Windomの解答速報 慈恵医大 物理 2013

1.（Ⅰ）

問１ $v_0=\sqrt{2g(h-a)}$ ・・・（答）

問２ $t_0=\sqrt{\dfrac{2(h-a)}{g}}$ ・・・（答）

問３ 力積と運動量の関係で，力積はグラフの面積を使って，

$$0-mv_0=-\frac{F_0\tau}{2}$$

$$\therefore F_0=\frac{2mv_0}{\tau}=\frac{2m}{\tau}\sqrt{2g(h-a)}$$ ・・・（答）

問４ 力積と運動量の関係より，

$$mv-0=\frac{F_0\theta}{2}$$

$$\therefore v=\frac{F_0\theta}{2m}=\frac{2m}{\tau}\sqrt{2g(h-a)}\cdot\frac{\theta}{2m}=\frac{\theta}{\tau}\sqrt{2g(h-a)}$$ ・・・（答）

問５ $e=\dfrac{v}{v_0}=\dfrac{\theta}{\tau}$ ・・・（答）

問６

$$\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}m{v_0}^2=\frac{m}{2}\left(\frac{\theta^2}{\tau^2}-1\right)2g(h-a)=\frac{\theta^2-\tau^2}{\tau^2}mg(h-a)$$ ・・・（答）

（Ⅱ）

問１ 力積と運動量の関係より，

水平方向 $mv'\sin\theta'-mv\sin\theta=-\mu'R\Delta t$

垂直方向 $mv'\cos\theta'+mv\cos\theta=R\Delta t$

問２ はね返り係数を使って，$e=\dfrac{v'\cos\theta'}{v\cos\theta}$

問１の方程式を用いて，

$$\tan\theta'=\frac{\tan\theta-\mu'(e+1)}{e}$$ ・・・（答）

2.（Ⅰ）

問１ $E_x=\dfrac{1}{2}m{v_x}^2+\dfrac{1}{2}Kx^2$ ・・・（答）

問２ $\dfrac{1}{2}K\langle x^2\rangle=\dfrac{1}{2}m\langle {v_x}^2\rangle=\dfrac{E_x}{2}$

$\therefore\langle x^2\rangle=\dfrac{E_x}{K}$ ・・・（答）

問３ 等方性より，$\langle x^2\rangle=\langle y^2\rangle=\langle z^2\rangle$

また，$\langle r^2\rangle=\langle x^2\rangle+\langle y^2\rangle+\langle z^2\rangle$で，

これらより，$\langle r^2\rangle=3\langle x^2\rangle$

$\therefore\langle r^2\rangle=\dfrac{3E_x}{K}$ ・・・（答）

問４ 平均運度エネルギーは，$\langle K\rangle=\dfrac{3}{2}k_BT$で，

平均の力学的エネルギー$\langle E\rangle$との関係は，$\langle E\rangle=2\langle K\rangle$

よって，$\langle E\rangle=3k_BT$ ・・・（答）

問５ $A=\pi\sqrt{\langle r^2\rangle}^2=\pi\langle r^2\rangle$

$$=\pi\frac{3E_x}{K}=\pi\frac{\langle E\rangle}{K}=\pi\frac{3k_BT}{K}=\frac{3\pi k_BT}{K}$$ ・・・（答）

（Ⅱ）

問１ ふたつの導線の電流が作る磁場の合成だから，

$E=\dfrac{V}{L}$ ・・・（答）

問２ 先ほど求めた磁場を使ってそれが電流に加える力を求める。

$$kAv=eE$$

$$=e\frac{V}{L}$$

$$\therefore v=\frac{eV}{kAL}=\frac{eV}{k\dfrac{3\pi k_BT}{K}L}=\frac{eVK}{3\pi kk_BTL}$$ ・・・（答）

問３ $I=envS$

$$=en\frac{eVK}{3\pi kk_BTL}S=\frac{e^2nVKS}{3\pi kk_BTL}$$ ・・・（答）

問４ $R=\dfrac{V}{I}=\dfrac{3\pi kk_BTL}{e^2nKS}$ ・・・（答）

（Ⅲ）

問１ $P=RI^2==\dfrac{3\pi kk_BTL}{e^2nKS}\times\left(\dfrac{e^2nVKS}{3\pi kk_BTL}\right)^2=\dfrac{e^2nV^2KS}{3\pi kk_BTL}$

問２ $aT^4=\dfrac{e^2nV^2KS}{3\pi kk_BTL}$

$\therefore T=\dfrac{e^2nKS}{3a\pi kk_BL}V^{\frac{2}{5}}$ $\therefore p=\dfrac{2}{5}$ ・・・（答）

$$I=\frac{e^2nVKS}{3\pi kk_B\dfrac{e^2nKS}{3a\pi kk_BL}V^{\frac{2}{5}}L}=aV^{\frac{3}{5}}$$

$\therefore p=\dfrac{3}{5}$ ・・・（答）

3.（Ⅰ）

問１　ドップラー効果の公式より，$f_A = \dfrac{c+v}{c} f_B$ 倍

$$\therefore v = \frac{f_A - f_B}{f_B} c \quad ・・・（答）$$

問２　ドップラー効果の公式より，$f_B = \dfrac{c}{c-v} f$

$$f = \frac{c-v}{c} f_B = \left(1 - \frac{f_A - f_B}{f_B}\right) f_B = 2f_B - f_A \quad ・・・（答）$$

問３　$n = f_A - f = f_A - (2f_B - f_A) = 2(f_A - f_B)$

問４ (1) 気球が受ける浮力の大きさを F とすると，つりあいより，

$Mg = F$

砂袋が無くなった後の気球に加わる合力は鉛直下向きを正として，

合力 $= (M-m)g - Mg = -mg$

運動方程式は，$(M-m)a = -mg$

$$a = -\frac{m}{M-m} g$$

$0 - v^2 = 2ah$ より，求める高さ h は，

$$h = -\frac{v^2}{2a} = \left(\frac{f_A - f_B}{f_B} c\right)^2 \frac{M-m}{2mg} \quad ・・・（答）$$

(2) ドップラー効果の公式より，$f'_B = \dfrac{c}{c-v'} f$

等加速運動するので，$v' = v + at = v - \dfrac{m}{M-m} gt$

よって，$$f'_B = \frac{c}{c - \dfrac{f_A - f_B}{f_B} c + \dfrac{m}{M-m} gt}(2f_B - f_A)$$

$$= \frac{c}{\dfrac{2f_B - f_A}{f_B} c + \dfrac{m}{M-m} gt}(2f_B - f_A) \quad ・・・（答）$$

【講評】　いずれも良問で慈恵の問題としては標準的である。ただ，日頃慣れてない内容のものばかりなので一般的には難問の部類に入る。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し従って立式をしなければいけない。

１．（Ⅰ）力積と運動量の関係とグラフを使ってしっかり式を作れるかどうか。（Ⅱ）も力積と運動量の関係を使って巧みに立式しなければいけない。計算も戸惑うであろう。

２．誘導に従えるかどうか。問題文の意味を解せないと数式が違ってくる。

３．前半はドップラー効果の問題で比較的易しい。後半は合力がしっかり出せたかどうかで決まる。

一次突破ラインは７０点ぐらいであろうか。