



Windom の解答速報 慈恵医大 物理 2012

1. (I)

問1 運動方程式は、それぞれ、

$$ma_{\perp} = -mg - kv_{\perp} \quad \dots \text{(答)}$$

$$ma_{\parallel} = -kv_{\parallel} \quad \dots \text{(答)}$$

問2 等速になるから、 $a_{\perp} = 0$, $a_{\parallel} = 0$ で、

$$mg = -kv_{\perp}$$

$$\therefore v'_{\perp} = -\frac{mg}{k} \quad \dots \text{(答)}$$

$$\text{また, } v_{\parallel} = 0 \quad \dots \text{(答)}$$

問3 1時間で1[m²]に $\rho \times 1 \times l \times 10^{-3}$ [kg]の雨が降るので、その個数は雨粒一つあたりの質量で割って、また一秒あたりに換算すると、

$$N = \frac{\rho \times 1 \times l \times 10^{-3}}{m} \times \frac{1}{3600}$$
$$= \frac{\rho l}{3.6m} \times 10^{-5} \quad \dots \text{(答)}$$

問4 ひとつの雨粒が屋根に与える力積 I は、

$$I = |0 - mv_{\infty}| = mv_{\infty}$$

1秒間で N 個の雨粒が屋根に当たるので、これらが屋根に加える力は、

$$F = mv_{\infty} \times N$$

よって圧力は単位面積あたりの力だから、

$$P = \frac{F}{1} = \frac{mv_{\infty} \times N}{1} = \frac{v_{\infty} \rho l}{3.6m} \times 10^{-5} \quad \dots \text{(答)}$$

(II)

問1 点Dでの円の運動方程式は、

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

また、点Pと点Dでのエネルギー保存則より、

$$mgr(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_D^2$$

$$\text{よって, } N = mg(3 \cos \theta - 2) \quad \dots \text{(答)}$$

問2 離れる点では $N = 0$ だから、

$$N = mg(3 \cos \theta - 2) = 0$$

$$\therefore \cos \theta = \frac{2}{3}$$

$$1 + \tan^2 \theta = \frac{1}{\cos^2 \theta} \quad \text{より,}$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{\sqrt{5}}{2} \quad \dots \text{(答)}$$

問3 離れる点からは斜方投射になる。

その初速 v_0 は、

$$mgr\left(1 - \frac{2}{3}\right) = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad \text{より, } v_0 = \sqrt{\frac{2}{3}gr}$$

よって、

$$v_{x0} = v_0 \cos \theta = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}gr}$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \theta = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}gr} \times \frac{\sqrt{5}}{3}$$

鉛直方向で考えて、

$$r \cos \theta + r = v_{y0}t + \frac{1}{2}gt^2$$

これから、水平面に落下するまでの時間を t_1 とすると、

$$t_1 = \frac{10 - \sqrt{10}}{3\sqrt{3}} \sqrt{\frac{r}{g}}$$

よって、求める距離は、

$$l = r \times \frac{\sqrt{5}}{3} + v_0 \cos \theta \times t_1$$
$$= r \times \frac{\sqrt{5}}{3} + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}gr} \times \frac{10 - \sqrt{10}}{3\sqrt{3}} \sqrt{\frac{r}{g}}$$
$$= \frac{5\sqrt{5} + 20\sqrt{2}}{27} = \frac{5(\sqrt{5} + 4\sqrt{2})}{27} \quad \dots \text{(答)}$$

2. (I)

問1 I_1 が作る z 軸上の磁場は $-y$ 方向に,

$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi z}$$

I_2 が作る z 軸上の磁場は $+x$ 方向に,

$$H_2 = \frac{I_2}{2\pi x}$$

$$\text{よって, } \left(\frac{I_2}{2\pi x}, -\frac{I_1}{2\pi z}, 0 \right) \quad \dots \text{ (答)}$$

問2 磁場が0になる点は $x-y$ 平面上にあり,

I_1 と I_2 が作る磁場が同じ大きさで反対向きになる点だから,

$$\frac{I_2}{2\pi x} = \frac{I_1}{2\pi y}$$

$$\therefore y = \frac{I_1}{I_2} x \quad \text{但し } (0, 0) \text{ は除く} \quad \dots \text{ (答)}$$

問3 磁場が0になるためには次の式を満たす必要がある。

$$\frac{I}{2r} = \frac{I_2}{2\pi a} + \frac{I_1}{2\pi b}$$

$$\therefore I = \frac{r}{\pi} \left(\frac{I_2}{a} + \frac{I_1}{b} \right) \quad \dots \text{ (答)}$$

電流の向きは, I $\dots$ (答)

(II)

問1 ふたつの導線の電流が作る磁場の合成だから,

$$H = \frac{I}{2\pi r} \cos 30^\circ \times 2$$

$$= 1.1 \times 10 \text{ [A/m]}$$

磁場の向きは, $A \rightarrow B$ $\dots$ (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。

$$F = IBl = \mu_0 I H l \cong 2.8 \times 10^{-5} \text{ [N]} \quad \dots \text{ (答)}$$

磁場の向きは, 紙面の上から下 $\dots$ (答)

3. (I)

問1 気体の状態方程式より,

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{3pV}{R \cdot 3T}}{\frac{2p \cdot 2V}{R \cdot 2T}} = \frac{3}{3} \times \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \text{ 倍} \quad \dots \text{ (答)}$$

問2 内部エネルギーは, $U = nC_V T$ で定義されるので,

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1 \frac{5}{2} R \cdot 3T}{n_2 \frac{3}{2} R \cdot 2T} = \frac{5}{4} \text{ 倍} \quad \dots \text{ (答)}$$

(II)

問1 断熱容器だから気体の内部エネルギーは保存される。

$$n_1 \frac{5}{2} R \cdot 3T + n_2 \frac{3}{2} R \cdot 2T = n_1 \frac{5}{2} RT' + n_2 \frac{3}{2} RT'$$

$n_2 = 2n_1$ を使って,

$$\therefore T' = \frac{27}{11} T \quad \dots \text{ (答)}$$

問2 気体の状態方程式より,

$$p'(V + 2V) = (n_1 + n_2)RT'$$

また, 初めの A の気体の状態方程式は,

$$3pV = n_1 R \cdot 3T$$

$$\therefore pV = n_1 RT$$

$$\text{これらより, } p' = \frac{27}{11} p \quad \dots \text{ (答)}$$

(III)

問1 平衡状態での気体全体の状態方程式よりは,

$$p(3V + V_C) = (n_1 + n_2)RT''$$

初めから平衡状態に達するまでの熱力学第1法則は,

$$0 = \Delta U + pV_C \text{ で, 書き直すと,}$$

$$0 = n_1 \frac{5}{2} R(T'' - 3T) + n_2 \frac{3}{2} R(T'' - 2T) + pV_C$$

$$\text{これらより, } \frac{V_C}{V} = \frac{48}{17} \quad \dots \text{ (答)}$$

問2 問1の結果を利用して計算すると,

$$\frac{T''}{T} = \frac{33}{17} \quad \dots \text{ (答)}$$

【講評】 全体的に難しい。日頃から難問に取り組んでいないと途中から手がつけられなくなる。

1. (I)は途中から応用的な要素が加わってやや難しい。力積の使い方を思い出せたかどうか。(II)は標準的だが、最後は計算量が多く解くのはものすごく大変。これは捨ててよい。

2. 標準的な問題であった。これはミスなく完答を目指したい。

3. 定積モル比熱の使い方を知らないと解くのは困難。また、内部エネルギー保存の適応の仕方もしっかり学べてなくてはならない。(III)は立式、計算を含めて難しい。慈悲らしい良問である。

一次突破ラインは75点ぐらいであろうか。