D—1

平成25年度入学者選抜学力検査問題

理　科

物　理	1ページ～16ページ
化　学	17ページ～32ページ
生　物	33ページ～56ページ
地　学	57ページ～67ページ

注意事項

1. この冊子は，監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら，解答用紙の上部の所定欄には受験番号　座席番号を，また，下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は，各学部・学科ごとに異なるので，各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算，下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は　記入の有無にかかわらず，持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁，乱丁，または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

物　理

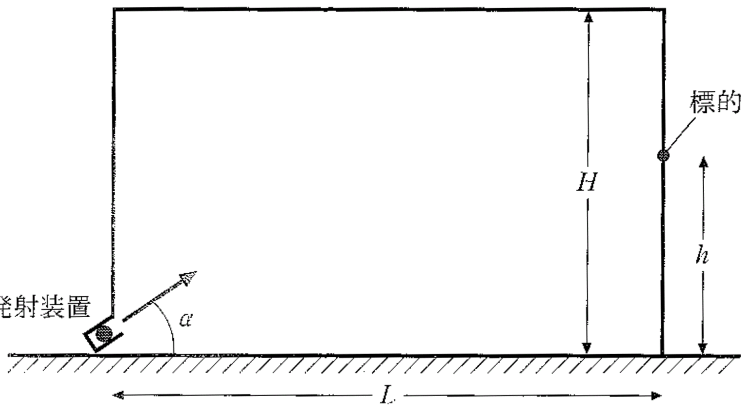
注意　1　志望学部・学科により，以下に示す番号の問題に解答すること。

志望する学部・学科		解答する問題番号
教育学部	志望者のうち物理を選択する者	1　3　5
理学部	物理学科志望者	2　4　5　6
理学部	地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1　3　5　6
医学部	志望者のうち物理を選択する者	2　4　6
看護学部	志望者のうち物理を選択する者	1　3　5
工学部	建築学科，機械工学科，電気電子工学科，情報画像学科志望者	1　3　5　6
工学部	都市環境システム学科，メディカルシステム工学科，ナノサイエンス学科，共生応用化学科，画像科学科志望者，およびデザイン学科志望者のうち物理を選択する者	1　3　5
園芸学部	志望者のうち物理を選択する者	1　3　5
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	物理学分野志望者	2　4　5　6
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	物理化学・生命化学分野志望者のうち物理を選択する者	1　3　5　6
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	電気電子工学分野および情報画像分野志望者	1　3　5　6
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	ナノサイエンス分野および画像科学分野志望者	1　3　5

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。

3. 問題文中に特に指示がない限り，結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

1 図のように，高さHの直方体の箱を水平になるよう固定し，その側面最下部に，小球をさまざまな速さで一定方向に発射する装置を取り付ける。発射装置から距離Lだけ離れた箱の反対側の側面には，高さhの位置に標的が設置されている。小球の運動は紙面内に限るものとして，小球の発射時の速さにより小球が標的に命中するかどうかを考えたい。



図

小球の大きさは無視してよく，箱の内面はなめらかで，箱の内部で空気抵抗は無視できるものとする。また，発射装置の仰角αは$0 < \alpha < \dfrac{\pi}{2}$かつ$\dfrac{h}{L} < \tan\alpha \leqq \dfrac{H}{L}$を満たす範囲に設定されているものとし，小球の質量をm，小球の発射時の速さをv，重力加速度の大きさをgとして，以下の問いに答えなさい。

問 1　小球が発射されてから，はじめて標的側の側面に達するまでの時間を，m，L，α，v，gのうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 2　小球が標的側の側面に達する前に箱の下面に衝突する場合を考えよう。

(1)　小球が発射されてから，はじめて箱の下面に衝突するまでの時間を m，H，α，v，g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

(2)　小球が発射されてから，標的側の側面に達するまでに箱の下面に一度以上衝突するような v の範囲，およびその場合の標的側の側面に達するまでの時間 t の範囲を，m，H，L，α，g のうち必要な記号を用いて不等号で表しなさい。なお，標的に命中するかどうかは考慮しなくてよい。

問 3　小球が箱の下面と衝突することなく標的側の側面に到達する場合を考えよう。

(1)　小球の発射時の速さ v が小さいとき，小球は標的と同じ高さ h に達することがない。小球の最高点が高さ h 以上になるような v の範囲を，m，h，H，L，α，g のうち必要な記号を用いて不等号で表しなさい。

(2)　小球を $v = v_1$ で発射したとき，ちょうど標的に命中した。このときの発射時の速さ v_1，およびその小球が発射されてから標的に命中するまでの時間 t_1 を，m，h，H，L，α，g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 4　発射された小球が，箱の内面との衝突をくり返した後に標的に命中する場合を考えよう。ただし，小球と箱の内面との間の反発係数を，箱のいずれの内面においても e とし（$0 < e < 1$），箱の角や発射装置との衝突はないものとする。なお，等比級数の和について次の式を用いてよい。

$$1 + b + b^2 + \cdots + b^N = \frac{b^{N+1} - 1}{b - 1}\quad（ただし\ b \neq 1）$$

(1)　速さ v で発射された小球が，標的側の側面に一度衝突した後，箱の上面に衝突した。上面に衝突した直後の小球の速度の鉛直成分の大きさを求め，m，h，H，L，α，e，v，g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

(2)　速さ v で発射された小球が，箱の側面と $2n$ 回（標的側と発射装置側それぞれ n 回）衝突した後に標的に命中したとする。発射してから標的に命中するまでの時間を，m，h，H，L，α，e，v，g，n のうち必要な記号を用いて表しなさい。なお，箱の上面または下面に何度衝突していてもよい。

2 図1のように，エレベーターの中で質量 m の小球がばね定数 k のばねでつるされている。エレベーターが静止しているとき，小球はエレベーターの床面に接して静止しており，床面から垂直抗力を受けていなかった。次に，図2のように小球をばねの自然長の位置まで持ち上げ，時刻 $t=0$ で静かに手を離した。

エレベーターの質量は十分に大きく，小球の運動によってエレベーターの運動が影響されることはないものとする。また，小球の大きさ，ばねの質量，空気抵抗は無視できるものとする。床面と小球の反発係数を e，重力加速度の大きさを g として，以下の問いに答えなさい。

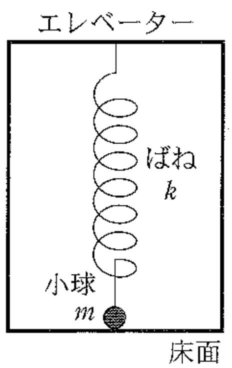


図1

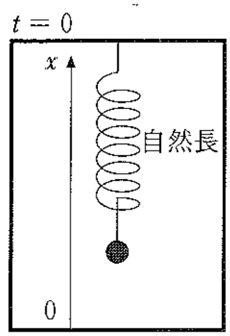


図2

まず，エレベーターが静止している場合を考えよう。

問1　小球が床面に接して静止しているとき，ばねの自然長からの伸び ℓ を，m，k，g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問2　小球をばねの自然長の位置まで持ち上げて静かに手を離した後，はじめて床面と衝突する時刻を t_1，衝突直前の小球の速さを V，衝突直後の小球の速さを v_1 とする。t_1，V，v_1 を，m，k，g，e のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 3　小球がはじめて床面と衝突した後，はね上がって最高点に達した。その最高点の床面からの高さ h_1 を，m，k，g，e のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 4　小球が n 回目に床面と衝突する時刻を t_n，その衝突直後の小球の速さを v_n，n 回目に床面と衝突した後，はね上がって最高点に達したときの床面からの高さを h_n とする。t_n，v_n，h_n を，それぞれ m，k，g，e，n のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 5　時刻 t での小球の床面からの高さを $x(t)$ とする。また，時刻 t での小球とばねの力学的エネルギーの和を $E(t)$ とし，この変化量 $\Delta E(t)$ を $\Delta E(t) = E(t) - E(0)$ と定義する。小球と床面との反発係数 e が $e = \dfrac{1}{2}$ であるとして，3 回目に床面と衝突するまでの $x(t)$ および $\Delta E(t)$ をグラフで示しなさい。ただし，グラフには小球が床面と衝突する時刻，および，各衝突後，最高点に達したときの $x(t)$，$\Delta E(t)$ の値を書き込みなさい。これらの値は，m，k，g のうち必要な記号を用いて表すこと。

次に，エレベーターが鉛直方向に等加速度運動している場合を考える。鉛直上向きを正として，エレベーターの加速度を a と定義する。小球をばねの自然長の位置まで持ち上げ，時刻 $t = 0$ で静かに手を離した。

問 6　エレベーターが加速度 $a = a_1$ で等加速度運動しているとき，手を離した後の小球は，床面ぎりぎりまで近付いた後，衝突することなく単振動を続けた。このときのエレベーターの加速度 a_1 と，小球の単振動の周期 T を m，k，g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 7　次に，エレベーターが加速度 $a = a_2$ で等加速度運動しているとき，手を離した後，小球が床面に衝突するまでの時間が，エレベーターが静止している場合の p 倍になった。ただし，$0 < p < 2$ であるとする。このときのエレベーターの加速度 a_2 を，m，k，g，p のうち必要な記号を用いて表しなさい。

3 図1のように，電圧 V の電池，自己インダクタンス L のコイル，スイッチS，および一辺の長さ a の正方形の極板A，Bを間隔 d で向かい合わせた平行平板コンデンサーで構成される回路を考える。コンデンサーには，図2のように縦および横の長さが a，厚さ d，比誘電率 $\varepsilon_r (\varepsilon_r > 1)$ の直方体の誘電体がコンデンサー内にすきまなく挿入されている。

このとき，極板の端における電場の乱れは無視できるものとする。真空の誘電率を ε_0，空気の比誘電率を1として，以下の問いに答えなさい。なお，各問においては，指定された記号を用いて，あるいは必要なら V，a，d，ε_r，ε_0 のうちから記号を追加して答えなさい。

はじめにスイッチSを図1のJ側に閉じ，十分な時間が経過した。

問1　コンデンサーの電気容量 C_1 を求めなさい。また，コンデンサーに蓄えられている静電エネルギー U_1 を求めなさい。

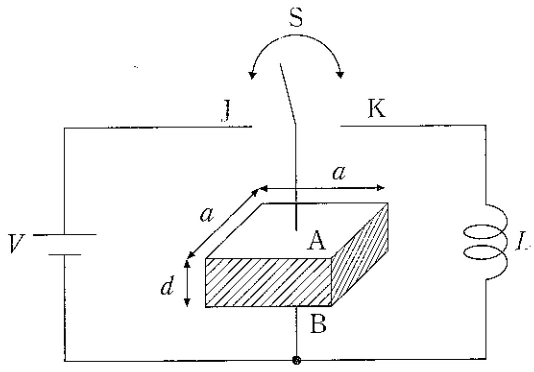


図1

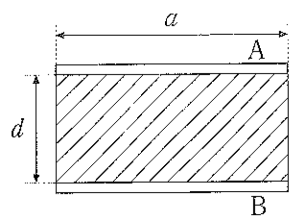


図2

次に，図3のように極板間の誘電体をなめらかにゆっくり動かして距離xだけ引き出した。ただし $0 < x < a$ とする。

問 2　このときのコンデンサーの電気容量C_2を，xを用いて表しなさい。

ここで，図3の状態から誘電体をさらに微小距離Δxだけ引き出した。

問 3　誘電体をΔxだけ引き出す操作によってコンデンサー内に蓄えられた静電エネルギーの変化量ΔUを，Δxを用いて表しなさい。

問 4　誘電体をΔxだけ引き出す操作の間に電池がした仕事Wを，Δxを用いて表しなさい。

問 5　誘電体をΔxだけ引き出すことによるコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーの変化量は，外力による仕事と電池が行った仕事の和に等しい。この関係を用いて，誘電体にはたらく静電気力の大きさと向きを求めなさい。向きは図3において右向き，左向きいずれになるかを答えなさい。ただし，誘電体をΔxだけ引き出す間，静電気力の大きさは変化しないものとする。

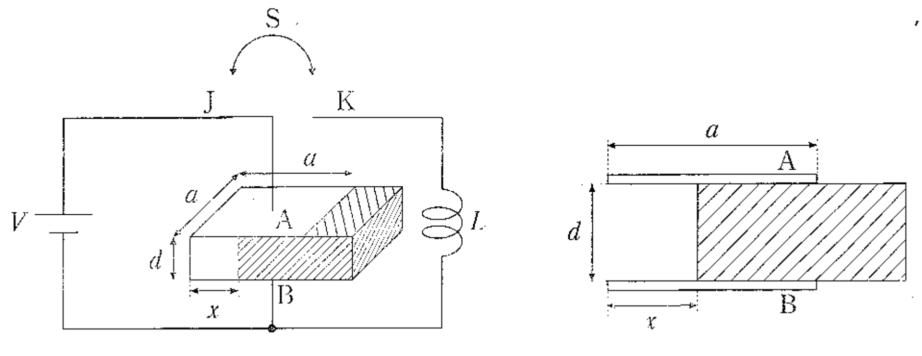


図3

さらに，図２のように誘電体がコンデンサー内にすきまなく挿入されている状態($x=0$の状態)に戻し，スイッチＳをＪ側に閉じて十分な時間が経過したあとスイッチをＫ側に切りかえた。切りかえた時刻を$t=0$としてコイルにかかる電圧の時間変化を調べたところ，$t=2T$のときにコイルの電圧がはじめて０となった。

問６　コイルの自己インダクタンスLを，$x=0$のときのコンデンサーの電気容量C_1とTを用いて表しなさい。

ふたたび図３のように誘電体を引出し，誘電体の位置を$x=x_1(0<x_1<a)$で固定して同様の測定を行ったところ，$t=T$のときにコイルの電圧がはじめて０となった。

問７　このときのx_1を求めなさい。

4 以下の問いに答えなさい。

A　図1のように，一様な磁場中に，細い導線でできた1辺の長さ ℓ の正方形のコイル PQRS を4辺が磁場と直交するように置く。磁場の向きは紙面に垂直に裏から表へ向かう向きである。導線内には，電荷 $-e(e>0)$，質量 m をもった自由電子が単位長さあたり n 個あり，導線の単位長さあたりの電気抵抗は a である。コイルの自己誘導は考えなくてよい。

まず，磁場が時間変化せず一定で，磁束密度が $B(>0)$ である場合を考える。図1のように，コイルが一定の速さ v で導線 QR に平行に動いている。

問1　導線 PQ と導線 QR について，それぞれの導線内の自由電子1個が磁場から受ける力の大きさと向きを答えなさい。向きについては P，Q，R，S を用いて答えなさい。問2～問6についても同様である。

問2　このとき導線内には電場ができている。導線 PQ について，この電場の強さと向きを答えなさい。また，導線内に電場ができる理由を簡単に述べなさい。

問3　導線 PQ が磁場から受ける力の大きさと向きを答えなさい。

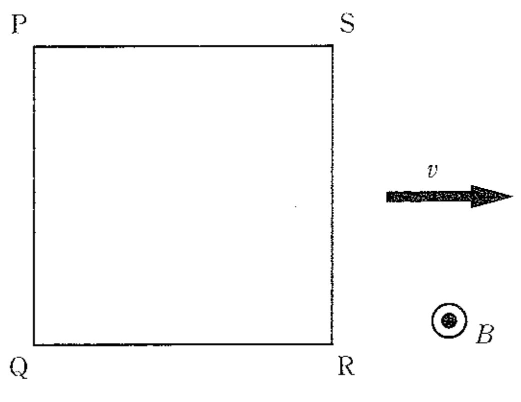


図1

次に，コイルを固定し，磁場の強さを変化させる場合を考える。磁束密度を0から単位時間当たり$b(>0)$の一定の割合でゆっくり増やすと，導線に沿って一定の大きさの電場ができ，電流が流れる。

問 4　導線PQ内にできる電場の強さと向きを答えなさい。

問 5　このとき導線を流れる電流の大きさと向きを答えなさい。また，導線でジュール熱として失われる単位時間あたりのエネルギーを答えなさい。

問 6　磁束密度が$B_1(>0)$になったとき，導線PQと導線QRがそれぞれ磁場から受ける力の大きさと向きを答えなさい。

B　図2のように，電気抵抗のない細い導線で作られた半径 r のリングを固定し，リング面に垂直に一様な磁場を加える。リングの自己インダクタンスを L とする。加える磁場の向きは，紙面に垂直に裏から表へ向かう向きである。加える磁場の磁束密度 B を 0 から単位時間当たり $b(>0)$ の一定の割合でゆっくり増やす。リングを流れる電流は最初 0 であるが加える磁場とともに変化し，時刻 t で I，時刻 $t+\Delta t$ で $I+\Delta I$ になるものとする。

問 1　加える磁場の変化によってリングに発生する誘導起電力の大きさと向きを答えなさい。向きについては，図2で時計回りか反時計回りかを答えなさい。問2についても同様である。

問 2　時刻 t で自己誘導によってリングに発生する誘導起電力の大きさと向きを答えなさい。

問 3　電気抵抗のない導体内では電場は0なので，加える磁場の変化による誘導起電力と自己誘導の起電力はちょうど打ち消しあう。このことを使って，電流の変化の割合 $\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$ と磁束密度の変化の割合 b の関係を表す式を導きなさい。また，電流が時間とともにどう変わるか簡単に説明しなさい。

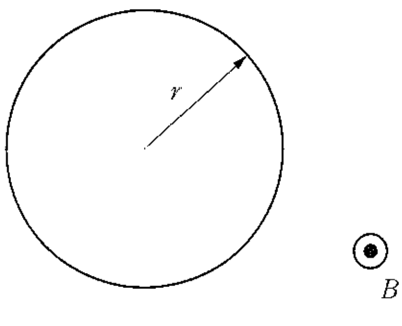


図2

5 図1のように水平に置いたシリンダーとピストンで囲まれた空間を，仕切り板で二つの気室(気室1および気室2)に分けた。シリンダーの側面と仕切り板は断熱材でできており，熱の出入りがない。一方，シリンダーの底とピストンは，熱を伝える素材でできている。また，ピストンと仕切り板は，シリンダーの軸方向になめらかに動くことができる。

シリンダーの外と同じ温度で，同じ圧力の単原子分子理想気体を気室1，2にそれぞれ物質量 n ずつ閉じ込めたところ，二つの気室は同じ長さになった。シリンダーの外の温度を T，圧力を p_0，ピストンの断面積を S，仕切り板とピストンの質量をそれぞれ m，M，重力加速度の大きさを g，気体定数を R として，以下の問いに，上記の記号のうち必要なものを用いて答えなさい。

問 1 仕切り板とピストンを固定し，シリンダーの底を温度 $\frac{T}{3}$ の熱源に接触させたところ，気室1内にある気体の温度も $\frac{T}{3}$ になった。以下の問いに答えなさい。

(1) 気室1内にある気体の内部エネルギーの変化量を求めなさい。ただし内部エネルギーが増加する場合の符号を正とする。

(2) 気室1の圧力は，p_0 の何倍になったか答えなさい。

(3) 次に，仕切り板の固定をはずし，つりあいの位置まで仕切り板を移動させた。このとき，気室2の長さは最初の長さの何倍になったか答えなさい。

(4) (3)の過程の後，気室2の圧力は，p_0 の何倍になったか答えなさい。

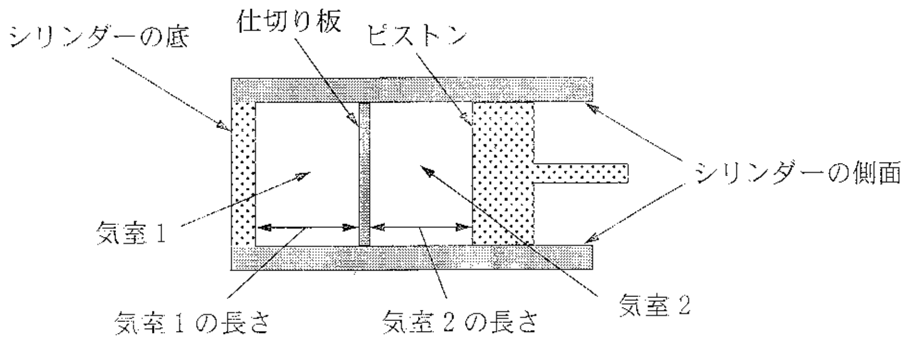


図1

問 2　最初の状態(両気室の温度が T，圧力が p_0 で，長さが同じ状態)で，仕切り板とピストンを固定した後，図 2 のようにシリンダーの底が上になるように，シリンダーを鉛直に立てた。以下の問いに答えなさい。

(1)　ピストンの固定をはずし，ピストンをつりあいの位置まで移動させた。このとき，気室 2 の長さは最初の長さの何倍になったか答えなさい。

(2)　次に，仕切り板の固定をはずし，つりあいの位置まで仕切り板を移動させた。このとき，気室 1 の長さは最初の長さの何倍になったか答えなさい。

(3)　シリンダーの底を温度 $\frac{T}{3}$ の熱源に接触させたところ，気室 1 内にある気体の温度も $\frac{T}{3}$ になった。このとき，仕切り板とピストンは，気室 1 の圧力を一定に保ったまま共にゆっくりと移動し，静止した。このとき，気室 1 の気体が外にした仕事を求めなさい。ただし，気体が膨張して外に仕事をする場合の符号を正とする。

(4)　(3)の過程でピストンが移動する距離を求めなさい。

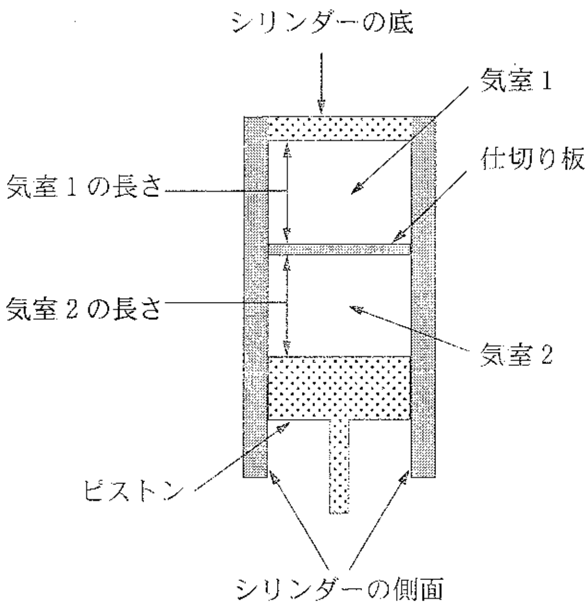


図 2

6 図1～3に示すように，弦1～3と管A～Cに対して定常波の実験を行った。以下の問い(問1～7)に答えなさい。

ただし，これらの弦の材質はすべて同じであり，一様であるとする。問3，問4(1)および問6以外は，計算結果を有効数字3桁で答えなさい。

図1のように長さがℓ_1[m]の弦を固定点である点Pと点Qの間に張った。これを弦1とする。弦の基本振動とは弦の長さが波長の半分となる振動であり，弦1の基本振動の振動数は36.0 Hzである。また，弦1を伝わる横波の速さは108 m/sである。

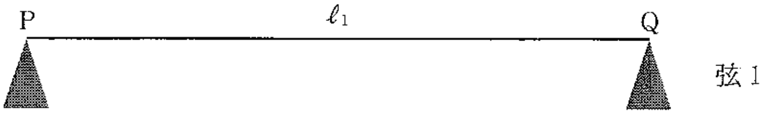


図1

問1　弦1の長さℓ_1[m]を求めなさい。

問2　弦1を振動数f_1[Hz]で振動させたところ，点Pから0.500 m離れたところに定常波の節ができ，その節と点Pとの間に腹が1つだけできた。f_1[Hz]を求めなさい。

問3　弦1の振動数を324 Hzに変えたところ，やはり定常波ができた。このときに発生している腹の個数を求めなさい。

図 2 に示すように，弦 1 と線密度(単位長さあたりの質量)が同じで長さ ℓ_2[m] の弦を弦 1 と同じ張力で張った。これを弦 2 とする。弦 1 と弦 2 の線密度はともに $1\ 60 \times 10^{-2}$ kg/m である。弦を伝わる波の速さ v[m/s] と弦の線密度 ρ[kg/m]，弦の張力 S[N] の間には $v = \sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ の関係があるものとする。

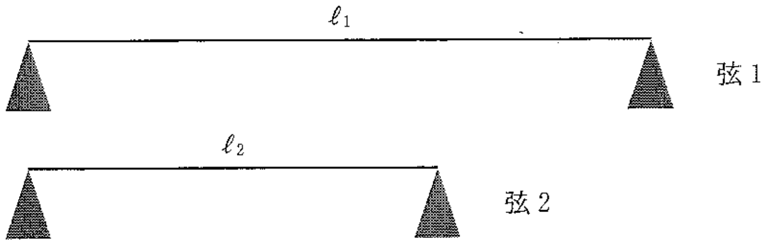


図 2

問 4　弦 1 を 4 倍振動させ，弦 2 を 3 倍振動させたところ，それぞれの弦の振動の隣り合う節の間の距離が等しくなった。

(1)　弦 1 と弦 2 の長さの比を最も簡単な整数比で求めなさい。

(2)　弦 2 の振動数[Hz]を求めなさい。

(3)　弦 2 の基本振動の振動数[Hz]を求めなさい。

問 5　弦 1 と長さが等しい別の弦 3 において，張力が弦 1 と等しいとき，基本振動の振動数が弦 2 と同じになった。弦 3 の線密度[kg/m]を求めなさい。

図3に示すように，弦1と弦3に加え，これらの振動と共鳴させるための管を3本用意した。管Aと管Bは開管であり，管Aは管Bより長く，管Cは閉管である。これらの管で次のような(ア)～(ウ)の共鳴が観測された。音速を348 m/s，管口と定常波の腹の位置は一致するものとし，いずれの管もℓ_1より短いものとする。

(ア) ある一つの管は，弦1の9倍振動と15倍振動の両方で共鳴した。

(イ) 別の一つの管は，弦1の8倍振動と12倍振動の両方で共鳴した。

(ウ) 残りの一つの管は，弦1の10倍振動と弦3の10倍振動で共鳴した。

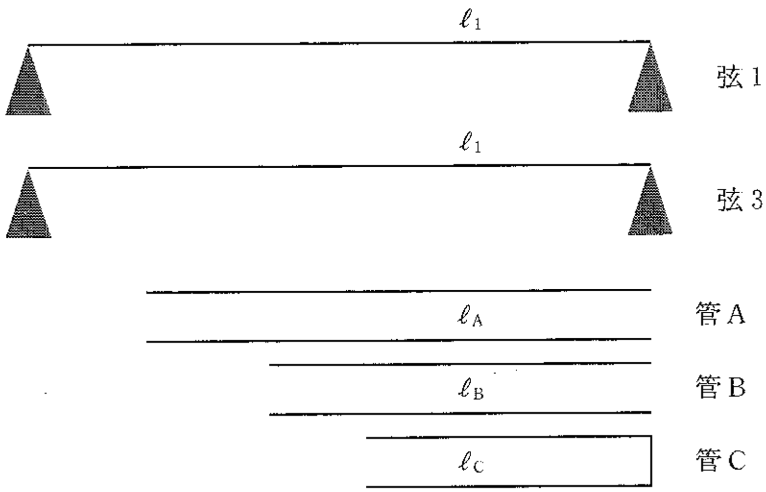


図3

問 6 (ア)～(ウ)の共鳴のうち，閉管Cによる共鳴はどれか記号で答えなさい。

問 7 管A，管B，管Cそれぞれの長さℓ_A[m]，ℓ_B[m]，ℓ_C[m]を求めなさい。