Windom の解答速報 順天堂大(医) 物理 2015

I　第1問

問1　(a)　運動量保存則とはね返り係数の関係から立式,

$$u=\frac{4}{3}v \quad \Rightarrow \quad \boxed{1} \quad ⑤$$

(b) エネルギー原理より,

$$mgl\sin\theta-\frac{1}{2}mu^2=-\mu mg\cos\theta\cdot l$$

$$\therefore l=\frac{u^2}{2g\left(\sin\theta+\mu\cos\theta\right)}$$

摩擦力によってされた仕事は,

$$W=-\mu mg\cos\theta\cdot l$$

$$=-\mu mg\cos\theta\times\frac{u^2}{2g\left(\sin\theta+\mu\cos\theta\right)}$$

$$=-\frac{\mu mu^2}{g\left(\tan\theta+\mu\right)}$$

失ったエネルギー＝－摩擦力によってされた仕事で,

答えは, $\dfrac{\mu mu^2}{g\left(\tan\theta+\mu\right)} \quad \Rightarrow \quad \boxed{2} \quad ⑧$

問2　浮力と容器とおもりのつりあいより,

$$1.0\times\left(l+1\right)Sg=\rho lSg=mg$$

よって, 数値を代入して,

$$1.0\times\left(l+1\right)\times20=120 \qquad l=5.0\,\mathrm{cm}$$

また, $\rho=\dfrac{l+1}{l}=\dfrac{6}{5}=1.2\,\mathrm{g/cm^3} \quad \Rightarrow \quad \boxed{3} \quad ②$

問3　水面波は自由端反射で, 光の粗から密な面での反射は固定端反射なので, 入射波をずらして反射波を考え, それとずらした入射波を合成してグラフを作成する。固定端反射は反射面では節になる事に注意する。

答えは, $\boxed{4}$ ⑥　$\boxed{5}$ ②

問4　ぎりぎり全反射する時を考えて,

屈折の法則より, $\dfrac{\sin\theta}{\sin\alpha}=n_1$ で

また, 屈折の法則より, $\sin\left(90°-\alpha\right)=\dfrac{n_2}{n_1}$ で,

これらより, $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ を利用して,

$$n_1=\sqrt{n_1{}^2+\sin^2\theta} \quad \Rightarrow \quad \boxed{6} \quad ⑤$$

問5　(a)　$N=4\pi kQ$ は暗記事項。 $\Rightarrow$ $\boxed{7}$ ⑨

(b) 本文より,

$$E=\frac{4\pi k\times Q}{2S}=\frac{2\pi kQ}{S} \quad \Rightarrow \quad \boxed{8} \quad ⑤$$

(c) 球の外側では, $V=k\dfrac{Q}{a}$ になり, 金属球はどこも等電位であることに注意する。 $\Rightarrow$ $\boxed{9}$ ④

問6　エネルギー原理より, $\dfrac{1}{2}mv^2=eV_0$

ローレンツ力が働いて円の運動をするので,

$$m\frac{v^2}{r}=evB$$

これらから, $V_0=\dfrac{mv^2}{2e}=\dfrac{m\left(eBr\right)^2}{2em^2}=\dfrac{eB^2r^2}{2m}=\text{代入}=20\,\mathrm{V}$

$\Rightarrow$ $\boxed{10}$ ⑨

第2問

問1　バネの弾性力と導体棒は磁界から力を受けるから,

合力$=-kx-IBl \quad \Rightarrow \quad \boxed{1}$ ①

問2　導体棒の誘導起電力は, $V=vBl$ で, これに並列関係にあるコンデンサーの電気量は,

$$Q=CV$$

$$=CvBl \quad \Rightarrow \quad \boxed{2} \quad ①$$

問3　導体棒の運動方程式は,

$$ma=-kx-IBl$$

この時, $I=\dfrac{dQ}{dt}$ で, $a=\dfrac{dv}{dt}$ であるから,

$$m\frac{dv}{dt}=-kx-\frac{dQ}{dt}Bl$$

$Q=CvBl$ であることも考慮して,

$$m\frac{dv}{dt}=-kx-CBl\frac{dv}{dt}Bl$$

よって, $\left(m+CB^2l^2\right)\dfrac{dv}{dt}=-kx$

これより, $T=2\pi\sqrt{\dfrac{m+CB^2l^2}{k}}$

$$\therefore t_0=\frac{T}{4}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m+CB^2l^2}{k}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{3} \quad ⑥$$

問4　導体棒は単振動をしていて,

$\dfrac{4}{3}t_0$ では $\dfrac{A}{2}$ だけ伸びた状態にある。

系全体のエネルギーは保存されるので,

$$\frac{1}{2}kA^2=E+\frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2$$

$$\therefore E=\frac{1}{2}kA^2-\frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2=\frac{3}{8}kA^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{4} \quad ③$$

第3問

問 1　つりあいより，$k\dfrac{L}{2}=P_0S$

また，状態方程式は，$P_0S\dfrac{L}{2}=1\cdot RT_0$

よって，$\dfrac{1}{4}kL^2=RT_0$　　$\Rightarrow$ $\boxed{1}$ ②

問 2　$E_0=\dfrac{1}{2}k\left(\dfrac{L}{2}\right)^2+\dfrac{3}{2}1\cdot RT_0$

$=\dfrac{1}{2}RT_0+\dfrac{3}{2}1\cdot RT_0=2RT_0$　　$\Rightarrow$ $\boxed{2}$ ④

問 3　つりあいより，$kx=P_1S$

また，状態方程式は，$P_1S(L+x)=1\cdot RT$

$\therefore kx(L+x)=1\cdot RT$

よって，$E=\dfrac{1}{2}kx^2+\dfrac{3}{2}1\cdot RT$

$=\dfrac{1}{2}kx^2+\dfrac{3}{2}kx(L+x)$

$=2kx^2+\dfrac{3}{2}kLx$　　$\Rightarrow$ $\boxed{3}$ ⑥

問 4　断熱材であることから内部エネルギーと弾性エネルギーの合計が保存される。

$$\frac{3}{2}1\cdot RT_0+\frac{1}{2}k\left(\frac{L}{2}\right)^2=\frac{3}{2}1\cdot RT+\frac{1}{2}kx^2$$

$$\frac{3}{2}\cdot\frac{1}{4}kL^2+\frac{1}{2}k\left(\frac{L}{2}\right)^2=\frac{3}{2}\cdot kx(L+x)+\frac{1}{2}kx^2$$

$$\therefore 4x^2+3Lx-L^2=0$$

$\therefore x=\dfrac{L}{4}$　　$\Rightarrow$ $\boxed{4}$ ③

問 5　$kx(L+x)=1\cdot RT$ に $x=\dfrac{L}{4}$ を代入して，

$$k\frac{L}{4}\left(L+\frac{L}{4}\right)=1\cdot RT$$

$\therefore T=\dfrac{\frac{5}{16}kL^2}{R}=\dfrac{\frac{5}{4}RT_0}{R}=\dfrac{5}{4}T_0$　　$\Rightarrow$ $\boxed{5}$ ⑦

$\boxed{\text{II}}$

問 1　(a)　エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2=\frac{1}{2}mv^2+mgr(1-\cos\theta)$$

$\therefore K=\dfrac{1}{2}m{v_0}^2-mgr(1-\cos\theta)$（答）

(b) 中心方向の円の運動方程式より，

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

$$=\frac{2}{r}\left\{\frac{1}{2}m{v_0}^2-mgr(1-\cos\theta)\right\}+mg\cos\theta$$

$=m\dfrac{{v_0}^2}{r}+mg(3\cos\theta-2)$（答）

(c)　$\theta=2\pi$ で $N\geq0$ より，

$$N=m\frac{{v_0}^2}{r}+mg(3\cos2\pi-2)\geq0$$

$\therefore v_0\geq\sqrt{5gr}$（答）

問 2　(a)　円の運動方程式は，

$$mg\tan\theta=m\frac{v^2}{R+r\sin\phi}$$

$\therefore v=\sqrt{(R+r\sin\phi)g\tan\phi}$（答）

(b) 鉛直方向のつりあいより，

$$N\cos\phi=mg$$

$\therefore N=\dfrac{mg}{\cos\phi}$（答）

(c)　$T=\dfrac{2\pi(R+r\sin\phi)}{v}=2\pi\sqrt{\dfrac{R+r\sin\phi}{g\tan\phi}}$（答）

【講評】　昨年と異なり問題の難易度は適正であり，きちんと学習できている受験生には解けそうはレベルである。ただやはり問題量は多い。解くのが速い受験生でも全部を解ききるのは難しく，スピードの差が得点の差となる。

第１問は割となじみのある問題が多い。しっかり解いておきたい。

第２問は途中からレベルが高くなり，差が付きやすい。

第３問もなじみのある問題だが，立式をミスると見失う。

$\boxed{\text{II}}$も慣れている解きやすそうな問題だが，ややひねってあり，半径の取り方や遠心力の方向を違えやすい。

合格ラインは問題量が多かったので，７割〜７割５分。