〕・・・(ケ, コ, サ)

初めと後の状態方程式は

$1.0\times10^5\times0.50\times1.0\times10^{-2}=nRT$

$1.2\times10^5\times0.60\times1.0\times10^{-2}=nRT'$

$\therefore U=\frac{3}{2}nR(T'-T)=$ 代入 $=3.3\times10^2$ 〔J〕・・・(シ, ス, セ)

(d) 状態方程式は, $P_0SL=nRT$, $PS(L+x)=nRT'$

また, つりあいより, $P=P_0+\frac{kx}{S}$

熱力学第一法則より，

$$rI^2 \times t = \frac{3}{2}nR(T' - T) + P_0Sx + \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{3}{2}\left\{\left(P_0 + \frac{kx}{S}\right)S(L+x) - P_0SL\right\} + P_0Sx + \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{5}{2}P_0Sx + \frac{3}{2}kLx + 2kx^2$$

$$\therefore t = \frac{1}{rI^2}\left\{2kx^2 + \left(\frac{5}{2}P_0S + \frac{3}{2}kL\right)x\right\}$$ ・・・（ソ）③

$k=0$ の場合，定圧変化となるので，$C = C_p = \frac{5}{2}R$

$k=\infty$ の場合，定積変化となるので，$C = C_v = \frac{3}{2}R$ に近づく。

このことを考えあわせると，答えは⑥のグラフとなる。

・・・（タ）⑥

ア	9	イ	5	ウ	4	エ	4
オ	5	カ	1	キ	2	ク	5
ケ	1	コ	1	サ	2	シ	3
ス	3	セ	2	ソ	3	タ	6

Ⅳ（1）（a）　円の運動方程式は，

$$m\frac{v_0^2}{r} = qv_0B$$

これと周期の公式より，$T = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB}$

$$\therefore t = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{qB}$$ ・・・（ア）②

円の運動方程式より，

$$-2r = -\frac{2mv_0}{qB}$$ ・・・（イ）⑤

（b）　（a）の答えより・・・（ウ）⑦（エ）②

（2）（c）$x = -3r + r\cos\omega t$ と表せるから，微分して
$v = -r\omega\sin\omega t$。このグラフの平均を計算する。

$$\bar{v} = \frac{\int_0^{\frac{T}{2}} r\omega\sin\omega t dt}{\frac{T}{2}} = \frac{2r}{\frac{T}{2}} = \frac{2\omega}{\pi} = \frac{2v_0}{\pi}$$ ・・・（オ）⑧

（d）エネルギー原理より

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = q\cdot E\cdot 2d \qquad \therefore v_1 = \sqrt{\frac{4qEd}{m}}$$

同様に，$\frac{1}{2}mv_3^2 = q\cdot E\cdot 2d\times 3$

$$\therefore v_3 = \sqrt{\frac{12qEd}{m}} = \sqrt{3}v_1 \cong 1.7v_1$$ ・・・（カ）③

さらに，$\frac{1}{2}mv_2^2 = q\cdot E\cdot 2d\times 2$

$$\therefore v_2 = \sqrt{\frac{8qEd}{m}} = \sqrt{2}v_1$$

（a）の答えを利用して，$2R = \frac{2mv_1}{qB}$，

$$2R' = \frac{2mv_2}{qB} = \frac{2m\sqrt{2}v_1}{qB} = 2\sqrt{2}R$$

x 軸からの距離 $= 2R + 2R' = 2R + 2\sqrt{2}R = 4.8\times R$ ・・・（キ）⑥

ア	2	イ	5	ウ	7	エ	2
オ	8	カ	3	キ	6		

【講評】　昨年，一昨年も難しくて問題量も多かったが，それに輪を掛けて難易度が増している。すべての問題を解くのは困難。難しい問題も随所にみられ，簡単な問題を確実に解いて，あとは難しい問題にいかにくらいついていけているかどうかだ。生物との問題量・難易度に差がありすぎてこれでは物理の生徒はまともに戦えない。改善の余地は大いにある。点数調整はされないのだろうか。

一次突破ラインは，仮に例年の合格者がこの問題を受ければ５５点ぐらい。生物との点数調整がなされなければ70 点ぐらいになる。

追記

杏林大学様からウインダムに連絡がありました。今回は点数調整はなされなかったそうです。