

平成 24 年度 入学者選抜学力検査問題

# 理 科

## 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

なお、解答用紙枚数過不足がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

| 出題科目 | ページ     | 解答用紙枚数 |
|------|---------|--------|
| 物 理  | 1 ～ 11  | 4      |
| 化 学  | 12 ～ 20 | 5      |
| 生 物  | 21 ～ 36 | 6      |
| 地 学  | 37 ～ 47 | 6      |

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

# 物 理

1 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図 1 に示すように、なめらかな垂直壁と摩擦のある水平床に質量  $m$  [kg]、長さ  $L$  [m] のはしごが立てかけられて静止している。はしごの重心は、はしごの中央(点  $O$ )にあり、はしごと床面とのなす角は  $\theta$  である。はしごの上端の点  $A$  において、はしごが垂直壁から受ける垂直抗力の大きさを  $N_1$  [N] とし、はしごの下端の点  $B$  において、はしごが水平床から受ける垂直抗力の大きさを  $N_2$  [N] とする。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、水平床とはしごの間の静止摩擦係数を  $\mu$  とし、垂直壁とはしごの間の摩擦はないものとする。

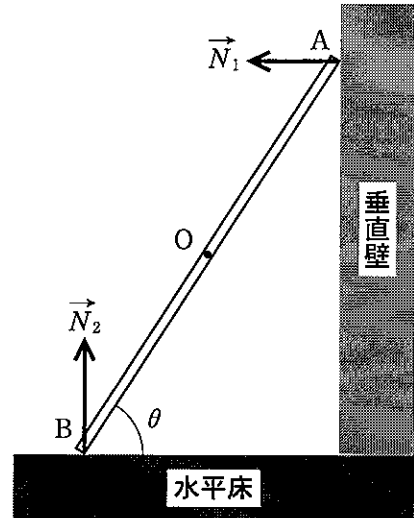


図 1 壁に立てかけたはしご

問 1 はしごの下端の点  $B$  を中心とした力のモーメントのつり合いの式を示しなさい。

問 2 垂直壁からの垂直抗力の大きさ  $N_1$  [N]、水平床からの垂直抗力の大きさ  $N_2$  [N] を、それぞれ求めなさい。

問 3 はしごと水平床とのなす角  $\theta$  が小さくなるように、はしごを徐々に傾けていったところ、角  $\theta$  が  $\theta_s$  になったとき、はしごが水平床の上を滑り始めた。水平床とはしごの間の静止摩擦係数  $\mu$  を  $\theta_s$  を用いて表しなさい。

問 4 水平床とはしごの間の静止摩擦係数  $\mu$  を 0.40, はしごと水平床とのなす角を  $60^\circ$  とした。この状態において質量  $3m$  [kg] の人がはしごを登り始めたところ, はしご上の点 C に到達したときに, はしごが滑り始めた。この場合, 点 B と点 C の間の距離  $l$  [m] とはしごの長さ  $L$  [m] との比を求めなさい。なお, 計算においては  $\sqrt{3} = 1.73$  を用い, 計算結果は有効数字 2 桁で求めなさい。

2 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1の回路図に示すように、電気容量  $C$  [F] のコンデンサー、自己インダクタンス  $L$  [H] のコイル、電気抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗、および交流電源を接続し、交流電源の電圧を  $V = V_0 \sin \omega t$  [V] とした。ここで、 $V_0$  は交流電圧の最大値である。コンデンサー、コイル、抵抗に流れる電流は、図中に示したように、それぞれ  $I_C$  [A]、 $I_L$  [A]、 $I_R$  [A] とする。

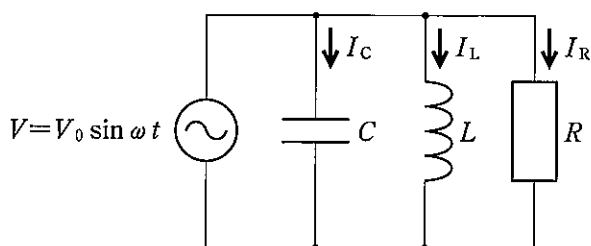


図1 回路図

問 1 以下の空欄に適切な式、数値または語句を書き入れなさい。

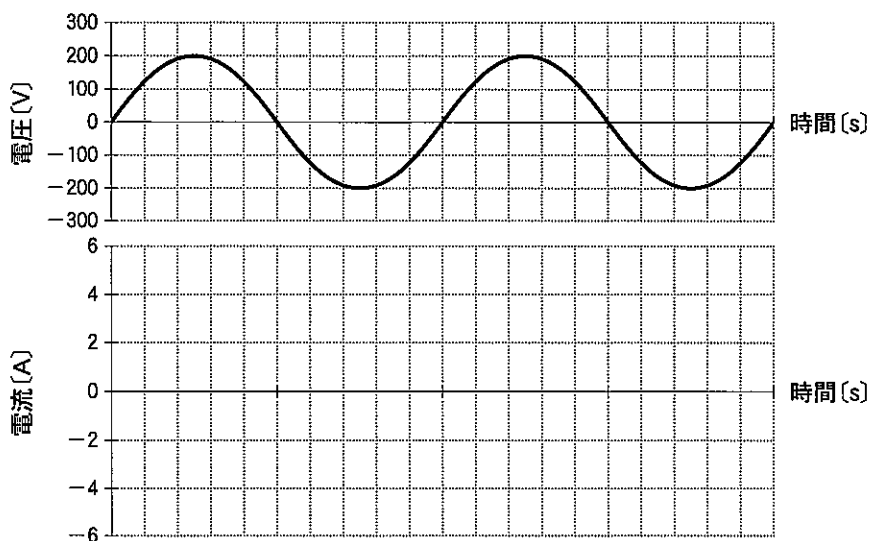
交流電圧の角周波数は  $\omega$  [rad/s] であるから、この交流電圧の周期  $T$  [s] は、  
 となる。コンデンサーに流れる電流  $I_C$  の位相はコンデンサーの両端に加わる交流電圧の位相よりも  進み、コイルに流れる電流  $I_L$  の位相はコイルの両端に加わる交流電圧の位相より  遅れる。したがって、コンデンサーに流れる電流  $I_C$  とコイルに流れる電流  $I_L$  の位相差は、  
 となる。つまり、 $I_C$  と  $I_L$  の2つの電流の向きは各時刻において常に  向きとなっている。一方、抵抗に流れる電流  $I_R$  の位相と抵抗の両端に加わる交流電圧の位相の差は、 である。

図1の回路では、 $I_C$  の最大値は  であり、 $I_L$  の最大値は  である。ここで、 $I_C$  と  $I_L$  の最大値が等しいときには、 $I_C + I_L =$   となる。このときの交流電源の周波数は共振周波数と呼ばれる。図1の回路の共振周波数を  $f_0$  [Hz] とすると、 $f_0$  は、コンデンサーの電気容量  $C$  およびコイルの自己インダクタンス  $L$  と関係があり、 $f_0 =$   で表される。

問 2 図 1 の回路において、コンデンサーの電気容量を  $C = 10 \mu\text{F}$ 、コイルの自己インダクタンスを  $L = 4.0 \text{ mH}$  としたときの共振周波数  $f_0[\text{Hz}]$  を計算し、 $f_0$  の値を有効数字 2 桁で示しなさい。

問 3 図 1 の回路において、コンデンサーの電気容量を  $C = 10 \mu\text{F}$  としたまま、コイルの自己インダクタンスを  $L = 40 \text{ mH}$  とした。また、交流電源の電圧の最大値を  $V_0 = 200 \text{ V}$ 、角周波数を  $\omega = 1.0 \times 10^3 \text{ rad/s}$  とした。このときの  $I_C[\text{A}]$  と  $I_L[\text{A}]$  の最大値を、有効数字 2 桁で求めなさい。

問 4 問 3 の計算によって求めたコンデンサーに流れる電流  $I_C$  とコイルに流れる電流  $I_L$  の波形を、解答用紙のグラフ中にそれぞれ書き入れなさい。交流電源の電圧波形を示しているので、この波形を参考にしなさい。



【注意】  $I_C$  と  $I_L$  の電流波形のそれぞれが区別できるように解答用紙に描きなさい。

3 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図 1 に示すように、内側の底面積が  $S(\text{m}^2)$  の円筒状シリンダーが鉛直におかれている。シリンダーの内部はなめらかに動くことができる 2 つのピストン 1、ピストン 2 によって 2 つの区画 (それぞれ、区画 1、区画 2 とよぶ) に分けられている。2 つの区画には、それぞれ  $1.0 \text{ mol}$  の理想気体が閉じ込められている。2 つのピストンの質量は

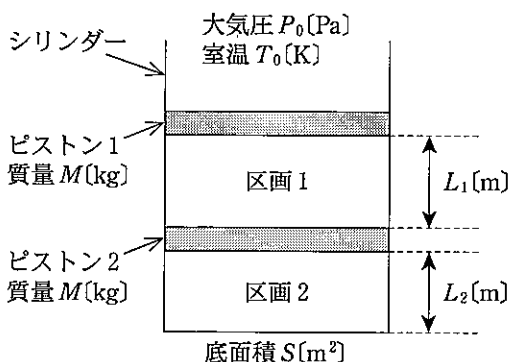


図 1

等しく、それぞれ  $M(\text{kg})$  であり、ピストンの質量に比べて閉じ込められた気体の質量は無視できるものとする。ピストンを通して熱の出入りはないものとする。一方、シリンダーの側面および底面は熱をよく伝える物質でできているが、それぞれに断熱材を取り付けることができる。

最初の状態(図 1 の状態)では、シリンダーの側面と底面に断熱材は取り付けられていない。区画 1 の高さ(ピストン 1 の下面とピストン 2 の上面の距離)は  $L_1(\text{m})$ 、区画 2 の高さ(ピストン 2 の下面とシリンダーの底面の距離)は  $L_2(\text{m})$  である。

重力加速度の大きさを  $g(\text{m/s}^2)$ 、気体定数を  $R(\text{J}/(\text{K}\cdot\text{mol}))$ 、大気圧を  $P_0(\text{Pa})$ 、室温を  $T_0(\text{K})$  とする。また、シリンダーや 2 つのピストンの熱容量、熱膨張はすべて無視できるものとする。以下の問いに答えなさい。なお、図 1 ~ 図 5 において、距離、長さなどは正確には表示されていないことに注意しなさい。

問 1 図 1 に示された最初の状態では、2 つのピストンは静止状態にある。このとき、区画 1 の内部の気体の圧力を  $P_1(\text{Pa})$ 、区画 2 の内部の気体の圧力を  $P_2(\text{Pa})$  とするとき、 $P_2 - P_1$  を表しているものを次の①~⑥のうちから 1 つ選びなさい。

- |                   |                        |                        |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| ① 0               | ② $P_0$                | ③ $\frac{Mg}{S}$       |
| ④ $\frac{2Mg}{S}$ | ⑤ $P_0 - \frac{Mg}{S}$ | ⑥ $P_0 + \frac{Mg}{S}$ |

問 2 図 1 に示された最初の状態において、 $L_1/L_2$  を表しているものを次の①～⑥のうちから 1 つ選びなさい。

- ①  $1 + \frac{Mg}{P_0S}$       ②  $1 + \frac{Mg}{P_0S + Mg}$       ③  $1 + \frac{Mg}{P_0S + 2Mg}$   
 ④  $1 + \frac{2Mg}{P_0S}$       ⑤  $1 + \frac{2Mg}{P_0S + Mg}$       ⑥  $1 + \frac{2Mg}{P_0S + 2Mg}$

問 3 図 2(a)に示された状態から、ピストン 1 に力を加えながら、ピストン 1 をゆっくり下方に  $x$ (m)だけ押し下げて、その状態でピストン 1 の上部に質量  $M$ (kg)のおもりをのせたところ、図 2(b)のような状態で 2 つのピストンは静止したままとなった。

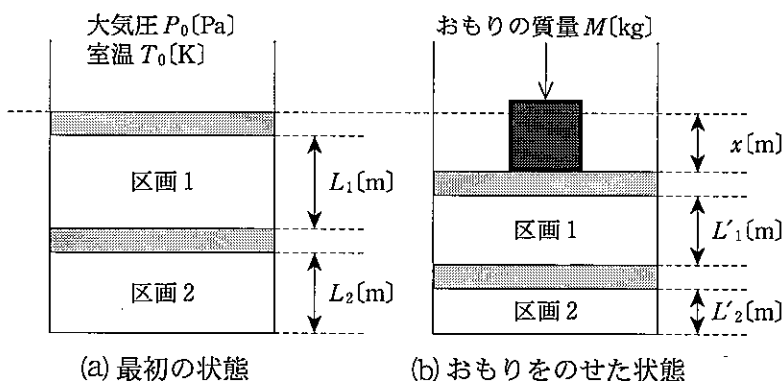


図 2

このときの区画 1 の高さを  $L_1'$  [m]、区画 2 の高さを  $L_2'$  [m] とする。  $L_1'/L_2'$  を表しているものを次の①～⑥のうちから 1 つ選びなさい。

- ①  $1 + \frac{Mg}{P_0S}$       ②  $1 + \frac{Mg}{P_0S + Mg}$       ③  $1 + \frac{Mg}{P_0S + 2Mg}$   
 ④  $1 + \frac{2Mg}{P_0S}$       ⑤  $1 + \frac{2Mg}{P_0S + Mg}$       ⑥  $1 + \frac{2Mg}{P_0S + 2Mg}$

問 4 問 3 のピストン 1 をゆっくりと下方に  $x$ (m)だけ押し下げる操作の間に、区画 1 から外部に流出した熱量を  $Q_1$  [J]、区画 2 から外部に流出した熱量を  $Q_2$  [J] とする。  $Q_1$  と  $Q_2$  の関係を正しく表しているものを次の①～③のうちから 1 つ選びなさい。

- ①  $Q_1 < Q_2$       ②  $Q_1 > Q_2$       ③  $Q_1 = Q_2$

問 5 図 2 (b) の状態において、ピストン 1 を手で押さえたままおもりを取り去り、ゆっくりと手を上方に動かしたところ、区画 1 の高さ $L_1$  [m] と区画 2 の高さ $L_2$  [m] にもどった。この状態で、図 3 (a) のようにシリンダーの側面および底面に断熱材を取り付け、区画 1、区画 2 から熱の流出や流入ができないようにした。その後、ピストン 1 に力を加えながら、ピストン 1 をゆっくり下方に  $y$  [m] だけ押し下げた。その状態でピストン 1 の上部に質量  $M$  [kg] のおもりをのせたところ、図 3 (b) のような状態で 2 つのピストンは静止したままとなった。

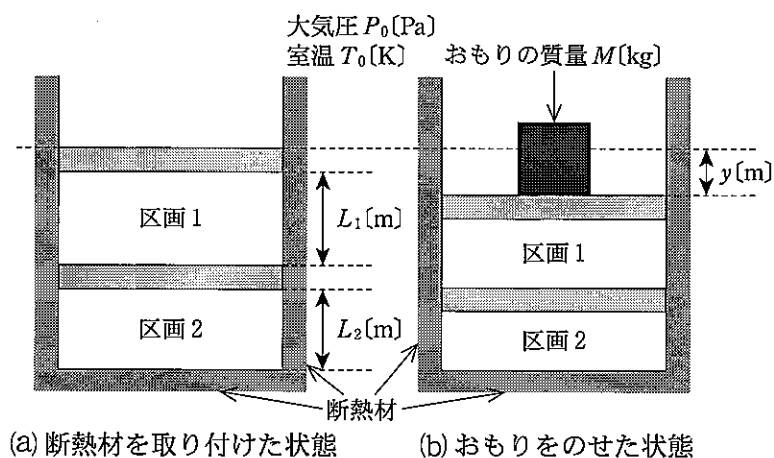


図 3

このときの区画 1 の内部の気体の温度を  $T_1$  [K]、区画 2 の内部の気体の温度を  $T_2$  [K] とする。 $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$  の間の関係で正しいものを次の①～⑥のうちから 1 つ選びなさい。ただし、圧力  $P$  [Pa]、体積  $V$  [m<sup>3</sup>] の気体を等温変化させたときと断熱変化させたときの圧力と体積の関係は、図 4 のようになる。

- ①  $T_0 < T_1 < T_2$       ②  $T_0 < T_2 < T_1$       ③  $T_1 < T_0 < T_2$   
 ④  $T_2 < T_0 < T_1$       ⑤  $T_0 = T_1 < T_2$       ⑥  $T_0 = T_2 < T_1$

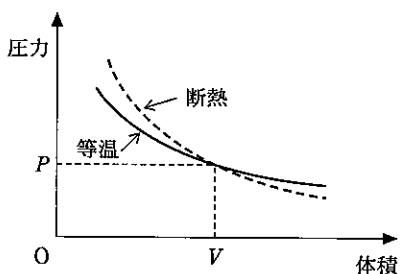


図 4 等温変化と断熱変化させたときの気体の圧力と体積の関係



問 6 図 3 (b)の状態です。ピストン 1 を手で押さえたままおもりを取り去り、ゆっくりと手を上方に動かしたところ、区画 1 の高さ  $L_1$  [m]、区画 2 の高さ  $L_2$  [m] にもどった。この状態で図 5 (a)のようにシリンダー底面の断熱材を取り去り、シリンダー側面からの熱の流出・流入だけができないようにした。その後、ピストン 1 に力を加えながら、ピストン 1 をゆっくり下方に  $z$  [m] だけ押し下げた。その状態でピストン 1 の上部に質量  $M$  [kg] のおもりをのせたところ、図 5 (b)のような状態で 2 つのピストンは静止したままとなった。

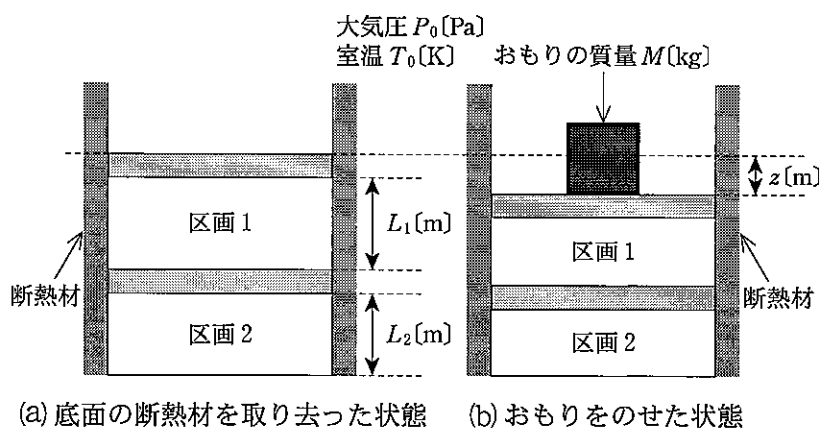


図 5

以上の各問で示された  $x$ ,  $y$ ,  $z$  の間の関係で正しいものを次の①～⑥のうちから 1 つ選びなさい。

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| ① $x < y < z$ | ② $z < x < y$ | ③ $y < z < x$ |
| ④ $y < x < z$ | ⑤ $z < y < x$ | ⑥ $x < z < y$ |

4 以下の各問に答えなさい。(配点 25)

問 1 以下の説明文の空欄に適切な式または語句を書き入れなさい。

媒質中を伝搬する波には、大きく分けると横波と縦波の 2 種類がある。横波では波の進行方向と媒質の変位の方向が  になっている。一方、縦波では波の進行方向と媒質の変位の方向が  になっている。縦波が伝搬するとき、媒質の密度が高くなる部分と低くなる部分ができるので、縦波は、別名  波とも呼ばれる。波の周期を  $T$  [s] とすると、波の振動数  $f$  [Hz] は  となる。また、波長を  $\lambda$  [m] とすると、波の速度  $v$  [m/s] は  $T$  と  $\lambda$  を用いて  と表すことができる。

振動数がわずかに異なる 2 つの音源が同時に音を出すと、それぞれの音源から出た音波の周期とは異なる周期の強弱がついた音として聞こえることがある。このような現象を  という。このとき、2 つの音源から出る音波の周波数がそれぞれ  $f_1$  [Hz],  $f_2$  [Hz] (ただし、 $f_1 > f_2$  とする) であるとき、 の周期を  $T_B$  [s] とすると、 $f_1$ ,  $f_2$ ,  $T_B$  の間には  という関係が成立する。

問 2 振動数が 324 Hz のおんさ A, 振動数が 330 Hz のおんさ B, 振動数が未知のおんさ C がある。おんさ A とおんさ C を同時に振動させると 5 秒間に 20 回の音の強弱があった。一方、おんさ B とおんさ C を同時に振動させると 3 秒間に 6 回の音の強弱があった。おんさ C の振動数  $f_c$  [Hz] を求めなさい。

問 3 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。

図 1 に示すように、弦の片方の端には滑車を通しておもりが取り付けられ、他の端には振動数 100 Hz のおんさ O が水平に取り付けられている。弦の下方にはピストンがついたガラス管が置かれている。おんさ O を振動させると、弦の A—B 間に腹を 3 つもつ定常波が発生した。この状態でガラス管の中のピストンをガラス管の口 C から徐々に下げていくと、D の位置になったとき初めて共鳴し、E の位置になったとき 2 度目の共鳴を起こした。弦の A—B 間の長さを  $L$  [m]、ガラス管の C—D 間の長さを  $l_1$  [m]、ガラス管の C—E 間の長さを  $l_2$  [m] とする。なお、ピストンとガラス管の内壁の間にはすき間はないものとする。また、開口端補正<sup>注)</sup>は一定であるとする。

注) 開口端補正とは、図 2 に示すように、最初の共鳴位置 D のときに発生する定常波(基本振動)の実際の腹の位置が、ガラス管の口 C よりも少し高い位置(距離  $x$  [m])にあるために生じるものである。

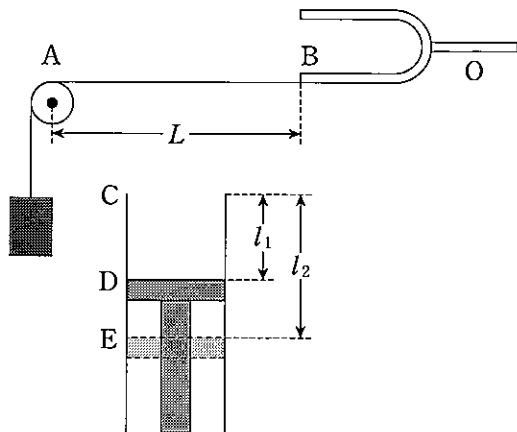


図 1

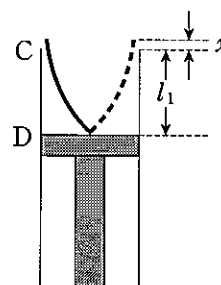


図 2 開口端補正の説明図

- (1) 弦を伝わる横波の波長  $\lambda_1$  [m] と速度  $v_1$  [m/s] を  $L$  を用いて表しなさい。
- (2) 弦の張力を  $S$  [N]、弦の線密度を  $\rho$  [kg/m] とすると、弦を伝わる横波の速度  $u$  [m/s] は、 $u = \sqrt{S/\rho}$  と表される。この関係を用いて、弦の A—B 間に腹を 2 つもつ定常波を発生させるためには、張力を現在の張力の何倍にすればよいかを求めなさい。
- (3) ピストンが E の位置で 2 度目の共鳴を起こしたときのガラス管内の定常波の形を、図 2 を参考にして、横波の形式で描きなさい。
- (4) ガラス管内の音波の波長  $\lambda_s$  [m]、音速  $v_s$  [m/s]、開口端補正  $x$  [m] のそれぞれを、 $l_1$ 、 $l_2$  を用いて表しなさい。
- (5) ピストンを E の位置からさらに下げていくと 3 度目の共鳴が起こった。このときのピストンの上面の位置を F とする。ガラス管の C—F 間の長さ  $l_3$  [m] を  $l_1$ 、 $l_2$  を用いて表しなさい。