高 1 物理化学総合S　熱･波動練習問題

1

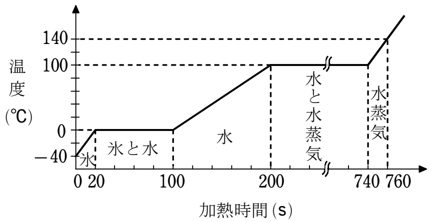
熱容量 40 J/K の熱量計に 200 g の水を入れ，温度を測定すると 20.0 ℃ であった。その中に 73.0 ℃ に熱した 60 g の金属球を入れると，全体の温度が 23.0 ℃ で一定になった。水の比熱を 4.2 J/(g･K) とする。

(1)　この金属の比熱を有効数字 2 桁で求めよ。

(2)　この測定後，長い時間が経過して熱が逃げ，全体の温度が 22.0 ℃ に下がった。この間に逃げた熱量を有効数字 2 桁で求めよ。

2

図は -40 ℃ の氷 100 g に一定の熱量を加え続けたときの，状態の変化と温度の関係を表したものである。加熱の割合は毎秒 420 J である。次の問いに有効数字 2 桁で答えよ。



(1)　氷，水および水蒸気の比熱 c〔J/(g･K)〕をそれぞれ求めよ。

(2)　0 ℃ の氷 1 g が同じ温度の水に変わるのに必要な熱量 (融解熱) q_1〔J/g〕を求めよ。

(3)　100 ℃ の水 1 g が同じ温度の水蒸気に変わるのに必要な熱量 (蒸発熱) q_2〔J/g〕を求めよ。

3

熱容量の無視できる水熱量計の中に -10 ℃ の氷が 42 g 入っている。ここに 54 ℃ の湯を 65 g 加えたところ，氷はすべてとけて 0 ℃ の水になった。水の比熱を 4.2 J/(g･K)，氷の融解熱を 3.3×10^2 J/g とする。

(1)　氷の比熱 c〔J/(g･K)〕を求めよ。

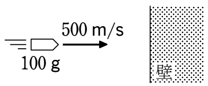
(2)　同じ水熱量計に 60 ℃ の湯を 93 g 入れ，その中に -20 ℃，質量 m〔g〕の氷の塊を入れたところ，氷はすべてとけて 0 ℃ の水になった。m〔g〕を求めよ。

4

0 ℃ のとき，長さ 20 m であった鉄製レールが，50 ℃ のときは，長さが 1.2 cm 伸びた。鉄の線膨張率 α〔/K〕を求めよ。

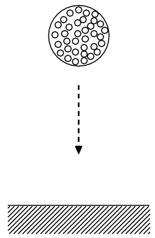
5

質量 100 g，比熱 0.500 J/(g･K) の弾丸を速さ 500 m/s で断熱材でできた壁に撃ちこんだら，弾丸は壁にめりこんで止まった。弾丸の力学的エネルギーがすべて弾丸の温度上昇に使われたとして，発生した熱量 Q〔J〕，弾丸の温度上昇 ΔT〔K〕を求めよ。ただし，重力の影響は無視してよい。



6

0 ℃ の粒状の鉛 1.0×10^3 g をびっしりつめた袋がある。この袋を床から高さ 1.0 m の位置からくり返し 50 回落下させた後，温度を測定したら 3.0 ℃ になっていた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s²，鉛の比熱を 0.13 J/(g･K) とし，鉛入り袋は床ではねかえらないものとする。



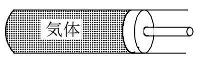
(1)　落下の際，鉛入り袋に対して重力がした全仕事 W〔J〕を求めよ。

(2)　鉛粒の温度上昇に使われた熱量 Q〔J〕を求めよ。ただし，袋と空気の熱容量は無視できるものとする。

(3)　(1) の W と，(2) の Q との差は主にどんな形で使われたか，簡単に説明せよ。

7

円筒形の容器の中に，ピストンによって気体が封入されている。



(1)　気体の体積を一定に保って気体に Q〔J〕の熱量を与えたとき，気体がした仕事はいくらか。また，気体の内部エネルギーはどれだけ増加または減少したか。

(2)　気体の圧力を一定に保って気体に Q〔J〕の熱量を与えたら，気体は膨張した。このとき，気体は W〔J〕の仕事をした。気体の内部エネルギーはどれだけ増加したか。

(3)　気体の温度を一定に保って気体に Q〔J〕の熱量を与えたとき，気体の内部エネルギーは変化しなかった。気体がした仕事はいくらか。

(4)　気体に外部との熱のやりとりがないようにして，気体が外部に仕事 W〔J〕をしたとき，気体の内部エネルギーは増加するか，それとも減少するか。

8

温度がすべて異なる 3 個の物体 A，B，C がある。まず，物体 A と C とを接触させたら，物体 A の温度は 4 度下がり，物体 C の温度は 16 度上昇した。次に，物体 C を A から離して，物体 B と C とを接触させたら，物体 B の温度は 2 度上昇し，物体 C の温度は 10 度下がって 80 ℃ になった。接触した物体の間でのみ熱のやりとりが行われ，接触後の両物体の温度は等しくなるとする。

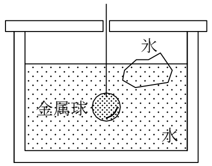
(1)　さらに物体 C を B から離して，物体 A と C とを接触させたら，物体 C の温度 t は何 ℃ になるか。

(2)　このように，物体 C を交互に A と B とに接触させていくと，物体 C の温度はしだいにある一定の値 t_f に近づいた。t_f は何 ℃ か。

ヒント　(2)　A，B，C がすべて同じ温度になると，C の温度は一定値となる。

9

右図のように，断熱材でできたビーカーに断熱材でふたをする。水の比熱は c_0〔J/(g･K)〕，氷の比熱はその $\frac{1}{2}$ で，氷の融解熱を q〔J/g〕とする。



0 ℃，$2m$〔g〕の水に 0 ℃，m〔g〕の氷を入れた 3 個の容器を用意する。まず，容器 1 に t_1〔℃〕に熱した質量 $3m$〔g〕の金属球を入れ，よくかき混ぜたが，水温は 0 ℃ のままであった。これを実験 1 とよぼう。次に，同様にして容器 2，3 に温度 t_2〔℃〕，t_3〔℃〕に熱した質量 $3m$〔g〕の金属球を入れて実験 2，3 を行うと，下表が得られた ($0℃ < t_1 < t_2 < t_3 < 100℃$)。ただし，実験 2 においては，氷がちょうど全部とけた。金属球の比熱を c〔J/(g･K)〕として，問いに答えよ。

	実験 1	実験 2	実験 3
金属球の温度 (℃)	t_1	t_2	t_3
水　温 (℃)	0	0	t_3'

(1)　実験 1 において残った氷の質量 x〔g〕はいくらか。

(2)　実験 2 において温度 t_2 はどのように表されるか。

(3)　実験 3 において t_3' は t_3 を用いてどのように表されるか。

(4)　最後に，0 ℃，$2m$〔g〕の水に t'〔℃〕，m〔g〕の氷を入れた ($t' < 0$ ℃)。これにある温度に熱した質量 $3m$〔g〕の金属球を入れると氷が全部とけて，水温が 0 ℃ の水のみになった。金属球の最初の温度 t_a〔℃〕はどのように表されるか。

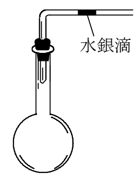
ヒント　(1)　(金属球が失った熱量)＝(氷の一部を水にするのに必要な熱量)

10

圧力 2.0×10^5 Pa，温度 27 ℃，体積 3.0×10^{-2} m³ の気体がある。圧力を一定に保って温度を -73 ℃ にすると，体積 V は何 m³ になるか。

11

図のように，フラスコに細いガラス管をつけてその上部を水平に保ち，水銀滴を入れておく。フラスコを温めると水銀滴は管内を移動していく。



(1)　このとき，フラスコ内の空気 (水銀滴の所まで) の圧力，温度，体積，質量のうち，変化していないものは何か。

(2)　フラスコ内の空気を，はじめの温度 15 ℃ から 31 ℃ まで温めると，はじめ 500 cm³ あった空気の体積が変化した。変化後の体積 V〔cm³〕を求めよ。

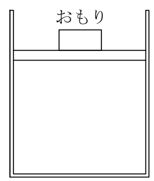
12

圧力 2.0×10^5 Pa，温度 27 ℃，体積 3.0×10^{-2} m³ の気体を，圧力 1.0×10^5 Pa，温度 87 ℃ にすると，体積 V は何 m³ になるか。

13

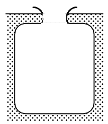
断面積 1.4×10^{-3} m² の円筒形の容器に，なめらかに動く軽いピストンで気体を封じる。このとき，容器の底からピストンまでの高さは 24 cm，気体の温度は 300 K，大気圧は 1.0×10^5 Pa であった。重力加速度の大きさを 9.8 m/s² とする。

このピストンの上に質量 10 kg のおもりをのせ，内部の気体の温度を 340 K にしたときの，容器の底からピストンまでの高さ h〔cm〕を求めよ。



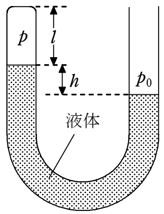
14

体積Vで口の細い瓶が，口をあけたまま27℃の大気中に置かれている。これを87℃の湯の中に口だけ出して入れる。内部の空気の温度も87℃になったとき，はじめに瓶の内部にあった空気の何％が外部に逃げるか。



15

図のように，一端を閉じた太さ一様なU字形ガラス管が圧力p_0[Pa]の大気中に鉛直に置かれ，内部には理想気体が密度ρ[kg/m^3]の液体によって封入されている。このとき，気柱の長さはl[m]，左の液面と右の液面との高さの差はh[m]であった。重力加速度の大きさをg[m/s^2]とし，液体の蒸発は無視できるものとする。



(1)　この状態での理想気体の圧力p[Pa]をp_0，ρ，h，gで表せ。

(2)　さらに，開端からこの液体を注ぎ入れ，左右の液面を同じ高さにした。このときの気柱の長さl'[m]をl，p_0，ρ，h，gで表せ。ただし，温度は一定とする。

ヒント　(1)　左の液面から深さh[m]の点の圧力は右の液面に加わる圧力(大気圧)に等しい。

16

断面積Sのシリンダーに質量Mのピストンで絶対温度T_0の気体を封入する。シリンダーを図１のように鉛直に立てたら，ピストンの高さは底からHであった。大気圧をp_0，重力加速度の大きさをgとする。

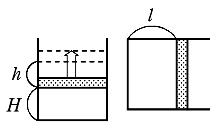


図１　　図２

(1)　内部の気体の圧力pを求めよ。

(2)　温度を保ちながら図２のようにシリンダーを水平に倒すと，ピストンは底からどれだけの位置になるか(図２のl)を求めよ。

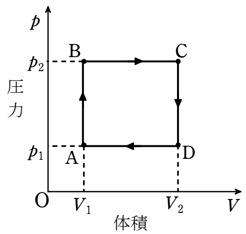
(3)　図１で気体を加熱したらピストンがhだけ上昇した。気体の絶対温度Tを求めよ。

(4)　(3)のあと，ピストンの上に質量mのおもりを載せたら，ピストンは図１のもとの位置にもどった。このときの気体の絶対温度T'を求めよ。

ヒント　(1)　(内部の気体の圧力による力)＝(大気圧による力)＋(ピストンの重さ)

17

なめらかに動くピストンのついた容器に気体を入れ，図のように A → B → C → D → A と状態を変化させた。状態Aでの温度はT_1[K]であった。また過程 A → B では気体は外部よりQ[J]の熱を吸収した。



(1)　状態B，C，Dで最も温度が高いのはどの状態か。またその状態での温度T[K]を求めよ。

(2)　気体が外部に仕事をしていない，あるいは外部から仕事をされていない過程はどこか。

(3)　過程 A → B での内部エネルギーの増加ΔU[J]を求めよ。

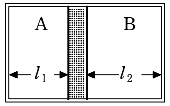
(4)　気体の状態をAから変化させ再びAにもどった。このときの温度T'[K]を求めよ。

(5)　p-V図において，ABCDで囲まれた面積は何を示すか。

ヒント　(1)　容器に封じられた気体の状態変化では，ボイル・シャルルの法則を用いる。

18

図のように，円筒形の容器がなめらかに動くピストンで２つの部分A，Bに仕切られていて，円筒の両端からピストンまでの距離ははじめ，l_1[m]，l_2[m]であった。Aにはn_1[mol]，Bにはn_2[mol]の理想気体が入っている。



(1)　Aの温度はT[K]であった。Bの温度T_B[K]を求めよ。

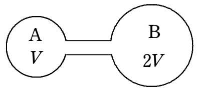
(2)　次に，Bの温度はそのまま一定に保ちながら，Aの温度を上げたらピストンはl[m]動いた。Aの温度T_A[K]を求めよ。

ヒント　ピストンに及ぼす，A，Bの気体の圧力は等しい。

19

図のように，容積がV[m^3]，$2V$[m^3]の２つのガラス球A，Bが細い管でつながれて，中に温度300 K，圧力1.0×10^5 Paの空気が密閉されている。Aを温度300 Kに保ったままBを温度600 Kに上昇させると，両球内の圧力pは何Paになるか。また，BからAへ移動した空気は全体の何分の１か。

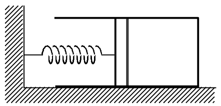
細い管の容積およびガラスの熱膨張による容積変化はないものとする。



ヒント　A，B間で気体は移動するが，全体の物質量は変化しない。

20

なめらかに動くピストンのついた，断面積1.0×10^{-2} m^{2}の円筒容器に気体を封じてある。ピストンには，ばね定数1.5×10^3 N/mのばねをつけ，ばねの他端は固定してある。このとき，ばねは自然の長さで，外部の大気圧は1.0 atm（$=1.0\times10^5$ Pa）である。気体を熱したら，ピストンは，ゆっくり左へ0.20 mだけ移動した。



(1)　このとき，容器内の気体の圧力p[Pa]を求めよ。

(2)　このとき，ピストンに対し，気体がした仕事W[J]を求めよ。

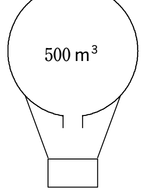
ヒント　(2)　気体がする仕事は，大気圧に対する仕事とばねに対してする仕事の和。

21

次の問いに答えよ。

(1)　圧力p，絶対温度Tのとき，気体の密度がρであるとすると，圧力p'，絶対温度T'のとき，密度ρ'はどのように表されるか。

(2)　気温21℃の地上に熱気球が置かれている。内部の空気を除いた質量は110 kgで，気球の容積は500 m^{3}で一定である。21℃のときの空気の密度を1.20 kg/m^{3}とすると，気球を浮揚させるには，内部の空気の温度を何℃にすればよいか。ただし，気球の内部と外部の圧力は等しいものとする。

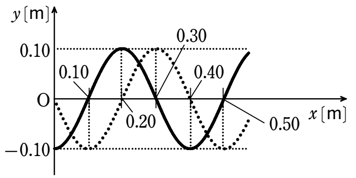


ヒント　(1)　$\rho=\dfrac{m}{V}$（m：質量，V：体積）を用いて，ボイル・シャルルの法則を書きかえる。

(2)　(気球本体の重さ)＋(内部の空気の重さ)＝(浮力)　であればよい。

22

図のように，横波が x 軸の正の向きに進んでいる。図の実線の波は時刻 $t=0$ s における波形で，$t=0.10$ s のときに初めて破線の形になった。



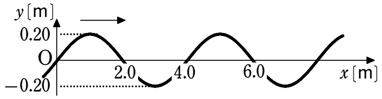
⑴　この波の波長 λ は何 m か。

⑵　波の速さ v は何 m/s か。

⑶　原点の媒質は，$t=0$ s～0.10 s の間に，どちら向きに何 m 動くか。

23

図は x 軸上を正の向きに進む正弦波のある時刻における波形である。この波の周期は 0.80 秒である。



⑴　この波の速さ v〔m/s〕を求めよ。

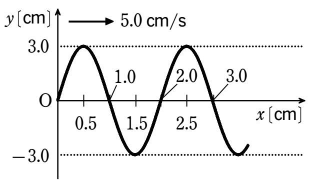
⑵　この時刻で $x=31$ m での変位は何 m か。

⑶　この時刻から 2.0 秒後の波形をかけ。

⑷　この時刻から 2.0 秒後で，$x=31$ m での媒質の変位は何 m か。

24

図は x 軸上を正の向きに 5.0 cm/s の速さで進む正弦波の時刻 $t=0$ s での波形である。

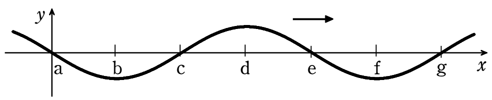


⑴　原点 O での媒質の，変位の時間変化のようすをグラフにかけ。

⑵　この波が x 軸の負の向きに 5.0 cm/s の速さで進んでいたとすると，原点 O での媒質の，変位の時間変化のようすのグラフはどうなるか。

25

図は x 軸上を正の向きに進む縦波のある時刻における変位を横波的な表示方法で表したものである。縦波にもどして考えたとき，次のようになっている媒質の点はどこか。



⑴　最も密な点

⑵　最も疎な点

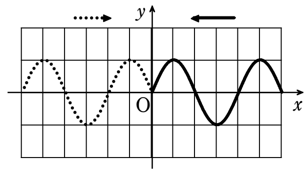
⑶　媒質の速度が 0 の点

⑷　媒質の速度が右向きに最大の点

問　図が，x 軸上を負の向きに進む縦波であった場合，⑴～⑷ の結果はそれぞれどうなるか。

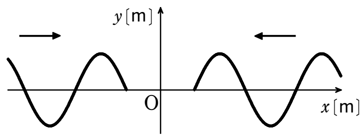
26

互いに逆向きに進む周期 T の 2 つの正弦波がある。この 2 つの正弦波が時刻 $t=0$ で，図に示すように $x=0$ で重なり始めるとする。図中の矢印は波の進む向きを示す。時刻 $t=\dfrac{T}{4}$，$\dfrac{T}{2}$，$\dfrac{3T}{4}$，T における合成波形をそれぞれ，図の x の範囲で示し，合成波の節の位置を $t=T$ の図の x 軸上に ○ 印で示せ。



27

振幅 0.020 m，振動数 250 Hz，波長 0.12 m の 2 つの正弦波が一直線上を互いに逆向きに進み，重なりあって定常波ができた。

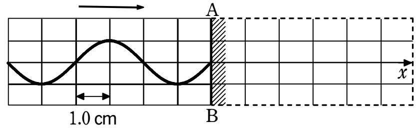


⑴　腹の位置での振動について，振動数 f〔Hz〕と振幅 A〔m〕を求めよ。

⑵　節と節の間隔 d は何 m か。

28

正弦波が x 軸上を正の向きに進み，媒質の端 AB で反射する。この波は 1 秒間に 1.0 cm 進み，$t=0$ s では，先端が端 AB に到達した状態になっている。

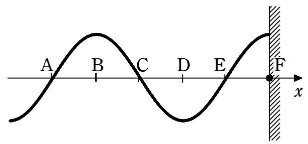


⑴　端 AB が自由端であるとき，$t=4.0$ s での入射波・反射波・合成波をかけ。

⑵　端 AB が固定端であるとき，$t=4.0$ s での入射波・反射波・合成波をかけ。

29

x 軸上を正の向きに進む正弦波が，固定端 F で反射している。図は，ある時刻の入射波のみを示したものである。このとき，入射波と反射波が重なってできる定常波の節の位置はどこか。記号で答えよ。



30

ある媒質中を縦波 (疎密波) が進んでいる。その進む向きを x 軸の正の向きとする。

図 1 はある瞬間の媒質の変位と位置の関係を示し，図 2 はある位置での媒質の変位と時間の関係を示したものである。図 2 において，媒質の密度が最大になるのはどの時刻か。その時刻をすべてあげよ。

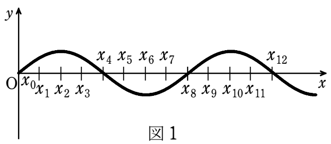


図 1

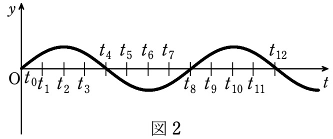
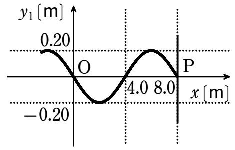


図 2

ヒント　まず，y 軸方向に表された変位を，x 軸方向にかき直し，媒質の密度が最大になる位置を求める。

31

x 軸の正の向きに進む正弦波が $x=8.0$ m にある点 P で反射している。図 はある時刻における入射波 y_1 を示す。波の速さを 2.0 m/s として，以下の問いに答えよ。



⑴　点 P が自由端である場合，図の時刻より 1.0 秒後の入射波，反射波，入射波と反射波の合成波の，点 P における変位はそれぞれ何 m か。

⑵　点 P が固定端である場合，OP 間に節は何個あるか。ただし，点 O，P も含むものとする。

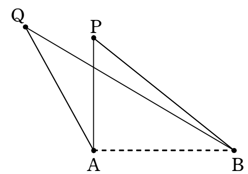
⑶　点 P が固定端である場合，OP 間にできる定常波の腹の振幅は何 m か。また，節と腹の中点における振動の振幅は何 m か。$\sqrt{2}=1.4$ とする。

ヒント　⑴　自由端である点 P では，(入射波の変位)=(反射波の変位)

⑶　OP 間にできる定常波の腹の振幅は，入射波の振幅の 2 倍である。

32

水面上の 2 点 A，B から波長 2.0 cm，振幅 0.30 cm の同位相の波が出ている。次の点 P，Q はどのような振動をするか。波の減衰は無視する。

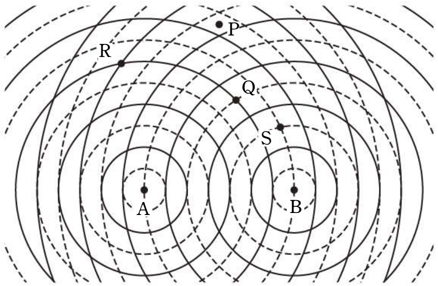


⑴　A から 3.0 cm，B から 5.0 cm の点 P

⑵　A から 4.0 cm，B から 7.0 cm の点 Q

問　2 点 A，B から逆位相の波が出ているとすると，点 P，Q はどのような振動をするか。

33



図のように，水面上で 7.0 cm 離れた２点Ａ，Ｂが同位相で振動して波長が 2.0 cm の波を出している。

図の実線はこれらの波のある瞬間での山を，破線は谷を表している。水面波の減衰は考えない。

(1)　線分ABの垂直２等分線上の点Ｐは，どのような振動をするか。

(2)　点Ｑはどのような振動をするか。

(3)　点Ｒはどのような振動をするか。

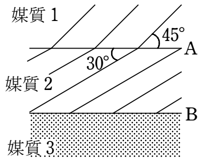
(4)　点Ｓは山か谷のどちらか。また，その山あるいは谷は，２周期後どこまで移動するか。移動の軌跡を図に太い線で示せ。

(5)　一般に，Ａ，Ｂからの距離差が 5.0 cmの点は，どのような振動をするか。また，それらの点を連ねた曲線を図に示せ。

(6)　線分AB上にできる定常波の腹はいくつあるか。また，これらの腹の位置の，点Ａからの距離を求めよ。

34

図のように，媒質１と媒質２が境界面Ａで，また媒質２と媒質３が境界面Ｂで接している。媒質１から入射した平面波の一部が，境界面Ａで屈折して媒質２へ入っていく。図中の平行線は波の波面を表している。媒質１における入射波の波長は 1.4 cm，振動数は 50 Hz である。$\sqrt{2}=1.4$ として計算せよ。



(1)　媒質１の中での波の速さ v_1 は何 cm/s か。

(2)　媒質１に対する媒質２の屈折率 n_{12} はいくらか。

(3)　媒質２の中での波の波長 λ_2 は何 cm か。

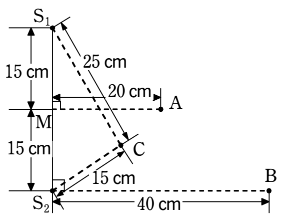
(4)　媒質２の中での波の振動数 f_2 は何 Hz か。

(5)　媒質１に対する媒質３の屈折率 n_{13} を 0.70 とすると，媒質２に対する媒質３の屈折率 n_{23} はいくらか。

ヒント　(5)　$n_{13}=\dfrac{\lambda_1}{\lambda_3}=0.70$　を用いて，$n_{23}=\dfrac{\lambda_2}{\lambda_3}$ を計算する。

35

水面上に２つの波源 S_1，S_2 が 30 cm 離れて置かれており，振動数 5.0 Hz で同位相で振動し，波長 10 cm の同心円状の波を発生している（M は線分 S_1S_2 の中点)。



(1)　波源 S_1 から出た波が点Ａに到達するのに要する時間 t は何秒か。

(2)　２つの波は点Ａで強めあうか，それとも弱めあうか。また，点Ｂではどうか。

(3)　波源 S_1，S_2 において波の山が発生している瞬間に，点Ｃで観測される波は山か，それとも谷か。

(4)　点Ｃで観測された波は 0.30 秒後に水面上のある点に移動する。波源 S_1，S_2 からその点までの距離はそれぞれいくらか。

(5)　線分 S_1S_2 間にできる節の数はいくらか。

(6)　線分 S_2B 間に振動しない点が何か所できるか。

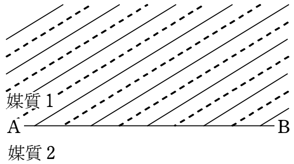
ヒント　(4)　点Ｃを通る２つの波面がどのように変化するかを考える。

(5)　線分 S_1S_2 上の節の位置を点Ｐとし，$S_1P=x$ として S_1，S_2 からの距離の差を求める。

(6)　線分 S_2B と交わる節線の数を求める。(2)，(5) の結果を利用して考える。

36

図は２つの媒質の境界平面ABに入射している平面波のある時刻でのようすを示している。平面ABは紙面に垂直，平面波の入射角は 30° であり，実線は波の山の位置を，破線は谷の位置を表している。



媒質１における波の速さを v [m/s] とすると，媒質２における波の速さは $\sqrt{2}\,v$ である。

(1)　媒質２へ屈折した波について屈折角を求め，屈折波の山の位置を実線で図に示せ。

(2)　図に，この入射波がかかれている時刻における反射波のようすを，波の山の位置を実線で，谷の位置を破線で示せ。なお，波は境界面ABでの反射の際に，位相は変わらない。

(3)　入射波と反射波が干渉して最も強めあっている位置のうち適当に１か所を選んで図に○印をつけ，この位置は時間とともにどの方向にどれだけの速さで動くかを答えよ。

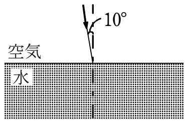
(4)　入射波と反射波が干渉して振動しない節線ができる。節線のようすを図に太い実線で示し，節線間の距離を入射波の波長 λ [m] で表せ。

ヒント　(1)　屈折の法則を用いる（v，$\sqrt{2}\,v$ で表す)。

(4)　節の軌跡をつないだ線が節線となる。

37

空気中の音の速さを 3.4×10^2 m/s，水中の音の速さを 1.4×10^3 m/s とする。空気中から水面に向けて音波を送ると，音波は水中へ屈折して進む。

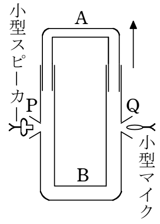


(1)　音波が水面に斜めに入射して進むとき，入射角と屈折角ではいずれが大きいか。

(2)　入射角が 10°のとき，屈折角の sin の値を求めよ。$\sin 10°=0.17$ とする。

38

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。

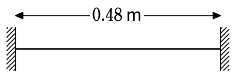
(2)　１オクターブ高い音（振動数が２倍の音）をＰから送りこんで同様の実験をする。PAQ を何 m 引き出すと，初めて音が聞こえなくなるか。

39

調律中のある弦楽器の一本の弦をはじいて出る音と，振動数440 Hz の標準おんさを同時に鳴らしたところ毎秒２回のうなりが聞こえた。また，低周波発振器につながれたスピーカーからの振動数が 445 Hz の音と弦の間では，毎秒３回のうなりが聞こえた。弦の音の振動数 f [Hz] を求めよ。

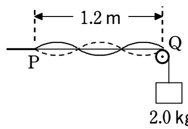
40

長さが 0.48 m の弦が，基本振動，２倍振動，３倍振動するときの弦のようすをかき，それぞれの波長 λ_1，λ_2，λ_3 [m] を求めよ。また，弦を伝わる波の速さを 96 m/s とするとき，それぞれの場合の固有振動数 f_1，f_2，f_3 [Hz] を求めよ。



41

図のように，振動子Ｐに線密度 4.9×10^{-4} kg/m の弦を取りつけ，滑車Ｑを通じて質量 2.0 kg のおもりをつるしたところ，弦には３個の腹をもつ定常波が生じた。なお，Ｐ，Ｑの位置では節ができるものとし，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。また，弦を伝わる波の速さ v [m/s] は，張力の大きさを S [N]，線密度を ρ [kg/m] とすると，$v=\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ と表されるものとする。



(1)　弦を伝わる波の波長 λ [m] を求めよ。

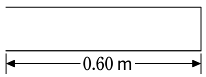
(2)　弦を伝わる波の速さ v [m/s] を求めよ。

(3)　このときの振動子Ｐの振動数 f [Hz] を求めよ。

(4)　４個の腹をもつ定常波をつくるには，おもりの質量を初めの何倍にすればよいか。

42

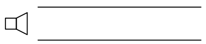
長さが 0.60 m の閉管内の気柱がある振動数の音で共鳴した。このとき，管の底以外に定常波の節が 1 か所あった。音の速さを 3.4×10^2 m/s とし，開口端補正は無視する。



(1)　閉管内にできる定常波のようすを図示せよ。
(2)　気柱内の音波の波長 λ は何 m か。
(3)　気柱内の音波の振動数 f は何 Hz か。

43

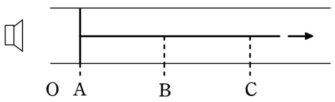
両端が開いた管を使って気柱の共鳴実験をしたところ，ある振動数の音で共鳴した。そのとき定常波の節は 4 か所あり，節と節の間隔が 17 cm であった。音の速さを 3.4×10^2 m/s とし，開口端補正は無視する。



(1)　共鳴した音波の波長 λ は何 cm か。
(2)　共鳴した音波の振動数 f は何 Hz か。
(3)　この気柱の基本振動数 f_1 は何 Hz か。

44

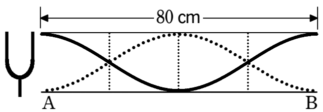
図のように，長いガラス管の中に柄のついたピストンをはめこんでこれを閉管とし，発振器に接続したスピーカーを管口 O に置いて，振動数 $f=600$ Hz の音を出す。ピストンを管口から矢印の向きにゆっくり移動していくと，OA＝13.0 cm の位置 A，OB＝41.0 cm の位置 B で気柱が共鳴した。開口端補正 (管口のすぐ外側の腹の位置までの管口からの距離) は常に一定とする。



(1)　この音の波長 λ は何 cm か。また，開口端補正 Δl は何 cm か。
(2)　このときの音の速さ V は何 m/s か。
(3)　位置 B の次に位置 C でも共鳴することがわかった。OC の長さは何 cm か。
(4)　ピストンを位置 B に固定して，スピーカーから出る音の振動数を徐々に上げていくとき，次に共鳴が起こる振動数 f' は何 Hz か。
(5)　(4) の次に，閉管を冷やしたら共鳴しなくなった。再び共鳴させるためには気柱の長さをどうすればよいか。「少し長くする」，「少し短くする」のどちらかで答えよ。

45

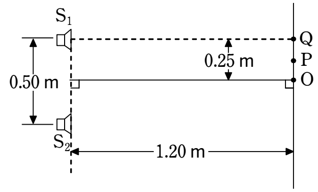
図は開管の気柱が共鳴しているときの，空気の変位のようすを表している。管の両端を A，B とする。ただし，図の波形は，管の長さの方向右向きの媒質 (空気) の変位を上向きの変位として表している。また，開口端補正は無視する。



(1)　音波が反射しているのはどこか。
(2)　変位が実線で表される時刻で，密度が最大の位置は，A から何 cm か。
(3)　変位が破線で表される時刻で，密度が最小の位置は，A から何 cm か。
(4)　空気の密度が最も大きく変化する点は，腹と節のどちらか。
(5)　空気の圧力が最も大きく変化する点は，腹と節のどちらか。

46

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)　S_1Q と S_2Q の距離の差を考えることにより，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。

ヒント　(1)　S_2Q の距離は三平方の定理より求める。
　　　　(3)　互いに逆位相の 2 つの音源からの音の干渉条件は，同位相の場合と逆になる。

47

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。

ヒント　弦を長くすると，基本振動の波長が長くなり，振動数が小さくなる。

48

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。

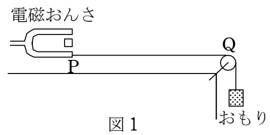


図 1

(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。

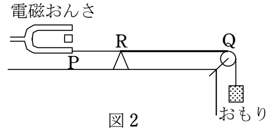


図 2

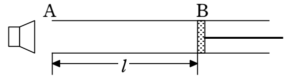
電磁おんさの振動数を適当に調節したら，PR 間に定常波の腹が 2 つできた。

(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。

ヒント　(3)～(5)　長さ，太さの異なる 2 種の弦を結んで振動させるとき，各弦を伝わる横波の速さは異なるが，弦の振動数は等しい (＝電磁おんさの振動数)。

49

図の太さ一様な管は，ピストン B を動かして，管口 A からピストン B までの長さ l を調節できるようになっている。



音源から振動数 f の音波を出しながら，B を動かして l を l_0 にしたらよく共鳴した。続いて B をゆっくり動かしたら，l が $\frac{9}{7}l_0$ のとき再びよく共鳴した。開口端補正は無視する。

(1)　音波の波長 λ を，l_0 を用いて表せ。
(2)　l を l_0 に保ち，音波の振動数を f から次第に大きくしたら，振動数が f' のときまたよく共鳴した。f' は f の何倍か。

ヒント　(2)　気柱の長さが $\frac{1}{4}$ 波長の何個分かを考えるとよい。