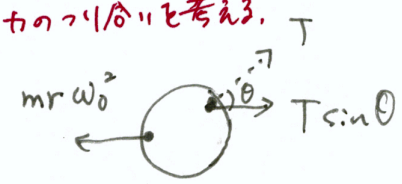
問 6　次の文章中の空欄 ア ・ イ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。 6

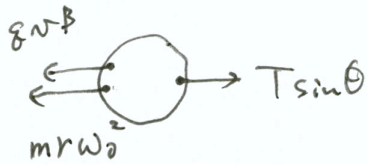
次に，図 6 のように，全体に鉛直上向きの一様な磁場をかけ，小球を再び同じ向きに等速円運動させた。このとき，小球が一様な磁場から受ける力の向きは図の ア 向きである。また小球が図 5 と同じ円周上を運動するためには，円運動の角速度を磁場のない場合の角速度 ω_0 に比べて イ しなければならない。

小球を静止させた座標系で力のつり合いを考える。

前



後



フレミングの左手の法則より

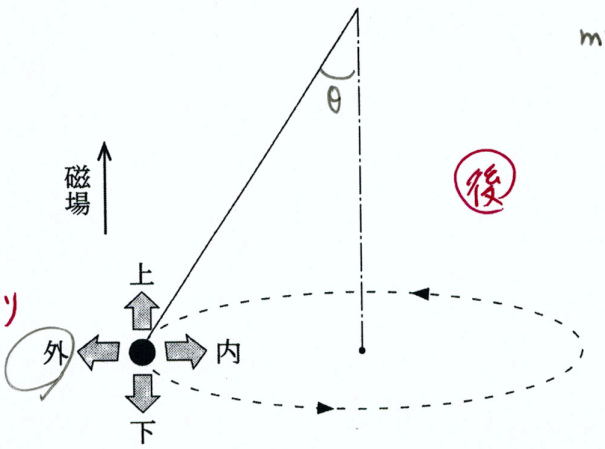


図　6

	ア	イ
①	上	大きく
②	上	小さく
③	下	大きく
④	下	小さく
⑤	内	大きく
⑥	内	小さく
⑦	外	大きく
⑧	外	小さく

物　理

第３問　（必答問題）

次の文章（**A**・**B**）を読み，下の問い（**問１～４**）に答えよ。

〔**解答番号** [1] ～ [4] ］（配点　20）

A　図１のように，一定の振動数 f_0 の音源を乗せた台が，距離 ℓ 離れた点Ａ，Ｂの間を，一定の速さ v で往復運動している。点Ａと点Ｂを通る直線上の点Ｃにおいて，音源からの音を観測したところ，振動数 f_1 の音と振動数 f_2 の音が交互に聞こえた。ただし，v は音速より小さく，台および音源の大きさは無視でき，台の運動の方向転換は瞬時に行われるものとする。

c：音速とした

T：周期とした

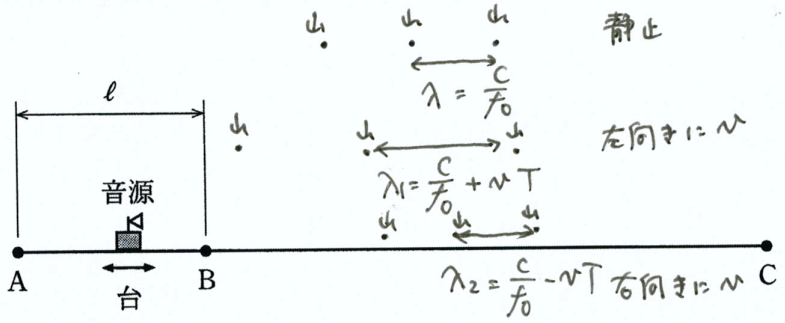


図　1

問１　台が点Ａから点Ｂに移動する間に音源が振動する回数 P_1 と，台が点Ｂから点Ａに移動する間に音源が振動する回数 P_2 は等しい。P_1 を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。P_1 = [1]

① $v\ell f_0$　　② $\dfrac{vf_0}{\ell}$　　③ $\dfrac{v}{\ell f_0}$

④ $\dfrac{\ell f_0}{v}$　　⑤ $\dfrac{\ell}{vf_0}$　　⑥ $\dfrac{1}{v\ell f_0}$

A～Bの移動時間 $\dfrac{\ell}{v}$

$P_1 = f_0 \times \dfrac{\ell}{v}$

キ / 小問

→ 20'00" くらい

問 2　P_1 と P_2 が等しいことから，点Cにおいて f_1 の音が聞こえている時間 t_1 と f_2 の音が聞こえている時間 t_2 との比を求めることができる。比 $\frac{t_1}{t_2}$ として正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。$\frac{t_1}{t_2} = \boxed{2}$

① $\frac{2f_1}{f_1+f_2}$　② $\frac{f_1}{f_2}$　③ 1　④ $\frac{f_2}{f_1}$　⑤ $\frac{2f_2}{f_1+f_2}$

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_0} + vT = \frac{c}{f_0} + \frac{v}{f_0} = \frac{c+v}{f_0}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_0} - vT = \frac{c}{f_0} - \frac{v}{f_0} = \frac{c-v}{f_0}$$

「$T = \frac{1}{f}$」より

波がひとつCを通過するのに必要な時間

空気中の音速cは一定であるから　$t_1 = \frac{\lambda_1}{c} \times P_1$，$t_2 = \frac{\lambda_2}{c} \times P_2$ より

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{c+v}{cf_0} P_1}{\frac{c-v}{cf_0} P_2} = \frac{c+v}{c-v} \quad (\because P_1 = P_2)$$

まわりくどい解き方をしている感はある。
要研究!!

一方，ドップラー効果の公式より

$$f_1 = \frac{c-v}{c} f_0$$

$$f_2 = \frac{c+v}{c} f_0 \qquad \therefore \frac{t_1}{t_2} = \frac{f_2}{f_1}$$

B　図2(a)のように，透明なプラスチックでできた半径 d の十分に長い円柱が空気中で鉛直に立てられており，その中心軸上に点光源Oが埋め込まれている。このプラスチックの屈折率を n，空気の屈折率を1とする。

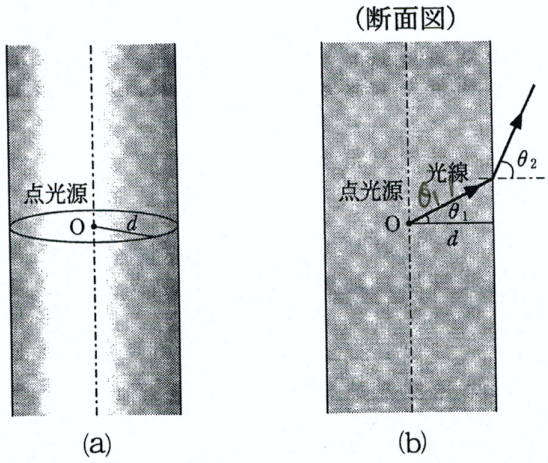


図　2

問 3　図2(b)に示すように，水平面に対し角度 θ_1 で光源から出た光線を考える。この光線は，円柱の表面で屈折する。この屈折光の水平面に対する角度は θ_2 であった。このとき，角度 θ_1 と θ_2 の関係として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **3**

① $n\cos\theta_1 = \sin\theta_2$　　② $\cos\theta_1 = n\sin\theta_2$

③ $n\sin\theta_1 = \sin\theta_2$　　④ $\sin\theta_1 = n\sin\theta_2$

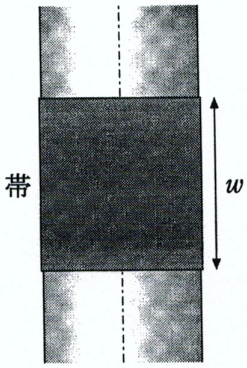
⑤ $n\cos\theta_1 = \cos\theta_2$　　⑥ $\cos\theta_1 = n\cos\theta_2$

$n\sin\theta_1 = 1\cdot\sin\theta_2$

問 4　図3のように黒い帯で円柱を覆うことにより，**問3**で考えたような屈折光のすべてを円柱の外部から見えなくすることができる。これに必要な帯の最小幅 w として正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。

$w =$ **4**

全反射条件と同じ



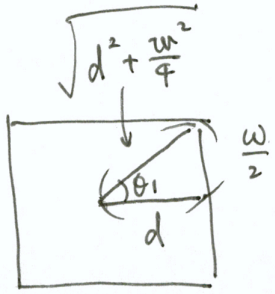


図　3

印刷がつぶれていたので
隣に書き直した。

① $\dfrac{d}{2}$　　② $2d$

③ $\dfrac{d}{2n^2}$　　④ $\dfrac{2d}{n^2}$

⑤ $\dfrac{d}{2\sqrt{n^2-1}}$　　⑥ $\dfrac{2d}{\sqrt{n^2-1}}$

⑦ $\dfrac{d}{2(n^2-1)}$　　⑧ $\dfrac{2d}{n^2-1}$

$n\sin\theta_1 = \sin 90^\circ$

$\sin\theta_1 = \dfrac{1}{n}$

図面より

$\therefore \dfrac{1}{n} = \dfrac{\frac{w}{2}}{\sqrt{d^2+\frac{w^2}{4}}}$

$\sqrt{d^2+\frac{w^2}{4}} = \dfrac{nw}{2}$

$d^2+\dfrac{w^2}{4} = \dfrac{n^2w^2}{4}$

$\dfrac{w^2}{4} - \dfrac{n^2w^2}{4} = -d^2$

$\dfrac{w^2}{4}(n^2-1) = d^2$

$w^2 = \dfrac{4d^2}{n^2-1}$

⊥70°00″
くらい

物　理

第４問　（必答問題）

次の文章（**A**・**B**）を読み，下の問い（**問１～４**）に答えよ。

〔**解答番号** 1 ～ 4 〕（配点　20）

A　水平面上に置かれた平らな台を考える。図１のように，原点Ｏを台に固定してとり，水平右向きに x 軸を，鉛直上向きに y 軸をとる。台の上で，原点Ｏから質量 m の小球を，x 軸に対して角度 θ の方向に速さ v_0 で投げ上げる。重力加速度の大きさを g とする。

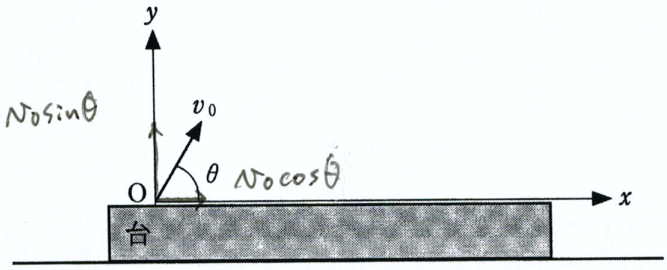


図　1

問 1　台が固定されている場合を考える。時刻 $t = 0$ に投げ出された小球は，最高点に達した後，やがて台に衝突した。この間の時刻 t における小球の座標 x と y を表す式の組合せとして正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{1}$

	x	y
①	$v_0 t$	$-\frac{1}{2}gt^2$
②	$v_0 t$	$v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$
③	$v_0 t \sin\theta$	$v_0 t \cos\theta + \frac{1}{2}gt^2$
④	$v_0 t \sin\theta$	$v_0 t \cos\theta - \frac{1}{2}gt^2$
⑤	$v_0 t \cos\theta$	$v_0 t \sin\theta + \frac{1}{2}gt^2$
⑥	$v_0 t \cos\theta$	$v_0 t \sin\theta - \frac{1}{2}gt^2$

問2　y方向について

原点Oに戻る時刻tを調べる

$v_0 t \cdot \underbrace{\frac{\sqrt{3}}{2}}_{\sin\theta} - \frac{1}{2}gt^2 = 0$

明らかに $t \neq 0$

$-\frac{1}{2}gt = -\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$

$t = \frac{\sqrt{3}}{g}v_0$

x方向について

$\underbrace{\frac{1}{2}}_{\cos\theta}v_0 t = 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2}at^2$

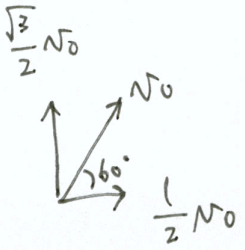
$\cancel{\frac{1}{2}}\cancel{v_0} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\cancel{g}}\cancel{v_0} = \cancel{\frac{1}{2}}a \cdot \frac{3}{g^2}\cancel{v_0^2}$

$\therefore a = \frac{g}{\sqrt{3}}$

問 2　次に，台が大きさ a の加速度で水平右向きに等加速度直線運動している場合を考える。投げ上げた角度 θ が 60° のとき，小球は原点 O に戻ってきた。a を表す式として正しいものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし，小球を投げ上げたことによる台の運動への影響は無視できるものとする。$a = \boxed{2}$

① $\frac{1}{2}g$　② $\frac{1}{\sqrt{3}}g$　③ $\frac{\sqrt{3}}{2}g$　④ g

⑤ $\frac{2}{\sqrt{3}}g$　⑥ $\sqrt{3}g$　⑦ $2g$



↓35′00″ くらい

B　図2のように，密度が**不均一**な質量 M，長さ ℓ の細い棒の両端A，Bに糸をつけ，棒ABが水平になるように点Cに固定した。糸と棒の角度はそれぞれ60°，30°になった。糸は点Cで滑らないものとする。

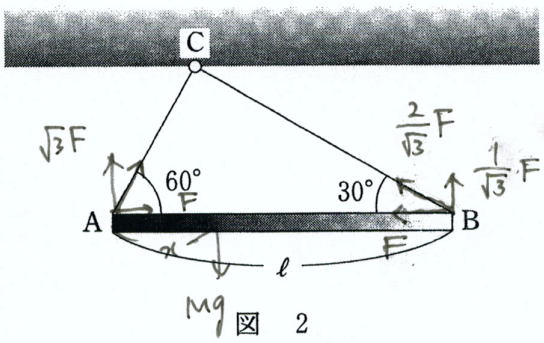


図　2

問 3　棒の左端Aから棒の重心Gまでの距離 x を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$x =$ 3

① $\frac{1}{\sqrt{3}}\ell$　② $\frac{1}{3}\ell$　③ $\frac{1}{2\sqrt{3}}\ell$

④ $\frac{1}{4}\ell$　⑤ $\frac{1}{6}\ell$　⑥ $\frac{1}{8}\ell$

図のように，水平方向の力のつり合いを使ってFを取る．

$$\begin{cases} -xMg + \ell\cdot\frac{F}{\sqrt{3}} = 0 & \cdots ① \\ (\ell - x)Mg - \ell\cdot\sqrt{3}F = 0 & \cdots ② \end{cases}$$

← A点まわりのモーメントのつり合い

← B点まわりのモーメントのつり合い

これをF，x の連立方程式とみて，代入法で解く．

②より

$$\ell\sqrt{3}F = (\ell - x)Mg$$

$$F = \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\ell - x}{\ell}Mg$$

41′44″

①に代入

$$-x\cancel{Mg} + \frac{\cancel{\ell}}{\sqrt{3}}\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\ell - x}{\cancel{\ell}}\cancel{Mg} = 0$$

$$-x + \frac{1}{3}(\ell - x) = 0 \quad \therefore -\frac{4}{3}x = -\frac{1}{3}\ell \qquad x = \frac{1}{4}\ell$$

問 4　糸ACの張力の大きさ T_1 と，糸BCの張力の大きさ T_2 を表す式の組合せとして正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。 **4**

	T_1	T_2
①	$\frac{1}{2}Mg$	$\frac{2}{\sqrt{3}}Mg$
②	$\frac{1}{2}Mg$	$\frac{\sqrt{3}}{2}Mg$
③	$\frac{2}{\sqrt{3}}Mg$	$\frac{1}{2}Mg$
④	$\frac{2}{\sqrt{3}}Mg$	$\frac{\sqrt{3}}{2}Mg$
⑤	$\frac{\sqrt{3}}{2}Mg$	$\frac{1}{2}Mg$
⑥	$\frac{\sqrt{3}}{2}Mg$	$\frac{2}{\sqrt{3}}Mg$

先般の連立方程式より

$$T_1 = 2F = 2\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}\,\frac{l-\frac{l}{4}}{l}\,Mg$$

$$= \cancel{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{3}{\cancel{4}_{2}}\,Mg$$

$$T_2 = \frac{2}{\sqrt{3}}F = \frac{1}{\sqrt{3}}F_1$$

物　理　第５問・第６問は，いずれか１問を選択し，解答しなさい。

第５問　（選択問題）

理想気体に関する次の問い（問１～３）に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 3 〕（配点　15）

問１　次の文章中の空欄 ア ～ ウ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。 1

「温度一定のときは」と入れて読むしかない

理想気体では，分子の２乗平均速度は，分子の質量が ア ほど，また気体の温度が イ ほど，大きくなる。温度を一定に保ちながら気体の圧力を変化させるとき，２乗平均速度は ウ 。

$nRT = PV = \sum \frac{1}{2} m \bar{v}^2$

	ア	イ	ウ
①	大きい	高　い	変化する
②	大きい	高　い	変化しない
③	大きい	低　い	変化する
④	大きい	低　い	変化しない
⑤	小さい	高　い	変化する
⑥	小さい	高　い	変化しない
⑦	小さい	低　い	変化する
⑧	小さい	低　い	変化しない

問 2　単原子分子理想気体の温度が 3.0×10^2 K のとき，分子 1 個あたりの平均運動エネルギーの値として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，気体定数を 8.3 J/(mol·K)，アボガドロ定数を 6.0×10^{23} /mol とする。 $\boxed{\ 2\ }$ J

① 2.1×10^{-21}　　② 6.2×10^{-21}　　③ 1.2×10^{3}

④ 3.7×10^{3}　　⑤ 7.5×10^{26}　　⑥ 2.2×10^{27}

問 3　理想気体の定積モル比熱と定圧モル比熱について述べた文として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{\ 3\ }$

① 定積モル比熱は，体積を一定に保つために仕事が必要なので，定圧モル比熱より大きくなる。

② 定圧モル比熱は，気体に与えた熱量の一部が外部に仕事をすることに使われるので，定積モル比熱より大きくなる。

③ 定積モル比熱と定圧モル比熱は，どちらも温度を 1 K 上げるために必要な熱量なので，常に等しくなる。

④ 定積モル比熱と定圧モル比熱は，比熱を測定する状況が異なるので，その間に定まった大小関係はない。

$Q = nC\Delta T$

「$U = \frac{3}{2}nRT$」より

$$\frac{\frac{3}{2}\cdot 1\cdot R\cdot T}{6.0\times 10^{23}} = \frac{\frac{3}{\cancel{2}}\times 1\times 8.3\times \cancel{300}^{\,25}}{\cancel{6}\times 10^{23}}$$

$$= \frac{622.5}{10^{23}}$$

$$= 622.5\times 10^{-23}$$

$$= 6.2\times 10^{-21}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 8.3 \\ \hline 225 \\ 600 \\ \hline 622.5 \end{array}$$

47'14"