医学部専門予備校　クエスト　解答速報

埼玉医科大学　物理　　試験日 2 月 4 日（火）

ミライを拓く 武器を君に

知は力なり

$\boxed{1}$

問1

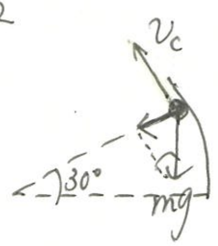
点Pにおける運動方程式(以下、EOMと略記)を立てて、

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

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

$\boxed{1}$ ①

問2



EOMより、

$$m\frac{v_c^2}{r} = mg\sin 30°$$

$$\therefore v_c = \sqrt{\frac{1}{2}gr}$$

$\boxed{2}$ ③

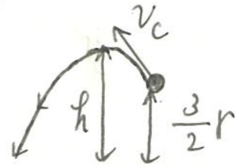
エネルギー保存則(以下、エネ保と略記)より、

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_c^2 + mg\frac{3}{2}r$$

$$\therefore v_1 = \sqrt{\frac{7}{2}gr}$$

$\boxed{3}$ ⑦

問3

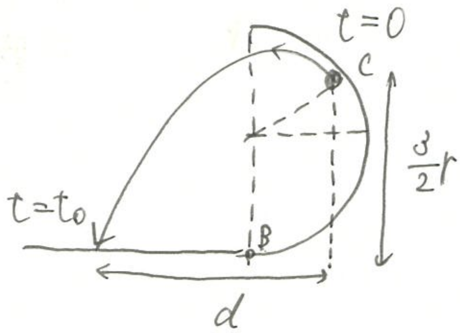


$$0^2 - (v_c\cos 30°)^2 = 2(-g)\left(h - \frac{3}{2}r\right)$$

$$\therefore h = \frac{3}{2}r + \frac{3v_c^2}{8g}$$

$$= \frac{27}{16}r$$

$\boxed{4}$ ④



$$\begin{cases} -\frac{3}{2}r = v_c\cos 30°\cdot t_0 - \frac{1}{2}gt_0^2 & \cdots ㋐ \\ d = v_c\sin 30°\cdot t_0 & \cdots ㋑ \end{cases}$$

㋐より、

$$t_0 = \frac{\sqrt{3}v_c + \sqrt{3v_c^2 + 12gr}}{2g} \quad (\because t_0 > 0)$$

$$= \sqrt{\frac{6r}{g}}$$

㋑に代入して、

$$d = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}gr}\cdot\sqrt{\frac{6r}{g}} = \frac{\sqrt{3}}{2}r$$

よって、Bから5の距離 $= d - r\cos 30^\circ$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2}r - \frac{\sqrt{3}}{2}r$$

$$= 0$$

$\boxed{5}$ ①

問4

(これは結果を覚えている人も多いでしょう。)

$\sqrt{5gr}$

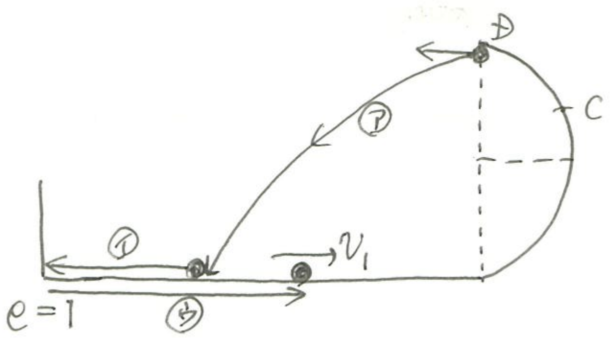
$\boxed{6}$ ①

$$\begin{cases} \text{点Dでの EOM.：} m\dfrac{v_D^2}{r} = N + mg \\ \text{エネ保：} \dfrac{1}{2}mv_0^2 = \dfrac{1}{2}mv_D^2 + mg \cdot 2r \end{cases}$$

この2式から v_D^2 を消し、$N \geq 0$ として、

$$v_0 \geq \sqrt{5gr}$$

問5



⑦→①→⑦において、水平方向の速さは不変。

よって、Dで v_1 であれば、aは点Cで離れる。

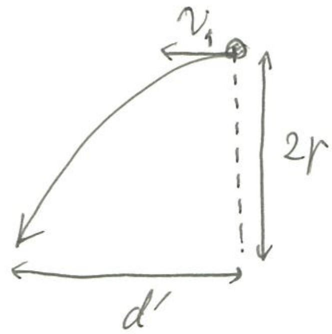
初速度を v_2 として、エネ保。を考えると、

$$\underbrace{\frac{1}{2}mv_2^2}_{\text{はじめ}} = \underbrace{\frac{1}{2}mv_1^2 + mg \cdot 2r}_{\text{点D}}$$

$$\therefore v_2^2 = \frac{2}{2}gr + 4gr$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{\frac{15}{2}gr}$$

$\boxed{7}$ ⑦



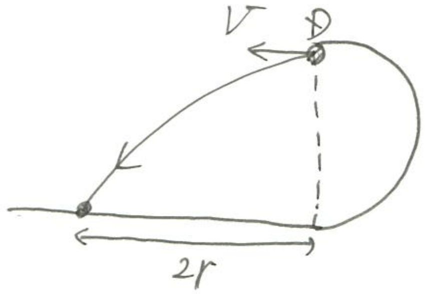
$$\begin{cases} 2r = \dfrac{1}{2}gt_1^2 \\ d' = v_1 t_1 \end{cases}$$

この2式から t_1 を消し、

$$d' = \sqrt{15}\,r$$

$\boxed{8}$ ⑤

問6



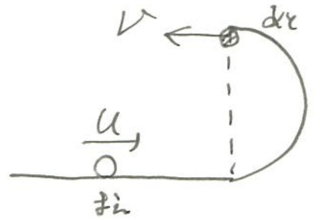
aがDを2回通過して床についたときの図

$$vt_1 = 2r$$

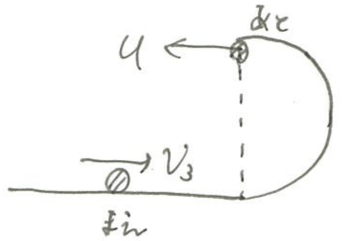
$$\therefore v = 2r\sqrt{\frac{g}{4r}} = \sqrt{gr}$$

上図のとき、少なくとも $v=\sqrt{gr}$ であればよい。

問5の考え方を2回適用すれば v_3 が求まる。



$$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mg\cdot 2r$$



$$\frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{1}{2}mu^2 + mg\cdot 2r$$

この2式から $\frac{1}{2}mu^2$ を消して、

$$\frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{1}{2}m\underbrace{v}_{\sqrt{gr}}{}^2 + 2mg\cdot 2r$$

$$\therefore v_3 = 3\sqrt{gr}$$

$\boxed{9}$　⑥

問4までは完答できていなければならない。

問5までできているのが望ましいが、その時間はなかったかも知れない。

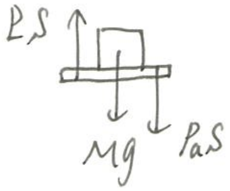
$\boxed{2}$

問1

ポアソンの法則より、

$$p_a V_0^{\gamma} = p\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma}$$

$$\therefore\ p = 2^{\gamma} p_a$$



EOM.より、

$$0 = pS - (Mg + p_a S)$$

$$\therefore\ M = (p - p_a)\frac{S}{g}$$

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

$\boxed{10}$ ⑧

問2

$$\Delta U = \frac{3}{2}(nRT_2 - nRT_0)$$

$$= \frac{3}{2}\left(p\frac{V_0}{2} - p_a V_0\right)$$

$$= \frac{3}{2}\left(2^{\frac{2}{3}} - 1\right)p_a V_0$$

$\boxed{11}$ ⑨

問3

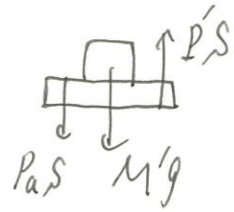
熱力学第1法則（以下、熱1.と略記）より、

$$0 = \Delta U - W_{\text{された}}$$

$$\therefore\ W_{\text{された}} = \Delta U$$

$\boxed{12}$ ③

問4



EOM.より、

$$0 = p'S - (M'g + p_a S)$$

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

$$\therefore\ p'\frac{V_0}{2} = \left(\frac{M'g}{S} + p_a\right)\frac{V_0}{2}$$

$\boxed{13}$ ⑦

問5

気体が外部からされた仕事

＝外部が気体にした仕事

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

$\boxed{14}$ ⑦

問5

熱1. より、

$$\underbrace{\frac{3}{2}\left\{\left(P_a+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2}-P_aV_0\right\}}_{\Delta U}\underbrace{-\left(P_a+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2}}_{-W_{された}}=0$$

$$\therefore M'=\frac{5P_aS}{g}$$

$\boxed{15}$ ⑥

問6

状態方程式より、

$$nRT_{\mathrm{IV}}=\left(P_a+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2}$$

$$=\left(P_a+5P_a\right)\frac{V_0}{2}$$

$$=3P_0V_0$$

ここで、 $P_0V_0=nRT_0$ から、

$$nRT_{\mathrm{IV}}=3nRT_0$$

$$\therefore T_{\mathrm{IV}}=3T_0$$

$\boxed{16}$ ③

問7

ポアソンの法則：$TV^{\gamma-1}=$ 一定 より、

$$3T_0\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma-1}=TV_0^{\gamma-1}$$

$$\therefore T=\frac{3}{2^{\gamma-1}}T_0$$

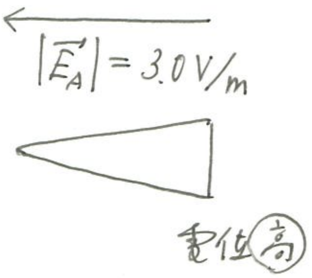
$$=3\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$$

$\boxed{17}$ ⑧

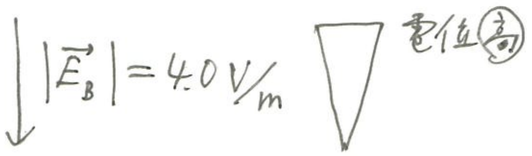
3題中 最も解きやすかったと思われる.
完答できた人が幾人もいたであろう.
ごくごく標準的な内容・レベルである.

3

• A ON, B OFF



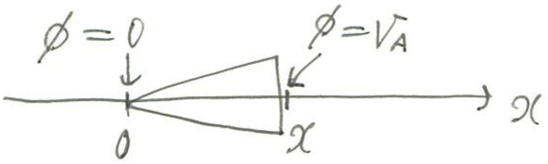
• A OFF, B ON



問1

$\vec{E_A} = (-3.0,\ 0)\ \mathrm{V/m}$

$\boxed{18}$ ④



電位差 $\Delta\phi = 3.0x$

$\phi = V_A = 3.0x\,[\mathrm{V}]$

$\boxed{19}$ ③

$\boxed{20}$ $\boxed{21}$ ともに⑨

or

$$d\phi = -\vec{E_A}\cdot d\vec{r}$$

$$= -\begin{pmatrix} -3.0 \\ 0 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix}$$

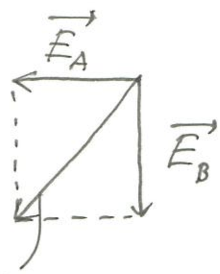
$$= 3.0\,dx\,[\mathrm{V}]$$

$$\therefore \int d\phi = \int 3.0\,dx$$

$$\phi = 3.0x + 0\ [\mathrm{V}]$$

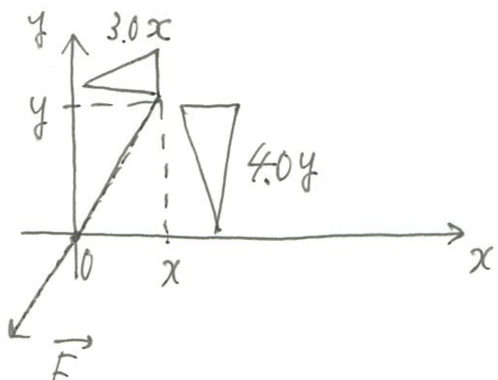
($\because$ $x=0$ で $\phi=0$ ゆえ)

問2



$\vec{E_{AB}} = (-3.0,\ -4.0)\ \mathrm{V/m}$

$\boxed{22}$ ②



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

$\boxed{23}$ ①　$\boxed{24}$ ③　$\boxed{25}$ ⑨

(ウ)

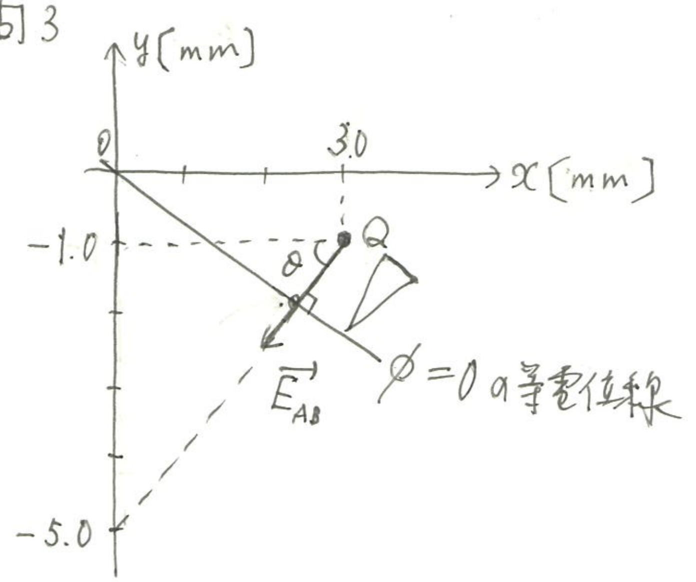
$$d\phi = -\vec{E}_{AB}\cdot d\vec{r}$$

$$= -\begin{pmatrix}-3.0\\-4.0\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}dx\\dy\end{pmatrix}$$

$$= 3.0dx + 4.0dy$$

$$\therefore \phi = 3.0x + 4.0y + 0$$

問3



点電荷Qは力 $q\vec{E}_{AB}$ を受け、$\vec{E}_{AB}$ の向きに動き出す。

$$U = q(3.0x + 4.0y)$$

$$= 4.0\times10^{-8}(3.0\times3.0\times10^{-3} + 4.0\times(-1.0\times10^{-3}))$$

$$= 2.0\times10^{-10}\,\mathrm{J}$$

$\boxed{26}$ ③

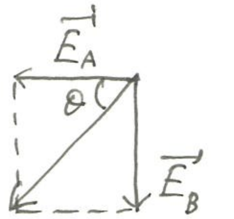
エネ保より、

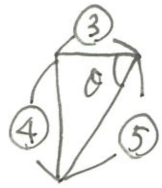
$$\frac{1}{2}mv^2 = U$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2\times2.0\times10^{-10}}{1.0\times10^{-10}}}$$

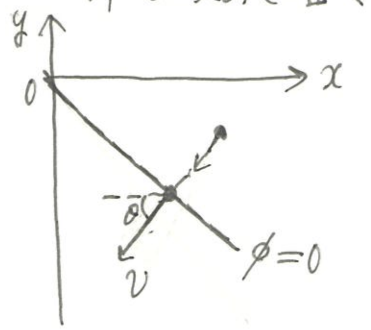
$$= 2.0\,\mathrm{m/s}$$

$\boxed{27}$ ③





左図の一部を改めて描く



$$\begin{cases} v_x = -v\cos\theta = -\frac{3}{5}v \\ \quad = -1.2\,\mathrm{m/s} \\ v_y = -v\sin\theta = -\frac{4}{5}v \\ \quad = -1.6\,\mathrm{m/s} \end{cases}$$

運動量の定理より、

$$I_x = \Delta p_x$$

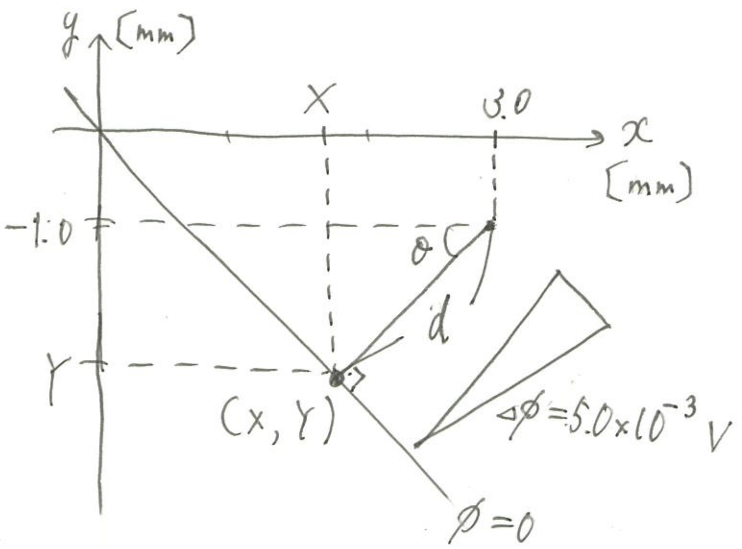
$$= mv_x - m\cdot 0$$

$$= -1.2\times10^{-10}\,\mathrm{N\cdot s}$$

$\boxed{28}$ ④

$$I_y = \Delta p_y$$
$$= m v_y - m \cdot 0$$
$$\doteqdot -1.6\times10^{-10}\ \mathrm{N\cdot s}$$

$\boxed{29}$ ⑧



Δφは $\boxed{26}$ を求める過程で出てきた。

$$\Delta\phi = 5.0\times10^{-3}\ \mathrm{V}$$

いま、$\vec{E}_{AB}$ は一様だから、以下が成立。

$$\Delta\phi = |\vec{E}_{AB}|\times d$$
$$\therefore d = \frac{5.0\times10^{-3}\ \mathrm{V}}{5.0\ \mathrm{V/m}}$$
$$= 1.0\ \mathrm{mm}$$

図より、

$$3.0 - X = d\cos\theta$$
$$\therefore X = 3.0 - d\cos\theta$$
$$= 3.0 - 1.0\times\frac{3}{5}$$
$$= 2.4\ \mathrm{mm}$$

$\boxed{30}$ ⑦

$$-1.0 - Y = d\sin\theta$$
$$\therefore Y = -1.0 - d\sin\theta$$
$$= -1.0 - 1.0\times\frac{4}{5}$$
$$= -1.8\ \mathrm{mm}$$

$\boxed{31}$ ④

3題中最も解きにくかっただろうと思われる。
$\boxed{27}$ までは正答したい。
電場と等電位線の関係，エネルギー保存則，力積と運動量変化の関係などを問う良問であった。完答できた人はお見事！