解答速報

埼玉医科大学（前期）　物理

2025年 2月 4日実施

【解答】

1	1	①	2	③	3	⑦	4	④	5	①
	6	⑤	7	⑦	8	⑤	9	⑥		
2	10	⑧	11	⑨	12	③	13	⑦	14	⑦
	15	⑥	16	③	17	⑧				
3	18	④	19	③	20	⑨	21	⑨	22	②
	23	①	24	③	25	⑨	26	③	27	③
	28	④	29	⑧	30	⑦	31	④		

【講評】

1　非等速円運動と放物運動　「埼玉医科直前講習」が的中！

問 3 は計算量が多いので後回しにし，それ以外の設問で点を稼ぎたい。なお，「埼玉医科直前講習」において，半円筒上の非等速円運動を出題した。

2　ピストンと気体の状態変化　「埼玉医科直前講習」が的中！

文章 B の誘導に乗れたかどうかで差が付く。なお，「埼玉医科直前講習」において，ピストンと気体の状態変化（ポアソンの式）を出題した。

3　電場と電位

電場と電位の理解および題意を読み取る力が試される。

【総評】

昨年と同程度の難易度。例年通り，試験時間内の完答は難しい。正規合格ラインは，1 3 ミス，2 3 ミス，3 5 割の「合計 6 割」程度と思われる。1 次通過ラインは「合計 5 割」程度か。

$\boxed{1}$

問１　半径方向の運動方程式より　$\frac{mv^2}{r} = N - mg\cos\theta$　　$\therefore$　$N = mg\cos\theta + m\frac{v^2}{r}$ $\cdots$ (a)

問２（1）(a)式において，$\theta = 120°, N = 0, v = v_{\mathrm{c}}$ を代入して　$v_c = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{gr}$

（2）力学的エネルギー保存則より　$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mg \times \frac{3r}{2}$　　$\therefore$　$v_1 = \frac{\sqrt{14}}{2} \times \sqrt{gr}$

問３（1）鉛直方向の等加速度運動の式より　$0 - (v_c \sin 30°)^2 = 2(-g)\left(h - \frac{3r}{2}\right)$　　$\therefore$　$h = \frac{27}{16}r$

（2）a が床に落下するまでの時間tは　$-\frac{3}{2}r = v_C \sin 30° \cdot t + \frac{1}{2}(-g)t^2$　$\therefore$　$t = \sqrt{\frac{6r}{g}}$

求める距離をxとすると　$x - \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}r\right) = \frac{v_C}{2}t$　$\therefore$　$x = 0$

問４　(a)式において$\theta = 180°, v = v_{\mathrm{D}}, N = 0$を代入して　$v_{\mathrm{D}} = \sqrt{5gr}$

求める速さをVとすると力学的エネルギー保存則より　$\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2 + 2mgr$　$\therefore$　$V = \sqrt{gr}$

問５（1）問２より，左端の壁に当たったあとの a の速さはv_1である。よって，D を通過するときの速さも

v_1であるから，力学的エネルギー保存則より　$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + 2mgr$　$\therefore$　$v_2 = \frac{\sqrt{30}}{2}\sqrt{gr}$

（2）a が D を離れてから床に落下するまでの時間t_2は$t_2 = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$ であるから，求める距離x_2は

$x_2 = v_1 \times t_2 = \sqrt{14}r$

問６　B から$2r$離れた位置に落下するには2 度目に D を通過するときの速さは$\sqrt{gr}$である。また，始めから D を 2 度通過して床に落下する間には，位置エネルギー$2mgr$を 2 回分失うと考えて，力学的エネルギー保存則より　$\frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{1}{2}m\left(\sqrt{gr}\right)^2 + 2mgr \times 2$　$\therefore$　$v_3 = 3\sqrt{gr}$

2

問１　ポアソンの式

$$p_a V_0^{\frac{5}{3}} = p_2 \left(\frac{1}{2}V_0\right)^{\frac{5}{3}} \qquad \therefore p_2 = 2^{\frac{5}{3}} p_a$$

ピストンに対する力のつり合いより

$$Mg + p_a S = p_2 S$$

これに p_2 を代入して

$$M = \left(2^{\frac{5}{3}} - 1\right)\frac{p_a S}{g}$$

問２　$\Delta U = \dfrac{3}{2} nR\Delta T = \dfrac{3}{2}\left(p_s \cdot \dfrac{1}{2}V_0 - p_a V_0\right) = \dfrac{3}{2}\left(2^{\frac{2}{3}} - 1\right) p_a V_0$

問３　第一法則より，熱量は 0 であるので，$W = \Delta U = \dfrac{3}{2}\left(2^{\frac{2}{3}} - 1\right) p_a V_0$

問４⑴　ピストンに対する力のつり合いより

$$M'g + p_a S = p_3 S \qquad \therefore p_3 = p_a + \frac{M'g}{S}$$

状態方程式より

$$\left(p_a + \frac{M'g}{S}\right)\frac{1}{2}V_0 = nRT_{\mathrm{III}}$$

⑵　$W^{\mathrm{in}} = p_a \cdot \dfrac{1}{2}V_0 + M'g \cdot \dfrac{\frac{1}{2}V_0}{S} = \left(p_a + \dfrac{M'g}{S}\right)\dfrac{1}{2}V_0$

問５　内部エネルギー変化量は

$$\Delta U = \frac{3}{2}\left(p_3 \cdot \frac{1}{2}V_0 - p_a V_0\right)$$

これに p_3 を代入して，

$$\Delta U = W^{\mathrm{in}}$$

を用いると

$$M' = \frac{5 p_a V_0}{g}$$

問６　問５の M' を ⑴式に代入して

$$T_{\mathrm{III}} = 3T_0$$

問７　ポアソンの式より

$$3T_0\left(\frac{1}{2}V_0\right)^{\frac{2}{3}} = T V_0^{\frac{2}{3}} \qquad \therefore T = 3\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} T_0$$

3

問１　スイッチＡを閉じると$E_A = (-3.0\,\mathrm{V/m}, 0)$、$x$軸正の方が電位が高いことに注意して

$$V_A = 3.0x + 0y + 0$$

問２　スイッチ AB を閉じると$E_{AB} = (-3.0\,\mathrm{V/m}, -4.0\,\mathrm{V/m})$、$x$軸正$y$軸正の方が電位が高いことに注意して

$$V_{AB} = 3.0x + 4.0y + 0$$

問３(1)　質量$m = 1.0 \times 10^{-10}\mathrm{kg}$、$q = 4.0 \times 10^{-8}\mathrm{C}$、とおくと、

$$qV_{AB} = 4.0 \times 10^{-8} \cdot \{3.0 \cdot 3.0 \times 10^{-3} + 4.0 \cdot (-1.0 \times 10^{-3})\} = 2.0 \times 10^{-10}\mathrm{J}$$

(2) (1)のエネルギーが全て運動エネルギーに変換されたので、

$$qV_{AB} = \frac{1}{2}mv^2 \qquad v = \sqrt{\frac{2qV_{AB}}{m}} = 2.0\,\mathrm{m/s}$$

(3)　力積は運動量変化と等しいので$mv - 0 = 1.0 \times 10^{-10} \cdot 2.0 = 2.0 \times 10^{-10}\mathrm{N \cdot s}$

速度の「大きさ」:「x成分」:「y成分」＝5：3：4 であるから，運動量のx成分とy成分は$(-1.2 \times 10^{-10}$、$-1.6 \times 10^{-10})$であり，これが力積に等しい。

(4)　基準線は原点を通る傾きが$-\frac{3}{4}$の直線なので、$y = -\frac{3}{4}x$

点電荷Ｑは$(x, y) = (3.0 \times 10^{-3}, -1.0 \times 10^{-3})$を通り、傾きが$\frac{4}{3}$の直線上を運動するので、その軌道の関数は$y = \frac{4}{3}x - 5.0 \times 10^{-3}$と書ける。

この２つの直線の交点を求めると、$(x, y) = (2.4 \times 10^{-3}$、$-1.8 \times 10^{-3})$となる。