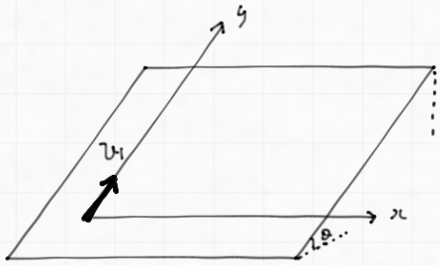
鹿児島大学2022

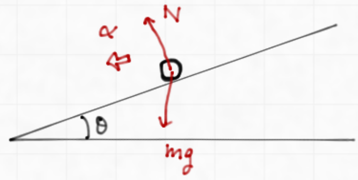
1 (1) 斜面と水平な方向の加速度(y軸の方向)は

$m\alpha = mg\sin\theta$ より $\alpha = g\sin\theta$ (y軸負の向き)

$\therefore\ v = v_1 - g\sin\theta\cdot t$

$t=t_1$のときに $v=0$ となるので $v_1 = \mathbf{g\sin\theta\cdot t_1}$

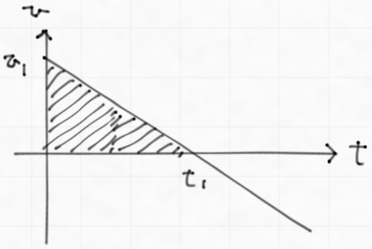




(2) $y_1 = v_1 t_1 - \frac{1}{2}g\sin\theta\cdot t_1^2 \cdots ①$

$= \int_0^{t_1} v_1 - g\sin\theta\cdot t\ dt = \int_0^{t_1} v\ dt$

よって右図の斜線部の面積に相当する

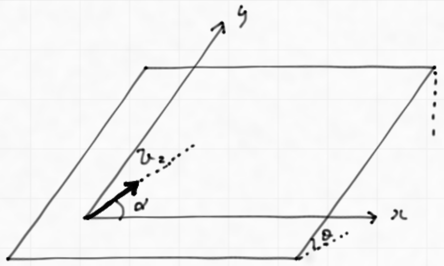


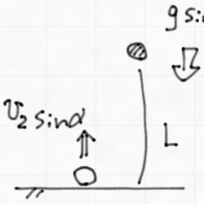
(3) ① のグラフを選べばよいので **(c)**

(4) $\alpha_x = \mathbf{0}$

(5) (1) より y軸方向の加速度は $-g\sin\theta$

これを見かけの重力として y軸方向のエネルギー保存を考える.





$\frac{1}{2}\cancel{m}(v_2\sin\alpha)^2 \leqq \cancel{m}g\sin\theta\cdot L$

$v_2 \leqq \mathbf{\frac{\sqrt{2gL\sin\theta}}{\sin\alpha}}$

(6) $\begin{cases} x = v_2\cos\alpha\ t \\ y = v_2\sin\alpha\ t - \frac{1}{2}g\sin\theta\cdot t^2 \end{cases}$

$\frac{2\cos\alpha\sin\alpha}{\cancel{\cos^2\alpha}}\ \cancel{\tan\alpha} = \frac{1}{\cancel{2}}g\sin\alpha\ \frac{x}{v_2^2\cancel{\cos^2\alpha}}$

$y = \tan\alpha\cdot x - \frac{1}{2}g\sin\theta\left(\frac{x}{v_2\cos\alpha}\right)^2$

$y=0$となるのは $x=0,\ \frac{v_2^2\sin 2\alpha}{g\sin\theta}$

$\alpha=30°$のとき $v_2=A$, $\alpha=60°$のとき $v_2=B$. で、このときのx座標が等しい

$\frac{A^2\sin 60°}{g\cancel{\sin\theta}} = \frac{B^2\sin 120°}{g\cancel{\sin\theta}}$

$A^2 = B^2$ $\qquad\therefore\ \frac{A}{B} = 1$

2 (1) (ア) $I = 2mv_x$　　(イ) $c = \dfrac{v_x}{2L}$

(ウ) 1つの分子が壁に加える平均の力を f として　$f = Ic$

1mol の気体が右壁を押す力 F は $f \times N_A$

圧力 $p_0 = F \div L^2 = \dfrac{IcN_A}{L^2}$

(エ) $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$, $\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = \overline{v^2}$ より　$\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$

(オ) (ウ)(エ)より.

$$p_0 = \cancel{2}m\overline{v_x} \times \frac{\overline{v_x}}{\cancel{2}L} \times N_A \times \frac{1}{L^2} = \frac{m\overline{v_x^2}N_A}{L^3} = \frac{m\overline{v^2}N_A}{3L^3}$$

$V_0 = L^3$ だから

$$p_0V_0 = \frac{1}{3}m\overline{v^2}N_A$$

(カ) $\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$

(キ) $p_0V_0 = 1 \cdot RT_0 = \dfrac{1}{3}m\overline{v^2}N_A$ より　$\dfrac{1}{2}m\overline{v^2} = \dfrac{3}{2}\left(\dfrac{R}{N_A}\right)T_0$

$$\frac{1}{2}m\overline{v^2} \times N_A = \frac{3}{2}RT_0$$

(ク) (カ) (キ) の結果を見て　見なくても知識だけでも分かるが…　定積モル比熱

T は $\overline{v^2}$ に比例し、比例定数は $\dfrac{3}{2}R$ で、これは(単原子分子理想気体なら)分子の種類によらず一定.

(D)

(2) (i) 断熱的な変化なので 気体のされた仕事と内部エネルギーの変化量が等しい.

気体がされた仕事は圧力が p_0 で一定と考えて. $-p_0\,dL^2$

$$\therefore \quad \Delta U = -p_0\,dL^2$$

(ii)

$p_0V_0 = RT_0$

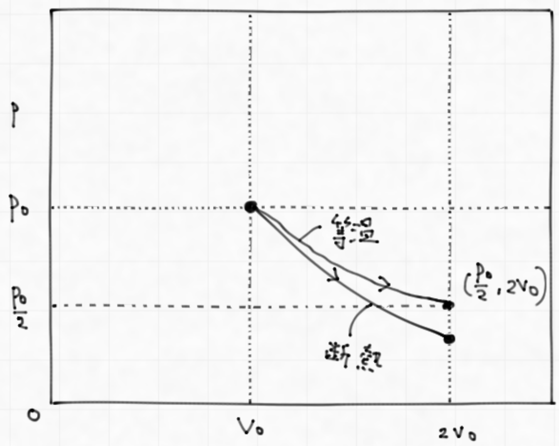
断熱膨張↓　$0 = W + \dfrac{3}{2}R(T-T_0)$

$p\,2V_0 = RT$

$p_0V_0 = RT_0$

等温↓　$Q = W' + 0$

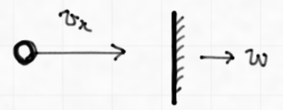
$p' \cdot 2V_0 = RT_0$



断熱膨張なので温度は下がる.
等温変化だと圧力 $\frac{p_0}{2}$ となるが、それよりも低い圧力になる

(iii)

(前)



$$\frac{-v_x' - w}{v_x - w} = -1 \qquad v_x' = v_x - 2w$$

(後)

v_x' は速さなので注意

(iv) 全ての分子の運動エネルギーの変化は $-\dfrac{m\overline{v_x^2}wt}{L} \times N_A = -\dfrac{m\overline{v^2}wt}{3L}N_A$

気体の行う仕事は $p_0 \times L^2 \times wt$ と近似でき. p_0 に(1)の結果を代入.

$$W = \frac{m\overline{v^2}N_A}{3L^3} \times L^2wt = \frac{m\overline{v^2}wt}{3L}N_A$$

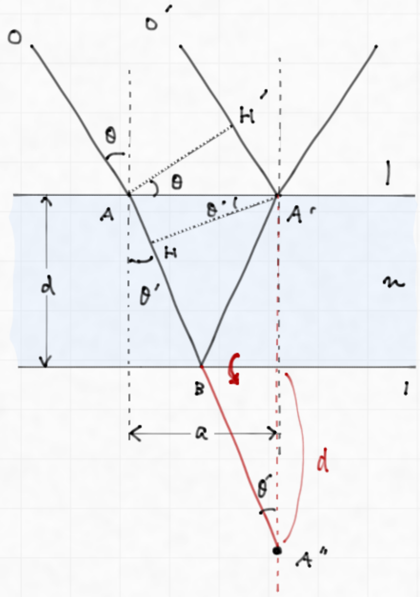
よって気体のした仕事と全分子の運動エネルギーの変化の大きさは等しい

3 (1) (A)

(2) (i) $A'H' \times 1 = a\sin\theta$

(ii) $AH \times n = an\sin\theta'$

(iii) 屈折の式 $\dfrac{\sin\theta}{\sin\theta'} = n$



(iv) 右図のようにA'を薄膜の下側に関して折り返す(A''とする)

△A''AA'に注目し

$a = AA' = A'A''\tan\theta' = 2d\tan\theta'$

(v) $AB + BA' = AB + BA'' = AA'' = \dfrac{2d}{\cos\theta'}$

(vi) $A \to B \to A'$ の光学距離は $AA'' \times n = \dfrac{2nd}{\cos\theta'}$

$H \to A'$ の光学距離は $a\sin\theta'$

光学距離の差 $\dfrac{2nd}{\cos\theta'} - an\sin\theta' = \dfrac{2nd}{\cos\theta'} - 2d\tan\theta' \times n \times \sin\theta'$

$$= \frac{2nd(1-\sin^2\theta')}{\cos\theta'} = 2nd\cos\theta'$$

A'で反射する際に位相がπずれる(Bでの反射の際に位相のずれはない)

$$\frac{2nd\cos\theta'}{\lambda} \times 2\pi - \pi = 2\pi \times m$$

$$2nd\cos\theta' = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda.$$

(vii) $\dfrac{\sin 30^\circ}{\sin\theta'} = 1.5$ より $\sin\theta' = \dfrac{1}{3}$ $\cos\theta' = \dfrac{2\sqrt{2}}{3}$

$$\cancel{2 \cdot 1.5} \times d \times \frac{2\sqrt{2}}{\cancel{3}} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \times 6.0 \times 10^{-7}$$

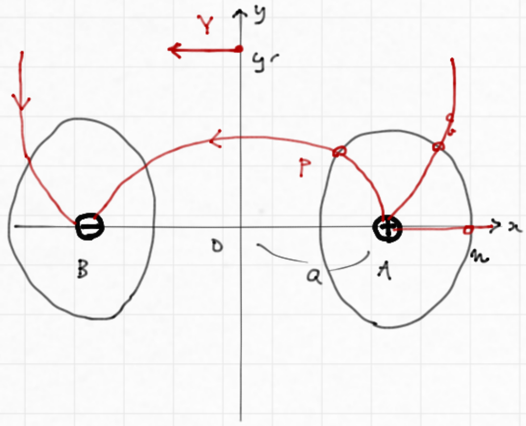
$$d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \times \frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^{-7}$$

$m = 1$ のとき. $d_1 = \dfrac{3\sqrt{2}}{4} \times 10^{-7} = \dfrac{4.242}{4} \times 10^{-7} = 1.1 \times 10^{-7}$ (m)

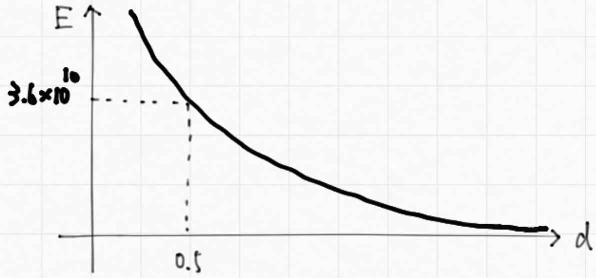
4

(1) 陽子 $\dfrac{1}{1.6\times10^{-19}} = 6.3\times10^{18}$ 個

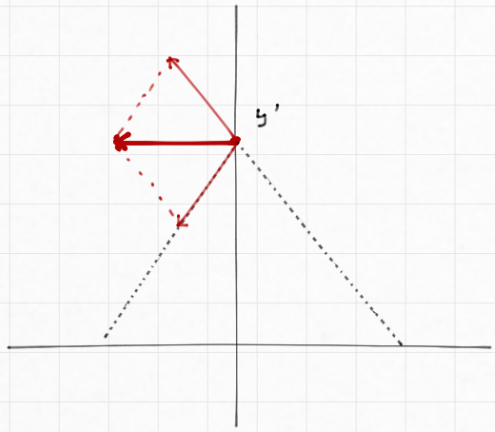
電子 $\dfrac{-1}{-1.6\times10^{-19}} = 6.3\times10^{18}$ 個



(2) $E = k_0\dfrac{1}{d^2} = \dfrac{k_0}{d^2}$ $d=0.5$ のとき $E = k_0\times4 = 3.6\times10^{10}$ (N/C)



(3) 右上図



(4) $|\vec{E_A}| = k_0\dfrac{1}{a^2+y'^2}$

その y 成分は $\dfrac{k_0}{a^2+y'^2}\times\dfrac{y'}{\sqrt{a^2+y'^2}} = \dfrac{k_0 y'}{(a^2+y'^2)^{\frac{3}{2}}}$

$\vec{E_B}$ の y 成分は $-\dfrac{k_0 y'}{(a^2+y'^2)^{\frac{3}{2}}}$

なので 大きさは **等しく**① 、**逆向き**② で、互いに **打ち消しあう**③

A, B の電場の x 成分はいずれも、$\dfrac{k_0}{a^2+y'^2}\times\dfrac{a}{\sqrt{a^2+y'^2}} = \dfrac{k_0 a}{(a^2+y'^2)^{\frac{3}{2}}}$

なので 大きさは **等しく**、**同じ向き** だから、**2倍になる**⑥.

以上 より $E_Y = \dfrac{2k_0 a}{(a^2+y'^2)^{\frac{3}{2}}} \fallingdotseq \dfrac{2k_0 a}{(y'^2)^{\frac{3}{2}}} = \dfrac{2k_0 a}{y'^3}$ ∴ **−3** 乗に比例する