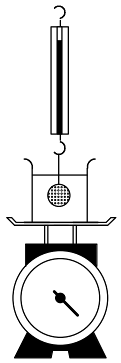
【問題】

1



ビーカーに水を入れ，台はかりでその重さをはかったら，6.86 N であった。質量 0.400 kg のガラス球をばねはかりにつるし，右図のようにビーカーの水中に完全に入れたところ，ばねはかりは 1.96 N を示した。水の密度を 1.00×10^3 kg/m^3，重力加速度の大きさを 9.80 m/s^2 とする。

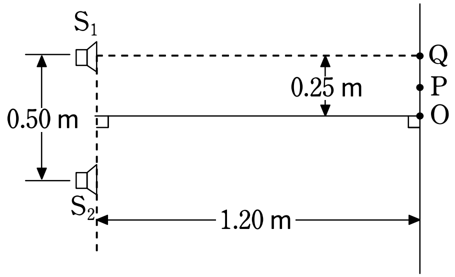
(1)　ガラス球が受けている浮力の大きさ F〔N〕を求めよ。

(2)　ガラス球の体積 V〔m^3〕を求めよ。

(3)　(1) の浮力の反作用は何から何にはたらいているか。

(4)　このときの台はかりに加わる力は何 N か。

2



図のように，0.50 m 離して置いた 2 つの音源 S_1，S_2 から振動数，振幅，位相が同じ正弦波の音波が発せられている。S_1，S_2 から等距離の点 O では音が最も大きく聞こえた。その後，S_1S_2 に対して平行に進むとしだいに音の大きさが小さくなり，点 P で初めて極小となった。さらに点 O から離れていくと今度はしだいに音が大きくなり，点 O から 0.25 m 離れた点 Q で音の大きさは再び極大となった。音の速さを 3.4×10^2 m/s とする。

(1)　この音の波長 λ〔m〕，および振動数 f〔Hz〕を求めよ。

(2)　S_1Q 間で，音が極小になる所は何か所あるか。

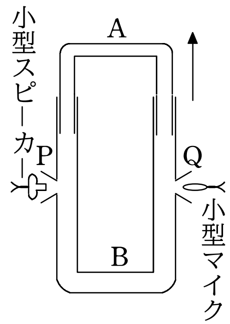
(3)　音源 S_1 の位相を音源 S_2 の位相と逆にして同様の実験をするとどうなるか。最も適当なものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。

① 音の大きさは，点 O，Q で極大になり，点 P では極小になる。
② 音の大きさは，点 O，Q で極小になり，点 P では極大になる。
③ OQ 間どこでも音はよく聞こえる。
④ OQ 間どこでも音はほとんど聞こえない。

(4)　音源 S_2 を音源 S_1 とは少し異なる振動数で鳴らしたときの音の聞こえ方はどうなるか。最も適当なものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。

① 点 O と点 Q では低い音が聞こえ，点 P では高い音が聞こえる。
② 点 O と点 Q では高い音が聞こえ，点 P では低い音が聞こえる。
③ 点 P ではうなりが聞こえ，点 O と点 Q ではうなりが聞こえない。
④ 点 O と点 Q ではうなりが聞こえ，点 P ではうなりが聞こえない。
⑤ OQ 間どこでもうなりが聞こえる。

3



右の図の装置はクインケ管といい，P から送りこんだ音が PAQ と PBQ の 2 経路に分かれて伝わり，Q で干渉する。この装置で PAQ と PBQ の長さが等しい状態から，PAQ の部分をしだいに引き出したところ，0.10 m 引き出したときに初めて干渉によって音が聞こえなくなった。音の速さは 3.4×10^2 m/s とする。

(1)　小型スピーカーから出る音の波長 λ〔m〕と振動数 f〔Hz〕を求めよ。

(2)　1 オクターブ高い音 (振動数が 2 倍の音) を P から送りこんで同様の実験をする。PAQ を何 m 引き出すと，初めて音が聞こえなくなるか。

4

両端が固定された長さ l の一様な弦とおんさがある。ただし，長さ l は変えることができ，弦の張力は一定に保たれている。また，弦から出る音は基本音とする。まず，$l=1.00$ m にして弦をはじき，同時に振動数 200 Hz のおんさを鳴らしたら，弦から出た音とおんさから出た音が干渉して毎秒 8 回のうなりが生じた。

次に，l を少し長くして弦をはじき，おんさを鳴らしたら，うなりが生じなかった。

(1)　$l=1.00$ m のとき，弦から出た音の振動数 f_1 は何 Hz か。

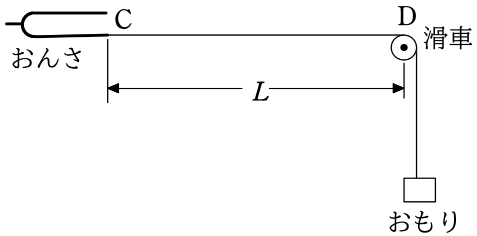
(2)　弦を伝わる波の速さ v は何 m/s か。

(3)　うなりが生じなかったときの弦の長さ l は何 m か。

(4)　弦から出た音とおんさから出た音によって，毎秒 4 回のうなりを生じさせるためには，l を何 m にすればよいか。

5

振動数 5.0×10^{2} Hz のおんさの腕を水平にして，片方の腕の先端 C に，1 m 当たりの質量（線密度という）が 5.0×10^{-4} kg/m の弦を固定した。弦の他端には滑車 D を介しておもりをつるし，弦を水平に張った。



(1)　弦の張力を 80 N としたとき，弦を伝わる波の速さ v は何 m/s か。

(2)　(1) の条件でおんさを振動させたところ，CD 間に基本振動の定常波が生じた。このとき，CD の長さ L〔m〕はいくらか。

(3)　CD 間に腹が 2 個ある定常波を生じさせるためには，張力 S を何 N にすればよいか。

6

図 1 のように，弦の一端を電磁おんさに固定し，他端にはおもりをさげる。弦 PQ の長さは $3l$ であり，この状態で弦を伝わる波の速さを v とする。

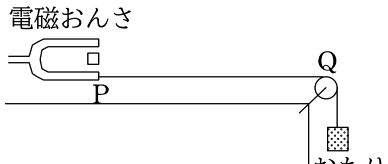


図 1

(1)　弦 PQ が基本振動するとき，弦を伝わる波の波長 λ_1 を l を用いて表せ。

(2)　弦 PQ の基本振動の周期 T_1 を求めよ。

次に図 2 のように，太さの異なる 2 種の弦を結合した弦をはる。弦の長さは PR が l，RQ が $2l$ であり，弦を伝わる波の速さは，PR 間が v，RQ 間はその半分である。

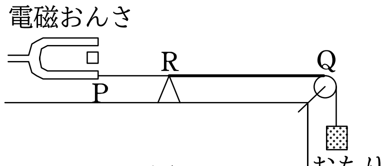


図 2

電磁おんさの振動数を適当に調節したら，PR 間に定常波の腹が 2 つできた。

(3)　電磁おんさの振動数 f を求めよ。

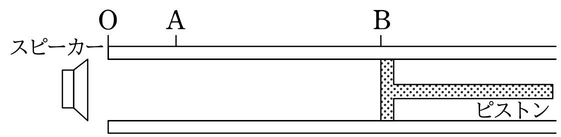
(4)　RQ 間の定常波の腹の数を求めよ。

(5)　図 2 の状態で，電磁おんさの振動数を 0 から徐々に大きくしていくと，ある振動数 f_0 で初めて弦が共振する。

f_0 と，このときの PQ 間の定常波の腹の数を求めよ。

7

図のように空気中に円管とピストンがある。スピーカーが発生する振動数 f_0 の音を管口 O に入射させながらピストンを O から右向きに動かしたところ，ピストン内面の位置が A，B の 2 箇所において共鳴により音が大きく聞こえることがわかった。このとき管内には定常波が発生している。O から A，B までの距離を計測したところ，それぞれ l_1，l_2 であった。次の問いに答えよ。



(1)　上の問題文に示した実験により，定常波の波長 λ および管内の音の速さ v を求めることを考える。2 つの計測値 l_1，l_2 を使って λ および v を求める式を示せ。

(2)　定常波は管口付近に腹をもつが，その正確な位置はわずかな距離 Δl だけ管口の外側になる。この Δl のことを何というか。また Δl を l_1，l_2 で表せ。

(3)　位置 A と位置 B の中間位置を P とする。ピストンが位置 B にあるとき，位置 A および位置 P において管内の空気分子はそれぞれどのような振動をするか。

(4)　(3) において，音波のないときの管内の空気の密度を ρ_0 とする。管内の温度が一定であるとき，それぞれの位置で空気の密度の時間変化をグラフ上に図示し，そうなる理由を述べよ。

(5)　ピストンが位置 B にあるとき，スピーカーの音の振動数を増加させていくと，音は一度小さくなった後，再び共鳴が起きて大きくなった。このときの振動数 f_1 は f_0 の何倍か。

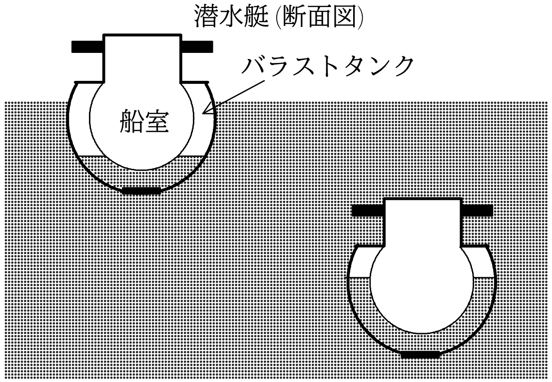
(6)　(5) において，管内の空気の温度が 15 ℃ だったとする。いま他の条件を変えずに管内の空気の温度を 30 ℃ にしたところ音が弱まったが，ピストンをわずかに動かしたら再び共鳴が起きて音が強まった。このとき定常波の波長は何 % 変化するか。またピストンを動かした向きは左右どちらか。

8

図のように，潜水艇は潜水するときにはバラストタンクに水を導き入れ，浮上するときにはバラストタンクに高圧空気を送り込んで艇外に水を追い出す。

なお，バラストタンクを含む潜水艇全体の体積を V とし，バラストタンクが空(から)のときの全質量を M とする。

ただし，水の密度を ρ，重力加速度の大きさを g とし，空気の質量は無視できるものとして，次の問いに答えよ。



問１　潜水艇が完全に水中にあり，浮力と重力がつりあって静止している。このとき，バラストタンク内の水の体積はいくらか。

正しいものを，次の ①～⑧ のうちから１つ選べ。

① $\dfrac{M}{\rho}$　② $\dfrac{M}{\rho}-V$　③ $V-\dfrac{M}{\rho}$　④ $\dfrac{M}{\rho}+V$　⑤ $\dfrac{Mg}{\rho}$

⑥ $\dfrac{Mg}{\rho}-V$　⑦ $V-\dfrac{Mg}{\rho}$　⑧ $\dfrac{Mg}{\rho}+V$

問２　潜水艇がバラストタンクを完全に空(から)にして鉛直に浮上している。このとき，水から受ける抵抗力の大きさは速さ v に比例し，比例定数 b を用いて bv と表される。潜水艇の速さが一定になったとき，その速さ v はどのように表されるか。

正しいものを，次の ①～⑥ のうちから１つ選べ。

① $\dfrac{(\rho V+M)g}{b}$　② $\dfrac{(\rho V-M)g}{b}$　③ $\dfrac{\rho Vg}{b}$　④ $b(\rho V+M)g$

⑤ $b(\rho V-M)g$　⑥ $b\rho Vg$

【解答＆解説】

$\boxed{1}$

解答　(1)　1.96 N　　(2)　2.00×10^{-4} m^3　　(3)　ガラス球から水にはたらいている
(4)　8.82 N

$\boxed{2}$

解答　(1)　$\lambda=0.10$ m，$f=3.4\times10^3$ Hz　　(2)　4 か所　　(3)　②　　(4)　⑤

$\boxed{3}$

解答　(1)　0.40 m，8.5×10^2 Hz　　(2)　5.0×10^{-2} m

$\boxed{4}$

解答　(1)　208 Hz　　(2)　416 m/s　　(3)　1.04 m
(4)　弦から出た音の振動数が 200 Hz より高い場合：1.02 m，
弦から出た音の振動数が 200 Hz より低い場合：1.06 m

$\boxed{5}$

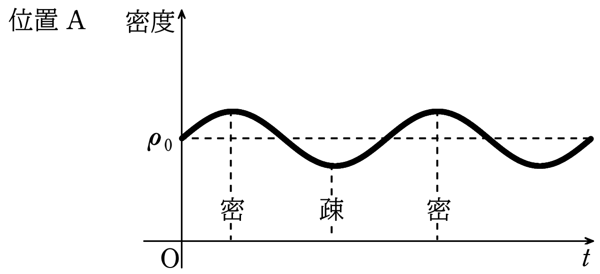
解答　(1)　4.0×10^2 m/s　　(2)　0.40 m　　(3)　20 N

$\boxed{6}$

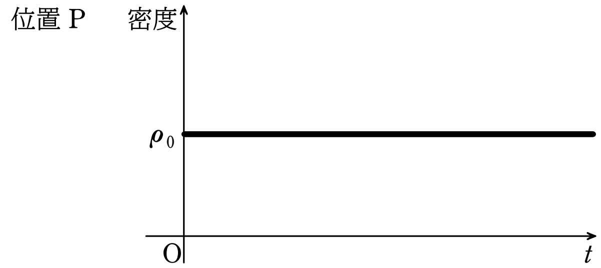
解答　(1)　$6l$　　(2)　$\dfrac{6l}{v}$　　(3)　$\dfrac{v}{l}$　　(4)　8 個　　(5)　$\dfrac{v}{2l}$，5 個

$\boxed{7}$

解答　(1)　λ：$2(l_2-l_1)$，v：$2(l_2-l_1)f_0$　　(2)　開口端補正，$\dfrac{l_2-3l_1}{2}$
(3)　A：振動しない，P：激しく振動している
(4)



理由：節では，左右から空気分子が集まったり，離れたりしているから，疎密の変化が激しい。しかし，節の部分では空気分子は振動していない。



理由：腹の P では，空気分子は激しく振動しているが，空気分子の間隔は変化せず，図のように密度は一定である。

(5)　$\dfrac{5}{3}$ 倍　　(6)　右，2.6 %

$\boxed{8}$

解答　問 1　③　　問 2　②

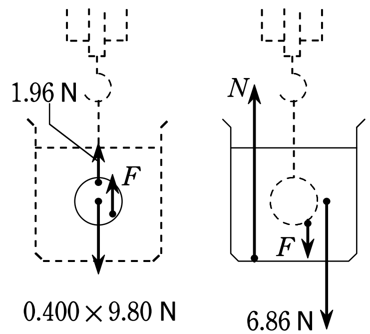
$\boxed{1}$

指針　水中にあるガラス球には，下向きに重力，上向きに浮力とばねはかりからの弾性力がはたらき，これらがつりあっている。

解説　(1)　ガラス球は，下向きに重力，上向きに浮力とばねからの弾性力[1]←を受けているので，力のつりあいより

$$1.96+F-(0.400\times9.80)=0$$

よって　$F=3.92-1.96=$ **1.96 N**



(2)　浮力の式「$F=\rho Vg$」と (1) の結果より

$$V=\frac{F}{\rho g}=\frac{1.96}{(1.00\times10^3)\times9.80}$$
$$=\mathbf{2.00\times10^{-4}\ m^3}$$

(3)　浮力は周囲の水からガラス球にはたらくので，その反作用は，**ガラス球から水にはたらいている。**

(4)　水の入ったビーカーは，下向きに浮力の反作用と重力，上向きに台はかりからの垂直抗力 N[2]← を受けているので，力のつりあいより

$N-F-6.86=0$　　よって　$N=F+6.86=1.96+6.86=8.82$ N

垂直抗力 N の反作用が，台はかりに加わる力[2]←である。よって　**8.82 N**

←[1]　ばねはかりが示す重さは，外力がばねを引く力の大きさを表している。その反作用がばねからの弾性力である。

←[2]　台はかりの針が示す重さは，ビーカーが台はかりを下に押している力の大きさを表している。その反作用が垂直抗力 N である。

2

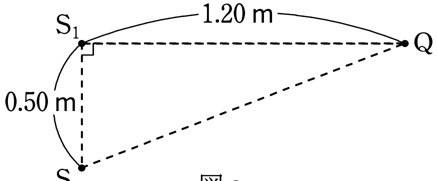
指針　点O，Qは強めあう点，点Pは弱めあう点になっている。2つの音源からの経路差は，点Oでは0，点Pでは半波長分，点Qでは波長1つ分である。

解説　(1)　問題の図より，$S_1Q=1.20$ m である。

S_2Q の距離は，三平方の定理を用いて(図a)[1]←

$$S_2Q=\sqrt{1.20^2+0.50^2}=\sqrt{\frac{12^2+5^2}{100}}$$

$$=1.30\ \text{m}$$



図a

S_1Q と S_2Q の経路差が波長1つ分であるから

$\lambda=1.30-1.20=$ **0.10 m**

「$V=f\lambda$」より

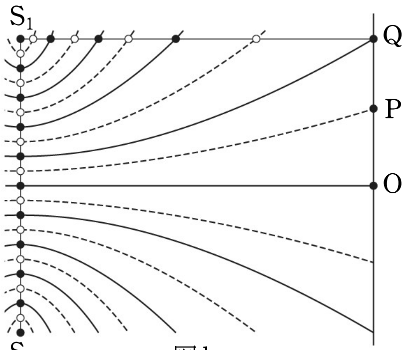
$3.4\times10^2=f\times0.10$

よって　$f=$ **3.4×10^3 Hz**

(2)　S_1S_2 間には定常波が生じている。その節と腹の位置を求め，S_1S_2 を通る，節を連ねた線(破線)と，腹を連ねた線(実線)をかくと図bのようになる[2]←。ここで，点Qは

$S_2Q-S_1Q=1\times\lambda$

を満たすので，点Qは $m=1$ の腹の線上にあることがわかる。よって，線分 S_1Q は4本の節の線と交わる。ゆえに，S_1Q 間には，音が極小となる所は **4か所**できる。



図b

(3)　音源の位相を逆にした場合にも，音は干渉する。互いに逆位相の2つの音源から発せられた音の干渉条件は，同位相の場合と逆になる。したがって，同位相の場合に強めあっていた点O，Qは弱めあう点となり，音の大きさは極小になる。一方，同位相の場合に弱めあっていた点Pは強めあう点となり，音の大きさは極大になる。よって，② が正解となる。

(4)　前問までのように，振動数，振幅の等しい2つの音が干渉するとき，時間にかかわらず音の大きさが常に極大となる点，常に極小となる点が現れる。一方，本問のように振動数がわずかに異なる2つの音が重なりあうと，時間とともに音の大きさが変化するうなりが生じる[3]←。そのため，OQ間どこでもうなりが生じるので，⑤ が正解となる。

←[1]　辺の長さの比が 5：12：13 の直角三角形になっている。

←[2]　節と節(腹と腹)の間隔 $=\frac{1}{2}\lambda=\frac{1}{2}\times0.10=0.050$ m

←[3]　音源 S_1，S_2 からの音波の振動数をそれぞれ f_1，f_2 とすると，1秒当たりのうなりの回数 f は

$f=|f_1-f_2|$

3

指針　2つの経路(PAQ と PBQ)の経路差が $\left(\text{整数}+\frac{1}{2}\right)\times$波長 のとき，音は弱めあう。

初めの状態では経路差が0であるから，初めて音が聞こえなくなるのは経路差が半波長になるときである。

解説　(1)　2つの音波が弱めあう条件は

$|PAQ-PBQ|=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$　($m=0$，1，2 ……)

PAQ を 0.10 m 引き出したときの経路差は，往復であることに注意して

$|PAQ-PBQ|=2\times0.10=0.20$ m

このとき，初めて弱めあうので　$m=0$

以上より　$0.20=\frac{1}{2}\lambda$　　よって　$\lambda=$ **0.40 m**

「$V=f\lambda$」より　$3.4\times10^2=f\times0.40$　　よって　$f=$ **8.5×10^2 Hz**

(2)　「$V=f\lambda$」より，1オクターブ高い音(振動数が2倍の音)の波長は，もとの音の波長の半分である[1]←。したがって，引き出す距離も半分となる。

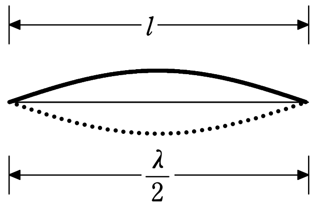
よって　$\dfrac{0.10}{2}=0.050=\mathbf{5.0\times10^{-2}\ m}$

←〔1〕　音の速さは変わらない。

$\boxed{4}$

$\boxed{\text{指針}}$　基本振動の波長 λ は，弦の長さ l を用いて $\lambda=2l$ と表すことができる。これより，l が長くなると λ が長くなり，したがって弦から出た音の振動数 f は小さくなる。うなりが生じなかったとき，弦から出た音とおんさから出た音の振動数は等しく，200 Hz である。毎秒 8 回のうなりが生じたとき，l は前者より短いので，振動数は大きい，すなわち $f_1>200$ Hz となる。

$\boxed{\text{解説}}$　(1)　図より，弦の基本振動の波長は　$\lambda=2l$



よって，基本振動の振動数は，弦を伝わる波の速さを v として

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{v}{2l}\quad\cdots\cdots①$$

と表される。弦の長さ l を 1.00 m から少し長くすると，① 式より振動数は小さくなる。このとき，うなりが生じなかったとすると，弦はおんさと同じく 200 Hz で振動している。したがって，弦の長さが $l=1.00$ m のときには弦の振動数 f_1 は 200 Hz よりも大きかったことがわかる。

したがって，うなりの式「$f=|f_1-f_2|$」より

$8=f_1-200$　　よって　$f_1=\mathbf{208\ Hz}$

(2)　「$v=f\lambda$」より　$v=f_1\lambda=208\times(2\times1.00)=\mathbf{416\ m/s}$

(3)　うなりが生じなかったときの振動数は　$f=200$ Hz

「$v=f\lambda$」より　$416=200\times2l$

よって　$l=\mathbf{1.04\ m}$

(4)　弦からの音の振動数 (f_1' とする) のほうが f より高い場合：弦の長さを l_1 とすると，(2) で求めた v の値を使って

$f_1'-f=\dfrac{416}{2l_1}-200=4$　　したがって　$l_1\fallingdotseq\mathbf{1.02\ m}$

弦からの音の振動数 (f_2' とする) のほうが f より低い場合：弦の長さを l_2 とすると

$f-f_2'=200-\dfrac{416}{2l_2}=4$　　したがって　$l_2\fallingdotseq\mathbf{1.06\ m}$

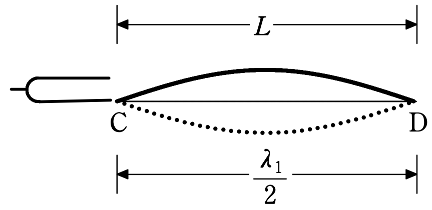
$\boxed{5}$

$\boxed{\text{指針}}$　(2)　基本振動だから　波長 $\lambda_1=2L$，振動数は $f=5.0\times10^2$ Hz で，これと (1) で求めた波の速さから λ_1 を求めれば L が求まる。

(3)　腹が 2 個あるので波長 $\lambda_2=L$ で，振動数 f は変わらないから，波の速さ v_2 が求まる。線密度が変わらないから，波の速さは張力の平方根に比例する。

$\boxed{\text{解説}}$　(1)　$v=\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ に，$S=80$ N，$\rho=5.0\times10^{-4}$ kg/m を代入して

$$v=\sqrt{\frac{80}{5.0\times10^{-4}}}=\sqrt{16\times10^4}$$
$$=\mathbf{4.0\times10^2\ m/s}$$



(2)　$v=f\lambda_1$ より　$\lambda_1=2L=\dfrac{v}{f}$　$\cdots\cdots①$

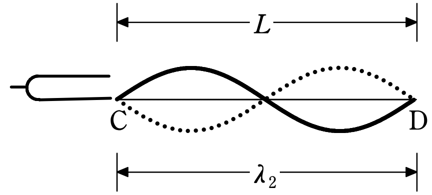
したがって　$L=\dfrac{v}{2f}=\dfrac{4.0\times10^2}{2\times5.0\times10^2}=\mathbf{0.40\ m}$

(3)　このときの波の速さを v_2〔m/s〕とすると，波長 $\lambda_2=L$ で，振動数 f は変わらないから

$v_2=f\lambda_2=fL$

また，① 式より　$v=2fL$

求める張力を S_2〔N〕とすると



$$\frac{v_2}{v}=\frac{fL}{2fL}=\frac{1}{2}$$

また　$\dfrac{v_2}{v}=\dfrac{\sqrt{\dfrac{S_2}{\rho}}}{\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}}=\sqrt{\dfrac{S_2}{S}}=\sqrt{\dfrac{S_2}{80}}$

よって　$\dfrac{1}{2}=\sqrt{\dfrac{S_2}{80}}$　　したがって　$S_2=\dfrac{1}{4}\times80=\mathbf{20\ N}$

$\boxed{6}$

$\boxed{\text{指針}}$　弦 PQ の長さを L ($=3l$) として，固有振動の波長 λ_m，振動数 f_m の公式を使う。

基本振動は $m=1$ の場合である。$\lambda_m=\dfrac{2L}{m}$，$f_m=\dfrac{v}{\lambda_m}=\dfrac{mv}{2L}$　$(m=1,\ 2,\ 3,\cdots)$

と表される。

解説　(1)　基本振動の波長

$\lambda_1=2L=2\times3l=\boldsymbol{6l}$ [1]←

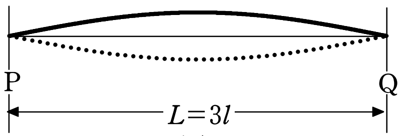


図 a

(2)　基本振動の振動数 f_1 は

$v=f_1\lambda_1$ より　$f_1=\dfrac{v}{\lambda_1}=\dfrac{v}{6l}$

よって，周期 T_1 は

$T_1=\dfrac{1}{f_1}=\boldsymbol{\dfrac{6l}{v}}$

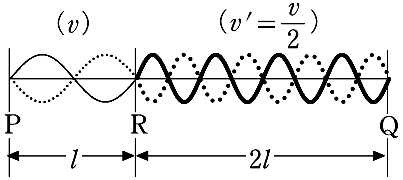


図 b

(3)　弦 PR，弦 RQ は，電磁おんさの振動数 f と同じ振動数で振動している。弦 PR の定常波の波長 λ は　$\lambda=l$ [2]←

よって　$f=\dfrac{v}{\lambda}=\boldsymbol{\dfrac{v}{l}}$　……①

(4)　弦 RQ の定常波の波長を λ' とすると，$v'=f\lambda'$，$v'=\dfrac{v}{2}$ より

$\lambda'=\dfrac{v'}{f}=\dfrac{v}{2f}$　……②

①，② 式より　$\lambda'=\dfrac{l}{2}$

腹 1 つ分の弦の長さは $\dfrac{\lambda'}{2}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{l}{2}=\dfrac{l}{4}$ であるから，弦 RQ に生じる定常波の腹の数は　$2l\div\left(\dfrac{l}{4}\right)=\boldsymbol{8}$ **個** [2]←

(5)　弦が初めて共振したとき，弦 PR，弦 RQ に生じている定常波の腹の数および波長を，それぞれ n_1，n_2 および λ_1，λ_2 とすると

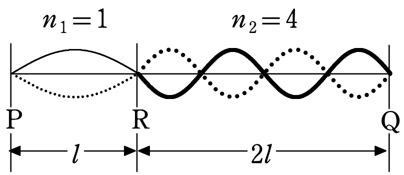


図 c

$\lambda_1=2\times\dfrac{l}{n_1}$，$\lambda_2=2\times\dfrac{2l}{n_2}$，

$v=f_0\lambda_1$，$\dfrac{v}{2}=f_0\lambda_2$

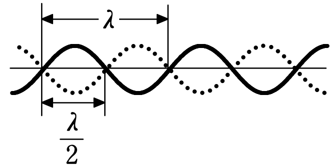
より　$n_2=4n_1$

n_1，n_2 は正の整数で，振動数 f_0 (最も小さい共振振動数) は，$n_1=1$，$n_2=4$ のときであるから (図 c)　$\lambda_1=2\times\dfrac{l}{n_1}=2\times\dfrac{l}{1}=2l$

よって　$f_0=\dfrac{v}{\lambda_1}=\boldsymbol{\dfrac{v}{2l}}$ [3]←

また，PQ 間の腹の数は　$n_1+n_2=1+4=\boldsymbol{5}$ **個**

←〔1〕　波長 $\lambda=2\times$(節～節)
腹の数 2 つ分の弦の長さに等しい。



←〔2〕　弦 PR の振動は 2 倍振動，弦 RQ の振動は 8 倍振動である。

←〔3〕　この場合の共振振動数 $f_0\left(=\dfrac{v}{2l}\right)$ は，(3)，(4) の場合の共振振動数 $f\left(=\dfrac{v}{l}\right)$ の $\dfrac{1}{2}$ 倍であり，PQ 間に生じる定常波の腹の数も $\dfrac{1}{2}$ 倍に減少している。
弦 PR の振動は基本振動，弦 RQ の振動は 4 倍振動である。

$\boxed{7}$

(1)　ピストンが位置 A，B にあるときの定常波は図 a のようになる。
したがって，求める波長 λ は

$$\lambda = 2(l_2 - l_1)$$

「$v = f\lambda$」より

$$v = f_0\lambda = 2(l_2 - l_1)f_0$$

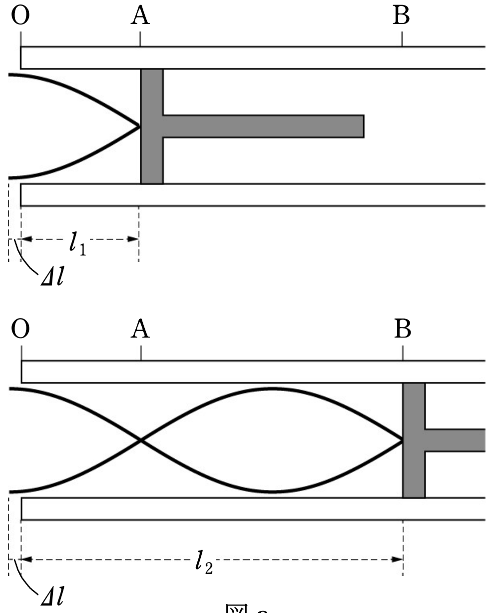


図 a

(2)　Δl は**開口端補正**という。Δl を含めて波長 λ を求めると

$$\lambda = 4 \times (l_1 + \Delta l)$$

λ を代入して　$2(l_2 - l_1) = 4(l_1 + \Delta l)$

よって　$\Delta l = \dfrac{l_2 - 3l_1}{2}$

(3)　ピストンが B にあれば，位置 A，B は定常波の節，中間の位置 P は，定常波の腹となる。よって A では，空気分子は**振動しない**(動かない)。
P では，空気分子は最も**激しく振動している**。

(4)　A では，**図 b** のように疎 → 密 → 疎と密度は激しく変化する。
節では，左右から空気分子が集まったり，離れたりしているから，疎密の変化が激しい。しかし，節の部分では空気分子は振動していない。

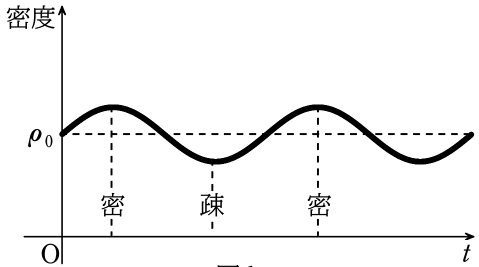


図 b

腹の P では，空気分子は激しく振動しているが，空気分子の間隔は変化せず，**図 c** のように密度は一定である。

図 c

(5)　ピストンが B にあるとき，3 倍振動の定常波が生じている。振動数を上昇させると，5 倍振動での共鳴となるから

$$f_1 = 5 \times \frac{f_0}{3} = \frac{5}{3}f_0 \qquad \text{よって}\quad \mathbf{\frac{5}{3}\ 倍}$$

(6)　空気中を伝わる音の速さ v〔m/s〕は，気温を t〔℃〕として $v = 331.5 + 0.6t$ として求められる。よって，

15 ℃ の音の速さ　$v_{15} = 331.5 + 0.6 \times 15 = 340.5$ m/s

30 ℃ の音の速さ　$v_{30} = 331.5 + 0.6 \times 30 = 349.5$ m/s

「$v = f\lambda$」より，振動数が同じならば，波長は音の速さに比例するから，v が大きくなれば λ も大きくなる。よって，ピストンを**右**に動かせばよい。波長の変化の割合は，音の速さの変化の割合と同じだから

$$\frac{349.5 - 340.5}{340.5} \times 100 = \frac{9 \times 100}{340.5} \fallingdotseq \mathbf{2.6\ \%}$$

8

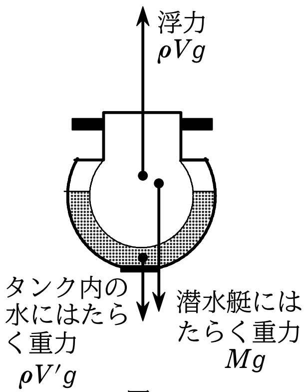
問１　水中にある潜水艇が受ける浮力の大きさは ρVg である。また，バラストタンク内の水の体積を V' とすれば，これにはたらく重力の大きさは $\rho V'g$ となる。水中で静止しているとき，潜水艇とバラストタンク内の水にはたらく重力の和と浮力はつりあっているので，つりあいの式

$$\rho Vg-(Mg+\rho V'g)=0$$

が成りたつ。この式から V' を求めればよい。

$$\rho V'g=\rho Vg-Mg$$

よって　$V'=V-\dfrac{M}{\rho}$



図ａ

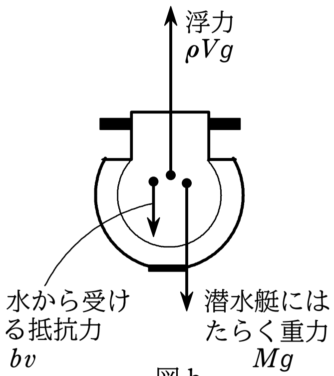
問２　鉛直に浮上している潜水艇にはたらく力は図ｂのようになる。

潜水艇が一定の速度で運動しているとき，生じる加速度は０であるから，これら３つの力はつりあっている。つりあいの式

$$\rho Vg-(Mg+bv)=0\quad より$$

$$bv=\rho Vg-Mg$$

よって　$v=\dfrac{(\rho V-M)g}{b}$



図ｂ