# 問題差し替え

9ページ

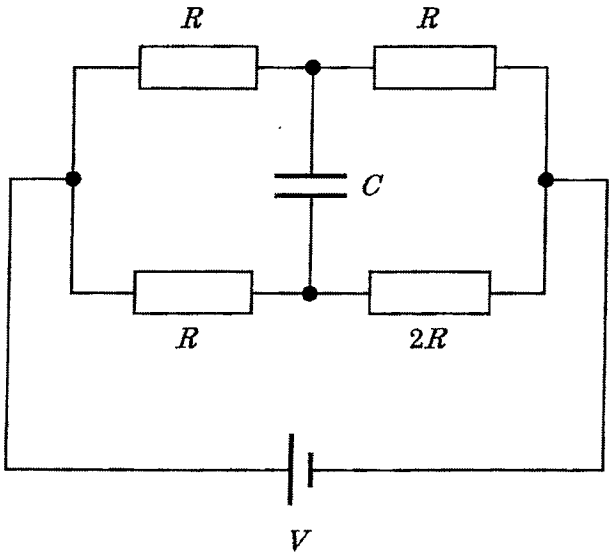
問題 2 （教育学部，理学部（数学科，物理学科，生物学科，地質科学科，自然環境科学科），工学部および農学部受験者用）の［2］を以下の問題に差し替えます。

## ［2］

図のように，電気容量 $C$［F］のコンデンサーと抵抗値が $R$［Ω］，$2R$［Ω］の抵抗，および起電力 $V$［V］の電池を接続し十分に時間がたった。

問1　抵抗値 $2R$ の抵抗に流れる電流を求めよ。

問2　コンデンサーにたくわえられたエネルギーを求めよ。



# 問題訂正

問題 $\boxed{4}$

（教育学部，理学部（物理学科），医学部，歯学部および工学部受験者用）

13ページ

［1］の問2中

(誤) $T_3 - T_1 = \dfrac{Q}{\dfrac{P_1 V_1}{T_4} + C}$

(正) $T_3 - T_1 = \dfrac{Q}{\dfrac{p_1 V_1}{T_4} + C}$

［1］の問3

(誤)　この気体の定圧モル比熱 $C_p$ と定積モル比熱 $C_v$ の比 $C_p / C_v$ の値を有効数字2桁で求めよ。なお，計算の過程も示せ。

(正)　この気体の定圧モル比熱 $C_p$ と定積モル比熱 $C_v$ の比 $\dfrac{C_p}{C_v}$ の値を有効数字2桁で求めよ。なお，計算の過程も示せ。

14ページ

［2］中の上から7行目

（誤）容器内の気圧の圧力を $p$ [Pa] とする。

（正）容器内の気体の圧力を $p$ [Pa] とする。

**1** **注意　全学部受験者用**

図1のように，点Oを中心とし半径$R$〔m〕のなめらかに回転する定滑車に細い糸をかけ，その両側に質量$m$〔kg〕の2つの小さなおもりA，おもりBと質量$4m$〔kg〕のおもりCを付ける。また，点Oをとおる水平線と糸との交点を点pおよび点qとする。ただし，重力加速度の大きさは$g$〔m/s$^2$〕で，滑車と糸の質量，および空気抵抗は無視できる。

はじめ，おもりCを手で支えたとき，おもりBは点pから$h$〔m〕の距離で，おもりAはおもりBから$\pi R$〔m〕の距離で静止していた。ここで，$\pi$は円周率である。静かに手をはなすと滑車は回転し，おもりA，おもりB，およびおもりCが動き出した。

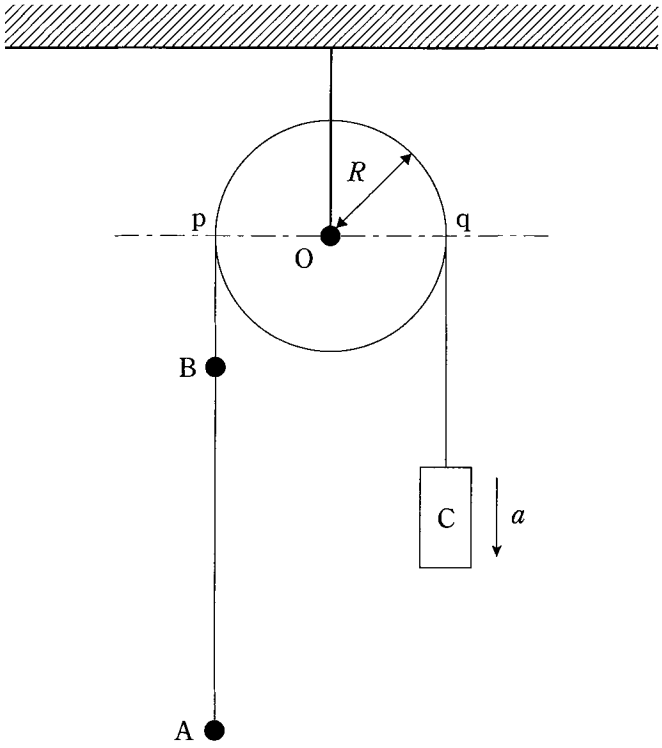



図1

**問 1**　糸がおもりAを引く力の大きさを$T$〔N〕，糸がおもりCを引く力の大きさを$S$〔N〕，おもりCの加速度の大きさを$a$〔m/s$^2$〕とおく。おもりA，おもりB，おもりCの運動方程式をそれぞれ表せ。

**問 2**　加速度の大きさ$a$と糸がおもりCを引く力の大きさ$S$をそれぞれ求めよ。

手をはなしてしばらくすると，おもりBは点pに達して滑車に付着した。さらに時間が経過し，図2のように，おもりBが直線pqから角度$\theta_1$〔rad〕の位置に来た。ただし，角度$\theta_1$は，$0 \leqq \theta_1 \leqq \pi$の範囲とする。

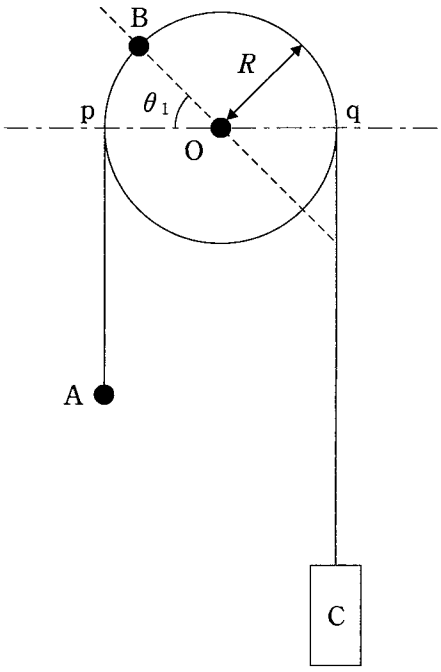



図2

**問 3**　おもりBが点pに達するのは手をはなしてから何秒後かを求めよ。また，このときのおもりCの速さを求めよ。

**問 4**　図2の瞬間のおもりCの速さを求めよ。

さらに時間が経過し，おもりA，おもりBがそれぞれ点p，点qに達した瞬間，おもりCとおもりBをつなぐ糸が切れた。おもりAも点pで滑車に付着して，おもりA，おもりBは滑車に付着したまま運動を行った。

**問 5**　図3のように，おもりA，おもりBは水平から角度$\theta_2$〔rad〕傾いた位置に来た。この瞬間のおもりAとおもりBの位置エネルギーを点Oを基準としてそれぞれ求めよ。また，おもりAとおもりBの位置エネルギーの総和を求めよ。

**問 6**　おもりCとおもりBをつなぐ糸が切れてから，最初に図3の状態になるのは，糸が切れてから何秒後かを求めよ。

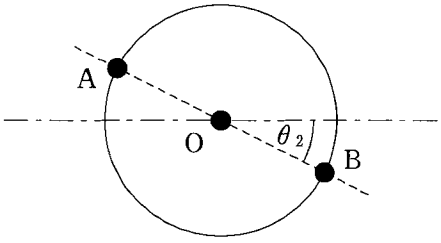



図3

**2** 注意　教育学部，理学部(数学科，物理学科，生物学科，地質科学科，自然環境科学科)，工学部および農学部受験者用

〔1〕 図1のような長さ$l$，幅$w$，厚さ$h$の直方体の導体を考え，$x$，$y$，$z$軸を図中に示すようにとる。また，図2は導体を真上から見た図である。この導体の側面に端子A，B，C，D，Pを取りつけた。ただし，各端子は導体の同じ高さ($z$座標が同じ)にあり，PとCは対面($x$座標が同じ)に位置する。導体中での電気伝導をになう自由電子の電荷を$-e(e>0)$，単位体積あたりの自由電子の数を$n$とする。この導体を磁束密度の大きさ$B$，$z$軸の正の方向の一様な磁場中に置き，AとBをそれぞれ電池の正極および負極につないだ。なお，導体中の電場や電流は一様であるとする。

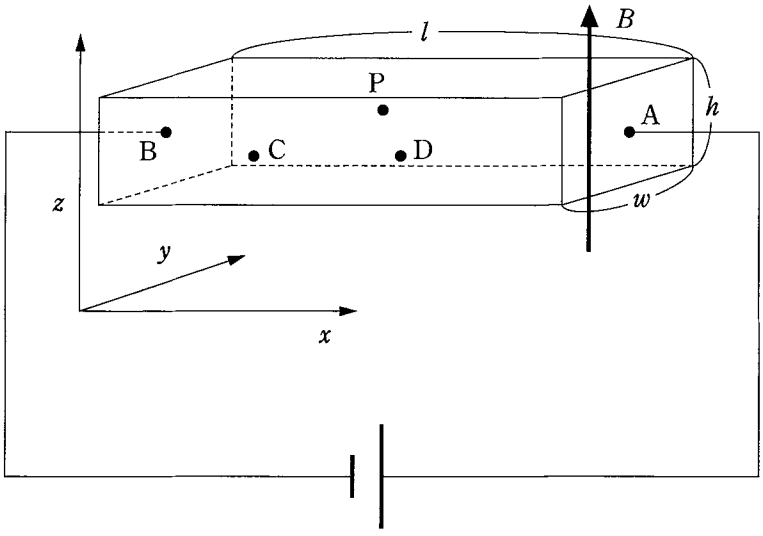



図1

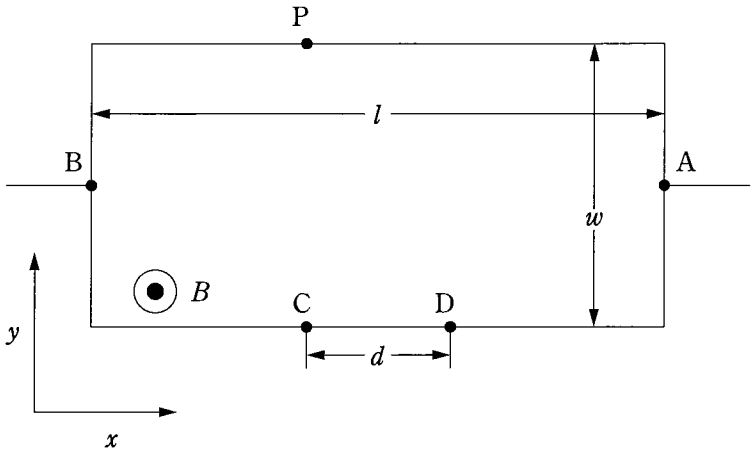



図 2

**問 1**　以下の文中の ① ～ ⑥ に適当な語句または式を入れよ。

導体中の自由電子の運動を微視的に考えよう。導線より導体中に入った電子は $x$ 軸の ① の方向に動く。一方，磁場中を運動する電子はローレンツ力を受ける。速さ $v$ で $x$ 軸の ① の方向に運動する電子が受ける力の向きは $y$ 軸の ② の方向であり，大きさは ③ である。したがって，導体のPのある側が ④ に帯電し，Cのある側がそれとは逆符号に帯電する。その結果，$y$ 軸方向に大きさ $E_{\mathrm{H}}$ の電場が生じる。この電場から電子が受ける力の向きは，ローレンツ力と ⑤ 向きであるから，その大きさは最終的にローレンツ力とつりあい，$E_{\mathrm{H}}=$ ⑥ となることがわかる。このとき，$x$ 軸方向の電流は磁場のないときと同じように定常的に流れるようになる。

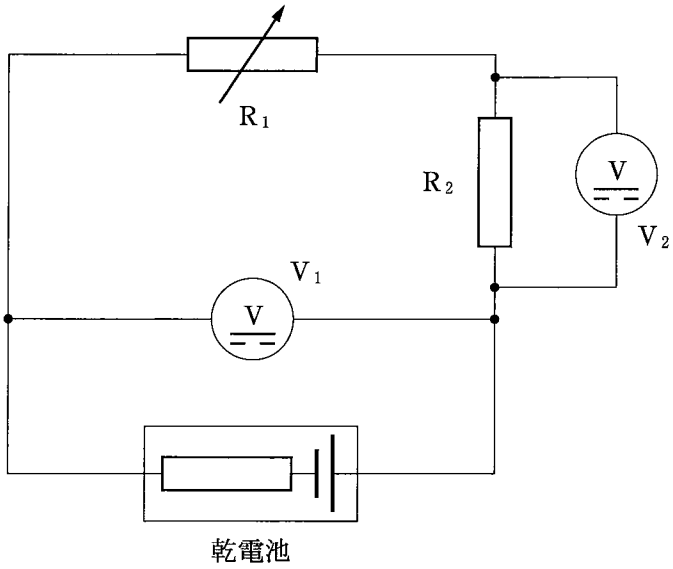
**問 2**　導体中を流れる電流 $I$ を $e$，$n$，$v$，$l$，$w$，$h$，$B$ のうち必要なものを用いて表せ。

**問 3**　電場 $E_H$ を $e$，$n$，$l$，$w$，$h$，$B$，$I$ のうち必要なものを用いて表せ。

**問 4**　AB 間の電位差が $V$ であるときの PC 間の電位差を $V_H$ とする。導体の抵抗率を $\rho$ とし，$V_H$ を $e$，$n$，$\rho$，$l$，$w$，$h$，$B$，$V$ のうち必要なものを用いて表せ。

**問 5**　PC 間の電圧を測るつもりが，誤って PD 間に電圧計をつないでしまった。C と D は $x$ 軸方向に距離 $d$ だけ離れているとするとき，PD 間の電位差が $V_H$ からどれだけずれるかを $\rho$，$l$，$w$，$h$，$d$，$B$，$V$ のうち必要なものを用いて表せ。

〔2〕 図のように，起電力 $E$，内部抵抗 $r$ の乾電池，可変抵抗器 $R_1$ および抵抗器 $R_2$ からなる回路をつくり，電圧計 $V_1$ および $V_2$ を接続して測定をおこなった。その結果，表のデータを得た。電圧計の内部抵抗は十分に大きいものとして，有効数字 2 桁で以下の問いに答えよ。




| 可変抵抗器 $R_1$ の値〔Ω〕 | 1.0 | 3.0 |
|---|---|---|
| 電圧計 $V_1$ の値〔V〕 | 1.44 | 1.52 |
| 電圧計 $V_2$ の値〔V〕 | 0.64 | 0.32 |

**問 1** 抵抗器 $R_2$ の抵抗値を求めよ。

**問 2** 乾電池の起電力 $E$ と内部抵抗 $r$ の値を求めよ。

**3** 注意　理学部(数学科，物理学科，生物学科，地質科学科，自然環境科学科)，医学部，歯学部および農学部受験者用

**問 1**　文中の ① ～ ④ に適当な語句または式を入れよ。なお，音波は縦波であるが，グラフでは横波として表す。

図 1 のような，$x$ 軸方向に十分に長い，長さ $L$ の片側を閉じた円筒管がある。開口端の位置を $x=0$ とする。開口端に音源を置き，時刻 $t=0$ に音波を発生させた。音波の振動数が $f$ であるとき，音波の周期は ① であり，音速を $v$ とすると波長は ② となる。ある時刻 $t'$ で音波の先頭が $x=l$ に到達し，そのときの振幅の様子が図 2 のような正弦波であった。この図より，$l$ と $v$ を用いて $t'$ と $f$ を表すと，$t'=$ ③ ，$f=$ ④ となる。ただし，$l$ は $L$ より十分短いものとする。

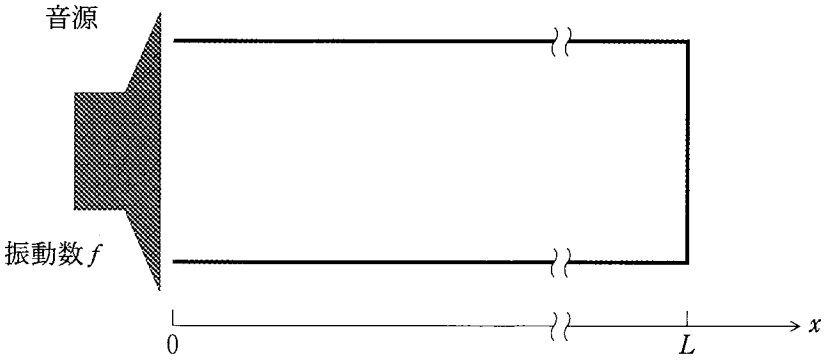



図 1

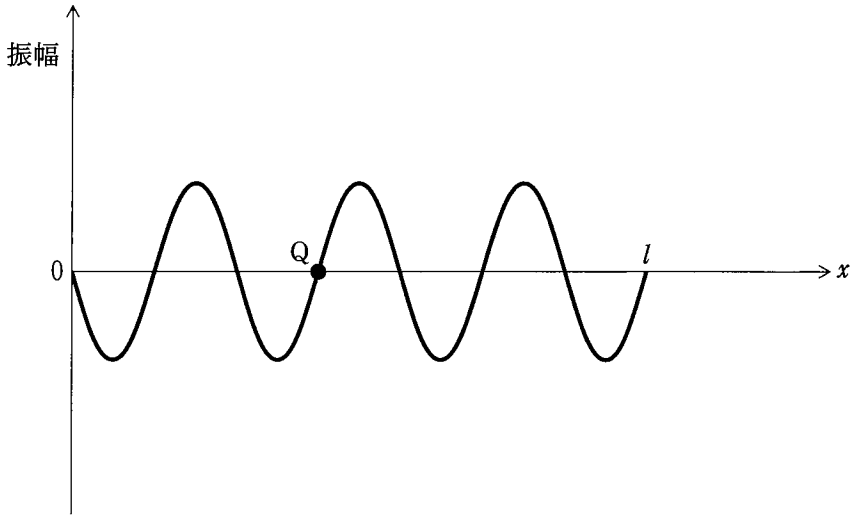



図 2

**問 2**　図 2 の点 Q における振幅の時間変化を表すグラフの概形を，時刻 $t$ が 0 から $t'$ までの範囲で描け。

**問 3**　文中の ⑤ ～ ⑩ に適当な語句または式を入れよ。

図 1 において，音源の振動数を $f_1$ に設定したところ共鳴が生じた。このとき，管の中では ⑤ が発生している。音速を $v$ とすると，$m$ を自然数として，$f_1 =$ ⑥ と書ける。音源の振動数を $f_1$ より徐々に上げていき，振動数が $f_2$ になったとき再び共鳴が起きた。これより，$f_1$ と $f_2$ を用いて $m =$ ⑦ と書ける。また，$f_1$，$f_2$ および $L$ を用いて音速を表すと $v =$ ⑧ となる。次に，音源の振動数を $f_1$ に戻したのちに，管を $x = L'$ $(0 < L' < L)$ の位置で切断し，閉じられている方を取り除いた。このとき，切断した管でも共鳴するような切断位置の候補は ⑨ ヵ所あり，そのうち最も $L'$ の長くなる切断位置は $m$ と $L$ を用いて $L' =$ ⑩ と書ける。

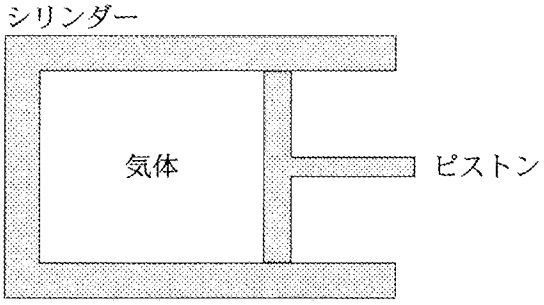
**4** 注意　教育学部，理学部(物理学科)，医学部，歯学部および工学部受験者用

〔1〕 図のような，シリンダーとピストンからなる装置がある。シリンダー内に閉じ込めた気体には熱を与えることができる。ある気体をこのシリンダー内に閉じ込めて，この気体の性質を調べる。

ここで，閉じ込めた気体は単原子分子気体ではなく，その物質量も不明である。この気体は理想気体の状態方程式に従い，また，気体の内部エネルギー $U$〔J〕は気体の温度 $T$〔K〕に対して

$$U = CT$$

という比例関係を満たすことがわかっている。$C$ は比例定数である。以下の問いに答えよ。



まず，ピストンを固定した状態で気体に熱を与える。熱を与える前の温度が $T_1 = 300\,\mathrm{K}$ であり，気体に $Q = 2.1 \times 10^3\,\mathrm{J}$ の熱量を与えたあと，気体の温度は $T_2 = 370\,\mathrm{K}$ に上昇した。

**問 1**　比例定数 $C$ の値を有効数字 2 桁で求めよ。

次に，気体の圧力を一定値 $p_1 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ に保ちながらピストンがなめらかに動くようにする。気体の温度を $T_1 = 300\,\mathrm{K}$ にすると，体積は $V_1 = 3.6 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}^3$ となった。この状態の気体に熱量 $Q = 2.1 \times 10^3\,\mathrm{J}$ を与えると，気体は膨張し温度は $T_3$ になった。

**問 2**　このときの気体の温度変化 $T_3 - T_1$ が

$$T_3 - T_1 = \frac{Q}{\dfrac{P_1 V_1}{T_1} + C}$$

となることを導け。

**問 3**　この気体の定圧モル比熱 $C_p$ と定積モル比熱 $C_V$ の比 $C_p/C_V$ の値を有効数字 2 桁で求めよ。なお，計算の過程も示せ。

〔2〕 図1のように，上端がふさがり下端は開いている円筒型の容器を密度 $\rho_0$〔kg/m$^3$〕，温度 $T$〔K〕の液体に浸し，質量と体積が無視できる糸でつり下げて重量を測定したところ，重量計は $M$〔kg〕を指した。次に，図2のように，この容器に物質量 $n$〔mol〕，温度 $T$〔K〕の理想気体を入れてつり下げ，重量計が $\frac{1}{2}M$〔kg〕を指す位置に容器を静止させた。このときの，液体表面から容器内の液体と気体の境界面までの深さを $h$〔m〕，境界面から容器上面までの長さを $l$〔m〕，容器内の気圧の圧力を $p$〔Pa〕とする。また，円筒容器の断面積は $S$〔m$^2$〕であり，気体定数を $R$〔J/(mol・K)〕，重力加速度を $g$〔m/s$^2$〕とする。ただし，円筒容器は傾くことはなく，気体と液体および容器はつねに熱平衡を保ち，それらの温度は等しい。また，気体の質量は無視できるものとし，液体と容器は温度によって膨張収縮することはなく，液体表面に加わる大気圧も変化しないとする。

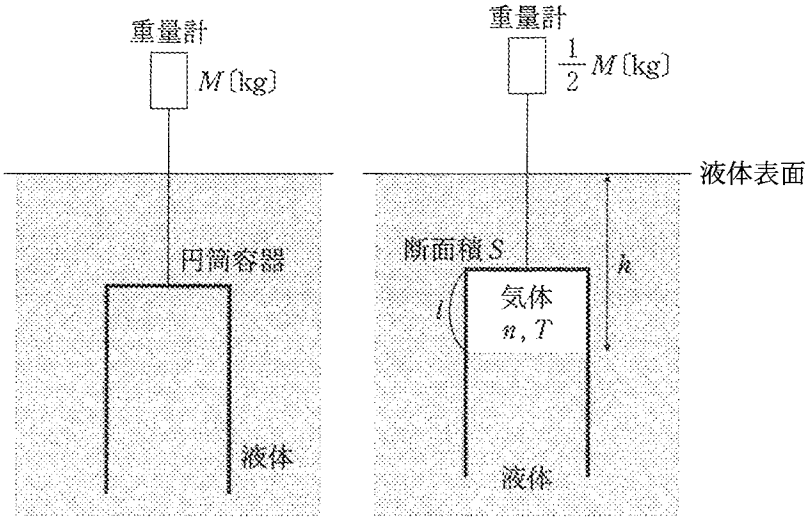



図1　　図2

**問 1** 以下の問いに，$\rho_0$，$M$，$n$，$R$，$T$，$S$，$g$ のうち必要なものを用いて答えよ。

(1) $l$ を求めよ。

(2) $p$ を求めよ。

**問 2** 温度を $T$ から $T+\Delta T$ に上昇させ($\Delta T>0$)，この場合に重量計が $\frac{1}{2}M$〔kg〕を指すように円筒容器の位置を変化させた。このとき，境界面の深さは $h+\Delta h$，容器内の気体の圧力は $p+\Delta p$ であった。以下の問いに，$\rho_0$，$M$，$n$，$R$，$T$，$S$，$g$ のうち必要なものを用いて答えよ。

(1) $\Delta p$ と $\Delta T$ の関係を求めよ。

(2) $\Delta h$ と $\Delta T$ の関係を求めよ。また，温度が $T+\Delta T$ のときに重量計が $\frac{1}{2}M$〔kg〕を指す容器の位置は，温度 $T$ のときよりも上か下かを答えよ。