Windom の解答速報 順天堂大(医) 物理 2010

I　**第1問**

問1 1　ばねA, Bそれぞれの伸びを a, b として，
力のつりあいより，

$$k_A a = k_B b$$

また，$a + b = h - 2l$

$$\therefore k_A = \frac{k_B(h-2l)}{k_A + k_B} \quad \Rightarrow ⑥$$

問2 (a)　2　系の運動方程式は，

$$(M+m)a = Mg - mg\sin\theta - \mu' mg\cos\theta$$

$$\therefore a = \frac{M - m(\sin\theta + \mu'\cos\theta)}{M+m}g \quad \Rightarrow ⑤$$

(b)　3　おもりの運動方程式は，

$Ma = Mg - T$ で，

$$\therefore T = M(g-a)$$

$$= \frac{mM(1+\sin\theta+\mu'\cos\theta)}{M+m}g \quad \Rightarrow ⑤$$

問3 4　1／2波長が管の長さに相当するから，

$$\frac{\lambda}{2} = L$$

$$\therefore f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{2L} \quad \Rightarrow ④$$

5　閉管の場合は1／4波長が管の長さに相当する，

$$\frac{\lambda}{4} = L$$

$$\therefore f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{4L} \Rightarrow ②$$

問4 6　$d\sin\theta - d\sin\phi = m\lambda$

$$\therefore \sin\theta - \sin\phi = \frac{m\lambda}{d} \Rightarrow ⑧$$

問5 (a)　7　エネルギー原理より，

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \quad \Rightarrow ③$$

(b)　8　円の運動方程式は，

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

これに(a)の答を代入して，$m\dfrac{1}{r}\sqrt{\dfrac{2eV}{m}} = eB$

$$\therefore \frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2R^2} \quad \Rightarrow ⑥$$

第2問

問1 1　衛星の円の運動方程式は，

$$m\frac{{v_0}^2}{r_0} = G\frac{Mm}{{r_0}^2}$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r_0}} \quad \Rightarrow ①$$

問2 2　$E = \dfrac{1}{2}m{v_0}^2 - \dfrac{GMm}{r_0}$

$$= \frac{1}{2}m\frac{GM}{r_0} - \frac{GMm}{r_0} = -\frac{GMm}{2r_0} \quad \Rightarrow ①$$

問3 3　運動量保存則より

$$mv_0 = \varDelta m(v' - V) + (m - \varDelta m)v'$$

$$\therefore v' = v_0 + \frac{\varDelta m}{m}V \quad \Rightarrow ②$$

問4 4　面積速度一定の法則より，

$$\frac{1}{2}r_0v_1 = \frac{1}{2}rv$$

$$\therefore v_1 = \frac{r}{r_0}v \quad \Rightarrow ⑦$$

問5 5　エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}m{v_1}^2 - \frac{GMm}{r_0} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r}$$

これに $v_1 = \dfrac{r}{r_0}v$ を代入して，

$$v = \sqrt{\frac{2GMr_0}{(r+r_0)r}} \quad \Rightarrow ⑥$$

問6 6　円の運動方程式は，

$$mr\omega^2 = G\frac{Mm}{r^2}$$

また，$T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ より，

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} \quad \Rightarrow ⑥$$

第3問

問1 1　初めと後の状態方程式は，

$$P_0V_0 = nRT_0$$

$$aP_0V_0 = nRT$$

定積変化だから，

$$Q = nC_V\varDelta T$$

$$= nC_V(T - T_0) = nC_V\left(\frac{aP_0V_0 - P_0V_0}{nR}\right)$$

$$\therefore \frac{Q}{P_0V_0} = \frac{(a-1)C_V}{R} \quad \Rightarrow ⑤$$

問2 2　この過程の後の状態方程式は，

$$aP_0 \cdot bV_0 = nRT'$$

定圧変化だから，した仕事は，

$$W = aP_0 \times \varDelta V = aP_0 \times (bV_0 - V_0) = aP_0 \times (b-1)V_0$$

$$\therefore \frac{W}{P_0V_0} = a(b-1) \quad \Rightarrow ⑤$$

3　$\varDelta U = nC_V\varDelta T = nC_V(T' - T)$

$$= nC_V\left(\frac{abP_0V_0 - aP_0V_0}{nR}\right)$$

$$\therefore \frac{\Delta U}{P_0V_0}=\frac{a(b-1)C_V}{R} \quad \Rightarrow ⑧$$

問3 $\boxed{4}$　この過程は断熱変化で$Q=0$，
よって熱力学第１法則より

$$0=\Delta U+W'$$
$$=nC_V(T_0-T')+W'$$

よって$W'=nC_V(T'-T_0)=nC_V\left(\frac{abP_0V_0-P_0V_0}{nR}\right)$なので，

$$\therefore \frac{W'}{P_0V_0}=\frac{(ab-1)C_V}{R} \quad \Rightarrow ⑥$$

問4 $\boxed{5}$　この過程は等温変化だから$\Delta U=0$
よって熱力学第１法則より，

$$q=0-cP_0V_0=-cP_0V_0 \quad \Rightarrow ③$$

問5 $\boxed{6}$　仕事率の定義は

$$e=\frac{\text{1サイクルでした仕事}}{\text{吸収した熱量}}$$ で，

$$e=\frac{a(b-1)P_0V_0+\frac{(ab-1)C_V}{R}P_0V_0-cP_0V_0}{\frac{(a-1)C_V}{R}P_0V_0+\frac{a(b-1)C_V}{R}P_0V_0+a(b-1)P_0V_0}$$
$$=\frac{a(b-1)+\frac{(ab-1)C_V}{R}-c}{\frac{(a-1)C_V}{R}+\frac{a(b-1)C_V}{R}+a(b-1)}$$

ここで，分母$=\frac{(a-1)C_V}{R}+\frac{a(b-1)C_V}{R}+a(b-1)$

$$=\frac{(a-1+ab-a)C_V}{R}+a(b-1)$$
$$=\frac{(ab-1)C_V}{R}+a(b-1) \quad \Rightarrow ⑥$$

$\boxed{\text{II}}$

問1　誘電体が入ったコンデンサーの容量をCとすると，
直列接続されたコンデンサーの合成容量は$\frac{C}{2}$となる。
この合成されたコンデンサーに起電力Vがかかり，Q_0の電気量が蓄えられているので，$Q_0=\frac{C}{2}V$と書ける。

$$\therefore C=\frac{2Q_0}{V} \quad （答）$$

問2　電気量Qは，グラフより，

$Q=\frac{Q_0}{T}t$と表される。

公式$Q=It$とグラフの傾きより，

$$I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}=\frac{Q_0}{T}$$

ある時刻tでの電位差に関して，キルヒホッフの法則より，

$$V=RI+2\times\frac{Q}{C}$$
$$\therefore V=R\frac{Q_0}{T}+\frac{2}{C}\frac{Q_0}{T}t$$
$$\therefore R=\left(V-\frac{V}{T}t\right)\frac{T}{Q_0} \quad （答）$$

問3　$P=RI^2$

$$=\left(V-\frac{V}{T}t\right)\frac{T}{Q_0}\times\left(\frac{Q_0}{T}\right)^2$$
$$=\frac{Q_0}{T}V-\frac{Q_0V}{T^2}t \quad （答）$$

（グラフ省略）

問4　電池がした仕事がジュール熱と静電エネルギーになるので，$Q_0V=H+\frac{1}{2}Q_0V$

$$\therefore H=\frac{1}{2}Q_0V \quad （答）$$

問5　した仕事が静電エネルギーの変化量になるので，

$$W=\Delta U=\frac{{Q_0}^2}{2\frac{C}{\varepsilon_r}}-\frac{{Q_0}^2}{2C}$$
$$=(\varepsilon_r-1)\frac{{Q_0}^2}{2C}=(\varepsilon_r-1)\frac{{Q_0}^2}{2\frac{2Q_0}{V}}=\frac{(\varepsilon_r-1)}{4}Q_0V \quad （答）$$

【講評】　典型的な問題が多く，問題の内容やレベルがずいぶん易しくなった。Ⅱの問２だけが応用問題にあたる。合格ラインはかなり高く，８割５分は必要になる。

万有引力の問題は『順天の攻略』でずばり的中した。