令和２年度　入学者選抜学力検査
理科（物理）　解答例

1

問 1

計算：

斜面に平行な力のつり合いより，$mg\sin\theta_0 = \mu mg\cos\theta_0$

よって，　$\mu = \frac{\sin\theta_0}{\cos\theta_0} = \tan\theta_0$

$\mu \ = \ \tan\theta_0$

問 2

計算：立方体Aに作用する斜面方向の力f，斜面方向の加速度a，

点Qに到達するまでの時間をt_Qとすると，$f = ma = mg\sin\theta_1 - \mu' mg\cos\theta_1$，

$a = g(\sin\theta_1 - \mu'\cos\theta_1)$，$v_Q = at_Q$，$l = \frac{1}{2}at_Q^2$ より，

$v_Q \ = \ \sqrt{2gl(\sin\theta_1 - \mu'\cos\theta_1)}$ 〔m/s〕

問 3

計算：衝突直後の立方体Aおよび立方体Bの速度をそれぞれv_A，v_Bとすると，

$$\begin{cases} mv_0 = mv_A + Mv_B & \cdots (1) \\ -\frac{v_A - v_B}{v_0 - 0} = 1 & \cdots (2) \end{cases}$$ より，

$v_B \ = \ \frac{2m}{m+M}v_0$ 〔m/s〕

問 4

計算：

式(1)および(2)より，$v_A = \frac{m-M}{m+M}v_0$

物体Aが負の方向にはね返るためには，$v_A < 0$　よって$\frac{m-M}{m+M}v_0 < 0$ より，

答：　$m < M$

問 5

計算：衝突直後の立方体Aおよび立方体Cの速度をそれぞれ$v_A{}'$，v_Cとすると，

$$\begin{cases} mv_0 = mv_A{}' + Mv_C \\ v_A{}' = v_C \end{cases}$$ ，$v_A{}' = v_C = \frac{m}{m+M}v_0$

よって失われた力学的エネルギーは，$E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m+M)v_A{}'^2 = \frac{mMv_0^2}{2(m+M)}$

$E \ = \ \frac{mMv_0^2}{2(m+M)}$ 〔J〕

問 6

計算：ばねの自然長からの最大の縮みの大きさx_0を用いて，

力学的エネルギー保存の法則より，$\frac{1}{2}(m+M)v_A{}'^2 = \frac{1}{2}kx_0^2$となる．

$v_A{}' = \frac{m}{m+M}v_0$　より，$x_0^2 = \frac{m^2v_0^2}{k(m+M)}$ ，$v_0 > 0$，$x_0 > 0$　よって

$x_0 \ = \ \frac{mv_0}{\sqrt{k(m+M)}}$ 〔m〕

令和２年度　入学者選抜学力検査
理科（物理）　解答例

2

問 1

力積の大きさ＝　$2mv_x$　〔N・s〕

問 2

計算：分子は壁 W_x に衝突してから，x 軸方向に関して $2H$ の距離を移動した後，再び壁 W_x に衝突するので，その時間は，$\frac{2H}{v_x}$となる。　時間＝　$\frac{2H}{v_x}$　〔s〕

問 3

計算：単位時間の衝突回数は問 2 の解答の逆数$\frac{v_x}{2H}$であるから，時間 t の間の衝突回数は$\frac{v_xt}{2H}$となる。よって，時間 t の間に壁 W_x がこの 1 個の分子から受ける力積の大きさは，$\frac{2mv_x \times v_xt}{2H} = \frac{mv_x^2t}{H}$となる。　力積の大きさ＝　$\frac{mv_x^2t}{H}$　〔N・s〕

問 4

計算：力積＝力×時間であるので，壁 W_x が受ける力の大きさの時間平均を$\bar{f}$とする。また，$\bar{f}t = \frac{mv_x^2t}{H}$であるので，すなわち，$\bar{f} = \frac{mv_x^2}{H}$となる。　$\bar{f}$＝　$\frac{mv_x^2}{H}$　〔N〕

問 5

計算：1 個の分子について，その速度を v とすれば，$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$となるが，分子には特定の方向へのかたよりがないから，多数の分子を見たときには，それぞれの成分の平均値は同じになるはずである。すなわち，$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$である。よって，$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$。　$\overline{v_x^2}$＝　$\frac{1}{3}\overline{v^2}$　〔m^2/s^2〕

問 6

計算：問 4 と問 5 の解答より，$\bar{F} = N \times \bar{f} = \frac{N \times m\overline{v_x^2}}{H} = \frac{N \times \frac{1}{3}m\overline{v^2}}{H} = \frac{Nm\overline{v^2}}{3H}$となる。

$\bar{F}$＝　$\frac{Nm\overline{v^2}}{3H}$　〔N〕

問 7

計算：壁 W_x の面積は H^2 であるので，壁が受ける圧力 p は，$p = \frac{\bar{F}}{H^2} = \frac{Nm\overline{v^2}}{3H \cdot H^2} = \frac{Nm\overline{v^2}}{3V}$となる。　p＝　$\frac{Nm\overline{v^2}}{3V}$　〔Pa〕

問 8

計算：N 個の分子のもつ運動エネルギーE は，$E = N \times \frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{Nm\overline{v^2}}{2}$となる。問 7 の結果より，$Nm\overline{v^2} = 3pV$となる。よって，$E = \frac{3pV}{2}$となる。　E＝　$\frac{3pV}{2}$　〔J〕

問 9

計算：状態方程式より，$pV = nRT = \frac{N}{N_A}RT$となるので，問 8 の pVに代入して，$E = \frac{3NRT}{2N_A}$となる。　E＝　$\frac{3NRT}{2N_A}$　〔J〕

問 10

計算：ボルツマン定数 k_B の定義は，$k_B = \frac{R}{N_A}$であるので，問 9 の結果より，分子 1 個当たりの平均の運動エネルギーをεとすれば，$\varepsilon = \frac{E}{N} = \frac{3}{2}k_BT$となる。よって，$k_B = \frac{2\varepsilon}{3T} = \frac{2 \times 5.65 \times 10^{-21}}{3 \times 273} = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K　となる。

k_B＝　1.38×10^{-23}　J/K

令和２年度　入学者選抜学力検査
理科（物理）　解答例

3

問 1

ア　$f\lambda$	イ　超音波
ウ　ドップラー	エ　狭く（短く）
オ　広く（長く）	カ　$\dfrac{V-v_s}{f_0}$
キ　$\dfrac{V}{\lambda_1}$	ク　$\dfrac{V}{V-v_s}f_0$
ケ　$v_s\cos\theta$	コ　$\dfrac{V}{V-v_s\cos\theta}f_0$

問 2

(1)

計算：音源の移動速度 $v_s=20\mathrm{m/s}$ であることから，問 1 のクから

$$f_A=\frac{V}{V-v_s}f=\frac{340}{340-20}\times720=765\mathrm{Hz}$$

f_A = 765　Hz

(2)

計算：5 秒後の音源は観測者 A の位置にあり，観測者 B からみた音源の移動速度は，$v_s\cos90^\circ$ となるため，問 1 のコから

$$f_{B1}=\frac{V}{V-v_s\cos90^\circ}f=\frac{340}{340-0}\times720=720\mathrm{Hz}$$

f_{B1} = 720　Hz

(3)

計算：10 秒後の音源は，観測者 A から水平方向右側に 100m 離れており、このとき観測者 B からみた音源の移動速度は $v_s\cos135^\circ$ となるため，問 1 のコから

$$f_{B2}=\frac{V}{V-v_s\cos135^\circ}f=\frac{340}{340-20\times\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)}\times720=691.1\mathrm{Hz}=691\mathrm{Hz}$$

f_{B2} = 691　Hz

令和２年度　入学者選抜学力検査
理科（物理）　解答例

4

問 1

（ア）　a　　（イ）　c

問 2

$V_{\mathrm{ab}} = I_0 R \sin \omega t$　〔V〕

$V_{\mathrm{bc}} = \frac{I_0}{\omega C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$　または　$-\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t$　〔V〕

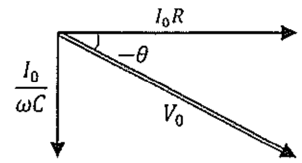
問 3

$V_{\mathrm{ac}} = V_{\mathrm{ab}} + V_{\mathrm{bc}}$　〔V〕

問 4

計算：問 2，問 3 の結果から $V_{\mathrm{ac}}(t) = I_0 R \sin \omega t - \frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t$ である。これに三角関数の合成を施すことによって，$V_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$, $\tan \theta = -\frac{1}{\omega CR}$ を得る。

（別解）右図のように電圧の最大値のベクトル表示を利用することで，V_0, $\tan\theta$を得る。



$V_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$　〔V〕　　$\tan \theta = -\frac{1}{\omega CR}$

問 5

計算：$\theta - \frac{\pi}{6} = -\frac{\pi}{2}$ を満たす必要があるので，$\theta = -\frac{\pi}{3}$　である。問 4 の結果にこれを代入すると，$\tan(-\frac{\pi}{3}) = -\frac{1}{\omega CR}$ を得る。この式より，$\omega = \frac{1}{\sqrt{3}CR}$ である。

$\omega = \frac{1}{\sqrt{3}CR}$　〔rad/s〕

問 6

計算：条件より $C_1 = 3C$ を満たす。一方，問 4 より，$\tan\gamma = -\frac{1}{\omega C_1 R}$ なので，$\tan\gamma = -\frac{1}{3\omega CR}$ を得る。

$\tan\gamma = -\frac{1}{3\omega CR}$

問 7

計算：ωは一定であるので，問 5 より$\omega = \frac{1}{\sqrt{3}CR}$である。これを問 6 の結果に代入すると，$\tan\gamma = -\frac{1}{\sqrt{3}}$ を得る。$-\frac{\pi}{2} \leqq \gamma \leqq \frac{\pi}{2}$ であるから $\gamma = -\frac{\pi}{6}$ を得る。$\gamma - \varphi = -\frac{\pi}{2}$ を満たす必要があるので，$\varphi = \frac{\pi}{3}$ である。

$\varphi = \frac{\pi}{3}$　rad