医学部専門予備校　クエスト　解答速報

埼玉医科大学（前期）　物理　試験日 1 月 31 日（火）

1

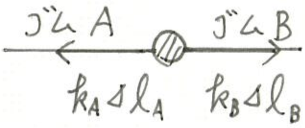
(1)

問1 ゴムひもの長さとばね定数は反比例するゆえ、

$k_A = \underbrace{\frac{5}{2}k}_{\boxed{ア}}$, $k_B = \underbrace{\frac{5}{3}k}_{\boxed{イ}}$

$\boxed{1}$ ⑧

問2



運動方程式（以下、EOM と略記）より、

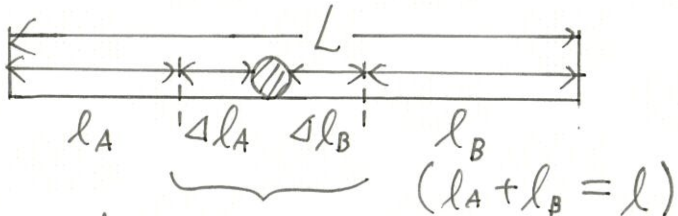
$$0 = k_B \Delta l_B - k_A \Delta l_A$$

$$\Leftrightarrow 0 = \frac{5}{3}k \cdot \Delta l_B - \frac{5}{2}k \cdot \Delta l_A$$

$$\therefore \Delta l_B = \frac{3}{2}\Delta l_A$$

$\boxed{2}$ ⑤

問3 ゴムひもは自然長より短くなると、弾性力＝0 となる。つまり、$k=0$ になると考えられる。よって、k の値が変わらないのは、ゴムA, B ともに自然長より長い場合のみである。



d がこれを超えてはダメ。

以上から、

$$\Delta l_A \geqq d \text{ かつ } \Delta l_B \geqq d$$

これと問2と考慮すると、

$$\Delta l_A \geqq d$$

$(\Delta l_A < \Delta l_B$ ゆえ$)$

また、次式も成立する。

$$L = l_A + l_B + \Delta l_A + \Delta l_B$$

$$= l + \Delta l_A + \Delta l_B \text{（上図参照）}$$

$$= l + \frac{5}{2}\Delta l_A \text{（}\because \text{問2）}$$

ゆえに、

$$\Delta l_A \geqq d$$

$$\Leftrightarrow \frac{2}{5}(L-l) \geqq d$$

$\boxed{3}$ ⑦

問4 合成ばね定数をKとすると、

$$K = k_A + k_B = \frac{25}{6}k$$

$$\therefore\ \omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{5\sqrt{6}}{6}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$\boxed{4}$ ⑨

また、最大振幅は $\frac{2}{5}(L-l)$ ゆえ（∵問3）、最大の速さは、

$$v = \frac{2}{5}(L-l)\,\omega = \frac{2}{5}(L-l)\cdot\frac{5\sqrt{6}}{6}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{\sqrt{6}}{3}\sqrt{\frac{k}{m}}\,(L-l)$$

$\boxed{5}$ ⑥

問5

$$\begin{cases} v_1 = \dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_0 \\ v_2 = \dfrac{(1+1)m_1}{m_1 + m_2}v_0 \end{cases}$$

$\boxed{6}$ ④

問6 重心速度

$$v_G = \frac{m_1 v_C + m_2 v_D}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2}v_0$$

$$\begin{cases} v_1' = v_1 - v_G = \dfrac{-m_2}{m_1 + m_2}v_0 \\ v_2' = v_2 - v_G = \dfrac{m_1}{m_1 + m_2}v_0 \end{cases}$$

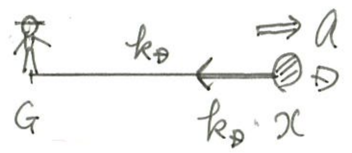
$\boxed{7}$ ②

$m_1 v_1' + m_2 v_2' = 0$ となり、重心からC, Dを見るとこの2物体は必ず逆向きに運動していることが分かる。

問7 v_Gをtで微分すると、

$$a_G = \frac{m_1}{m_1 + m_2}\frac{dv_0}{dt} = 0$$

となる。つまり、重心は慣性系である。



$$\left(k_D = \frac{m_1 + m_2}{m_1}k\right)$$

EOMより、

$$m_2 a = -k_D x$$

$$\Leftrightarrow m_2 a = -\frac{m_1 + m_2}{m_1}kx$$

$\boxed{8}$ ①

問8　問7から、

$$a = -\frac{m_1+m_2}{m_1 m_2} k x$$

$$= -\frac{3k}{2m_1} x \quad (\because m_2 = 2m_1)$$

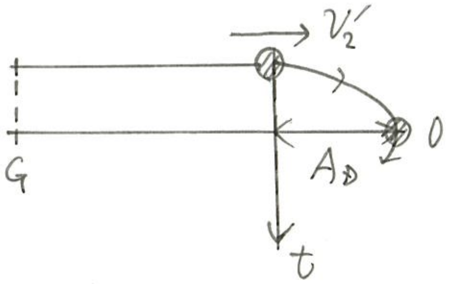
$$(\equiv \omega_D^2)$$

$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{2m_1}{3k}}$$

$$= \frac{2\sqrt{6}}{3}\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$$

$\boxed{9}$　⑦

Gから見たDについて考える。

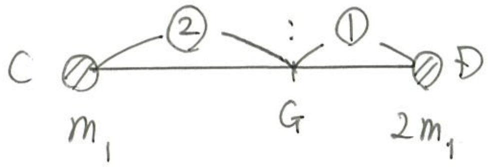


Dの振幅をA_Dとすると、次式が成立する。

$$v_2' = A_D \cdot \omega_D$$

$$\therefore A_D = \frac{v_2'}{\omega_D}$$

$$= \frac{1}{3} v_0 \times \sqrt{\frac{2m_1}{3k}}$$



よって、CD間の距離は

$$l + 3A_D$$

$$= l + \sqrt{\frac{2m_1}{3k}}\, v_0$$

$\boxed{10}$　⑤

問3は考えにくかったかも知れないが、残りは特にひねりのない「普通」の内容である。ばねにつながれた2物体の運動を重心から見る問題を解いたことのなかった人には難しかっただろうが、解いたことのある人には典型問題であっただろう。
(*)のような問題にあたったことのない人は（そんな人はいない？）本問などで練習しておこう。重心から見ると2物体の全運動量の和が0になること、ばね定数が変わること、2物体の周期は同じであることなどがポイントである。x-tグラフなども確認しておきたい。

$\boxed{2}$

〔1〕

問1　状態方程式（以下、EOSと略記）より、

$$P_A S h = RT$$

また、EOMより、

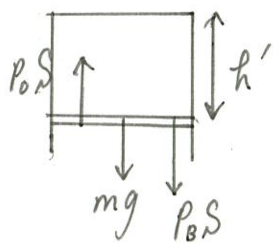
$$0 = P_A S - P_0 S - mg$$

2式より、

$$h = \frac{RT}{P_A S} = \frac{RT}{P_0 S + mg}$$

$\boxed{11}$　③

問2　A ⟶ B：T一定



$$\begin{cases} \text{EOS}: & P_B S h' = RT \\ \text{EOM}: & 0 = P_B S + mg - P_0 S \end{cases}$$

2式より、

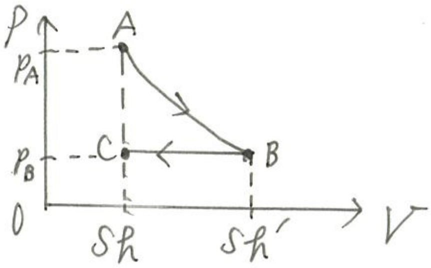
$$h' = \frac{RT}{P_0 S - mg}$$

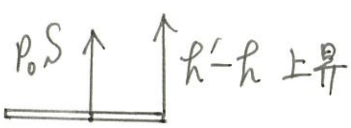
（ここで、条件 $P_0 > \frac{mg}{S}$ の意味が分かる）

$\boxed{12}$　⑤

問3　B → C：圧力一定

P−Vグラフを描くと以下。





$$W_0 = P_0 S (h' - h)$$
$$= P_0 S \left(\frac{RT}{P_0 S - mg} - \frac{RT}{P_0 S + mg} \right)$$
$$= P_0 S \frac{2mgRT}{(P_0 S)^2 - (mg)^2}$$

$\boxed{13}$　⓪

問4　B → Cは定圧変化ゆえ、

$$Q = \frac{5}{2} R \Delta T$$
$$= \frac{5}{2} P_B \Delta V$$
$$= \frac{5}{2} P_B S (h - h')$$
$$= \frac{5}{2} (P_0 S - mg) \frac{-2mgRT}{(P_0 S)^2 - (mg)^2}$$
$$= -5 \frac{mgRT}{P_0 S + mg}$$

$\boxed{14}$　①

問5 熱力学第1法則より,

$$Q = \Delta U + W_{\text{した}}$$

ここで, $W_{\text{した}}$ = P–Vグラフの面積に(−1)をかけたもの

$$= -(P_0 S - mg)(h' - h)$$

$$= \underbrace{mg(h'-h)}_{\Delta W_p} - \underbrace{P_0 S(h'-h)}_{W_0}$$

より,

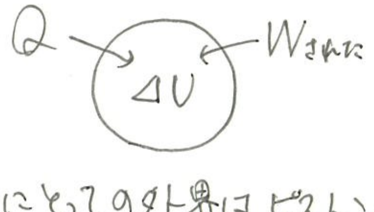
$$Q = \Delta U + \Delta W_p - W_0$$

$$\therefore \Delta U = Q + W_0 - \Delta W_p$$

$\boxed{15}$ ⑥

or

$$\Delta U = Q + \underbrace{W_{\text{された}}}_{\text{気体が外界からされた仕事}}$$



気体にとっての外界はピストンと大気である.
気体がピストンからされた仕事は $-\Delta W_p$ であり, 大気からされた仕事は W_0 である.

$$\therefore \Delta U = Q + (-\Delta W_p) + W_0$$

〔1〕

問5以外は基本問題である. 問5も応用的なものではなく, 標準的な内容である. 少なくとも問5以外は完答すべきレベルである.

〔2〕

波長を用いて答えるのが目新しかったかも知れない. ドップラー効果の「公式」のみを覚えている人には $\boxed{ア}$ や $\boxed{ウ}$ は難しかったかも知れない. 内容は定期テストレベルである. 完答したい.

〔2〕

問6

$$V = f\lambda \qquad V + v = f_R\lambda$$

$$\therefore f_R = \frac{V+v}{\lambda}$$

ア

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{V+v}{f_R} \text{ より、}$$

$$f_R = \frac{V+v}{V} f$$

イ

16　6

問7

$$V = f_0\lambda_R \qquad V - v = f_R\lambda_R$$

$$\lambda_R = \frac{V-v}{f_R} = \lambda_0$$

ウ

$$\lambda_R = \lambda_0 = \frac{V-v}{f_R} = \frac{V}{f_0}$$

$$\therefore f_0 = \frac{V}{V-v} f_R$$

$$= \frac{\cancel{V}}{V-v} \cdot \frac{V+v}{\cancel{V}} f$$

エ

17　4

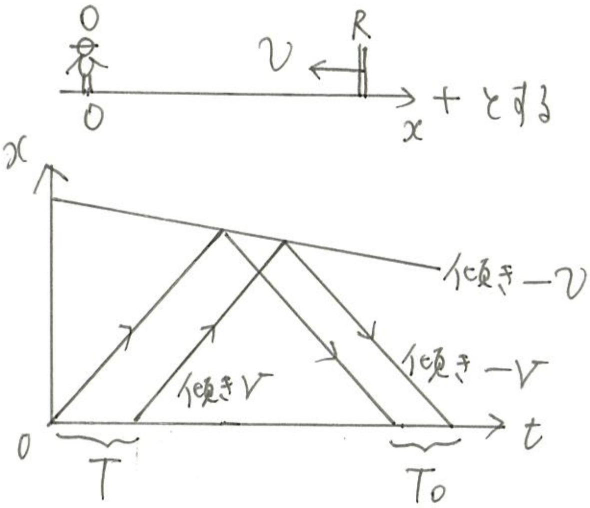
問8　波の数は保存されるので、

$$fT = f_0 T_0$$

$$\therefore T_0 = \frac{f}{f_0} T$$

$$= \frac{V+v}{V+v} T$$

18　2



グラフを描くと $T > T_0$ であることが明確に分かる。

問9　$T_0 = \frac{4}{5}T$ を 問8の答えに代入し、

$$\frac{4}{5} = \frac{V-v}{V+v}$$

$$\therefore v = \frac{1}{9}V$$

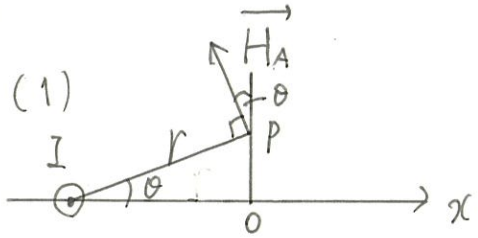
$$= 38\,\text{m/s}$$

19　5

$\boxed{3}$

〔1〕

問1 (1)



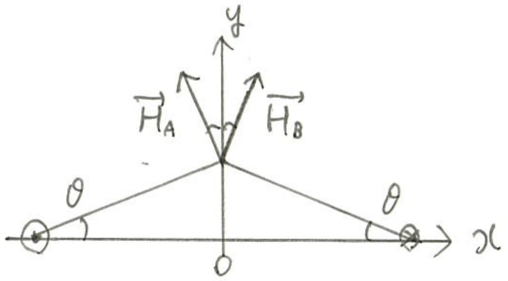
$$H_A = \frac{I}{2\pi r}$$

$\boxed{20}$ ①

(2) 向きは ⑧

$\boxed{21}$

〔2〕



$\vec{H} = \vec{H_A} + \vec{H_B}$ （重ね合わせの原理）

$$\therefore |\vec{H}| = |\vec{H_A} + \vec{H_B}|$$

$$= H_A \cos\theta \times 2$$

$$= \frac{I}{2\pi r}\frac{a}{r} \times 2$$

$$= \frac{aI}{\cancel{2}\pi\sqrt{a^2+y^2}^{\,2}} \times \cancel{2}$$

$\boxed{22}$ ②

(2) 向きは ①

$\boxed{23}$

問3　$\vec{H}$のx成分＝0より、⑦

$\boxed{24}$

$$\vec{H}\text{のy成分} = \frac{aI}{\pi(y^2+a^2)} \quad (>0)$$

このグラフは ④

$\boxed{25}$

〔3〕

問4　$H_{1x}(y) = H_x(y-a) = 0$

$\boxed{26}$ ⓪

$$H_{1y}(y) = H_y(y-a)$$

$$= \frac{I}{\pi}\cdot\frac{a}{a^2+(y-a)^2}$$

$\boxed{27}$ ②

問5　$H_{2x}(y) = 0$

$\boxed{28}$ ⓪

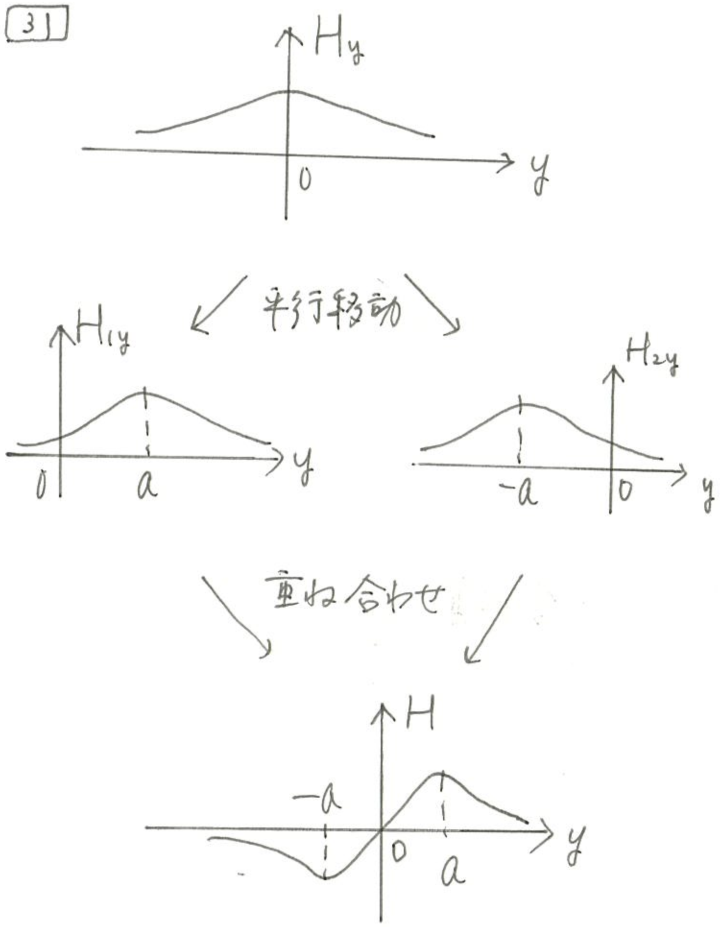
$$H_{2y}(y) = -H_y(y+a)$$

$$= -\frac{I}{\pi}\frac{a}{a^2+(y+a)^2}$$

$\boxed{29}$ ②

問6 $\boxed{30}$ ⑦

$\boxed{31}$



⑤

基本問題である。完答したい。

2021, 2022年は解きがいのある問いがいくつかあったが、今回の問題はそれらと比べると歯ごたえのない問いばかりであった。苦戦した人は基本〜標準レベルの項目をいま一度復習しよう。