〔ボイル･シャルルの法則〕

【１】2001 年度　本試験　物理 IB 第３問

断面積 S，質量 M のなめらかに動くピストンにより，一定量の気体を閉じ込めたシリンダーがある。このシリンダーを鉛直に立てたり，水平に倒したりして，気体部分の長さを測った。閉じ込められた気体の温度は，常に周囲の大気と同じとして，次の問い(問１～３)に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。

問１　大気の圧力が p，絶対温度が T のとき，図１のようにシリンダーを鉛直上向きにした状態で，閉じ込められた気体部分の長さは ℓ であった。このとき，閉じ込められた気体の圧力はいくらか。正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

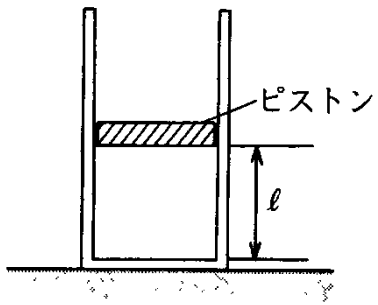


図　1

① p　　② $\dfrac{Mg}{S}$　　③ $p+\dfrac{Mg}{S}$

④ $p-\dfrac{Mg}{S}$　　⑤ $\dfrac{Mg}{S}-p$

問２　また，図２のようにシリンダーを水平にすると，閉じ込められた気体部分の長さは L になった。以上のことから，大気の圧力 p はどのように表されるか。正しいものを，以下の①～④のうちから一つ選べ。

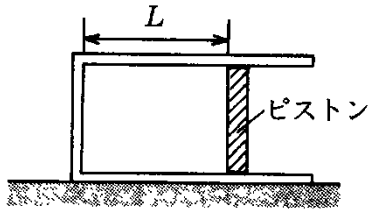


図　2

① $\dfrac{Mg}{S}\cdot\dfrac{L+\ell}{\ell}$　　② $\dfrac{Mg}{S}\cdot\dfrac{L-\ell}{\ell}$

③ $\dfrac{Mg}{S}\cdot\dfrac{\ell}{L+\ell}$　　④ $\dfrac{Mg}{S}\cdot\dfrac{\ell}{L-\ell}$

問３　次に，大気の圧力が p'，絶対温度が T' のときに，閉じ込められた気体部分の長さを測ると，シリンダーが水平の場合には L' であった。温度比 $\dfrac{T'}{T}$ はどのように表されるか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{p'}{p}$　　② $\dfrac{L'}{L}$

③ $\dfrac{p'L'}{pL}$　　④ $\dfrac{p'L}{pL'}$

【２】1997 年度　本試験　物理 IB 第３問　B

B　自由に動くピストンを備えた円筒容器 A が 1 気圧の大気中に置かれている。容器には気体がつめられている。はじめ気体の絶対温度は T_0 であり，ピストンは図３のように容器の底から ℓ の位置にある。

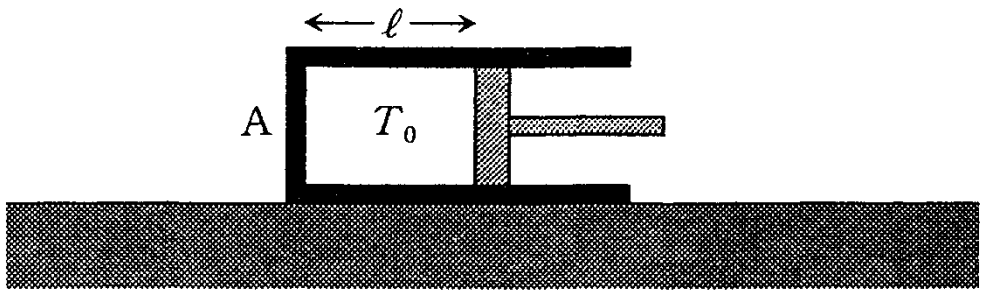


図　3

問４　容器 A の気体の温度を T_0 から t だけ上昇させるとピストンはゆっくり移動して再びつりあった。このとき，A の気体の入っている部分の長さはいくらになるか。次の①～④のうちから正しいものを一つ選べ。 4

① $\left(\dfrac{T_0}{T_0+t}\right)^2\ell$　　② $\left(\dfrac{T_0+t}{T_0}\right)^2\ell$

③ $\dfrac{T_0+t}{T_0}\ell$　　④ $\dfrac{T_0}{T_0+t}\ell$

問５　容器Ａと同一のもう一つの容器Ｂを用意し，二つのピストンを図４のように連結して両方の容器を机に固定した。容器ＡとＢには温度 T_0 の等量の同じ気体がつめられ，ピストンはそれぞれの容器の底から ℓ の位置にあってつりあっている。容器Ａの気体の温度は T_0 に保ち，容器Ｂの気体の温度を t だけゆっくり下降させたところ，ピストンはＢの方に移動してつりあった。ピストンの移動した距離を表す式はどれか。以下の①～⑥のうちから正しいものを一つ選べ。

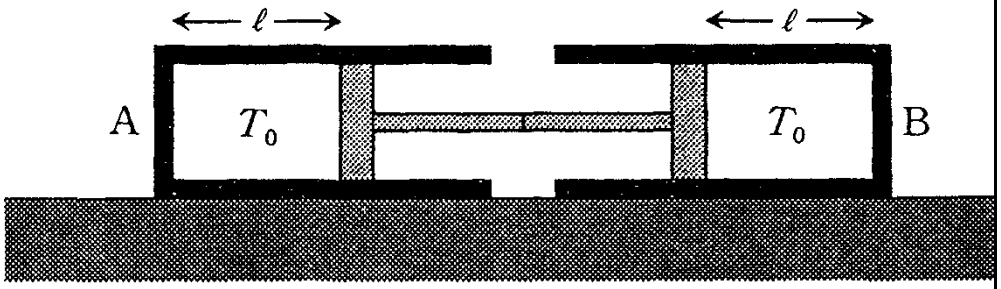


図　4

① $\dfrac{t}{T_0 - t}\ell$　　② $\dfrac{2t}{T_0}\ell$　　③ $\dfrac{t}{T_0 - 2t}\ell$

④ $\dfrac{t}{2T_0 - t}\ell$　　⑤ $\dfrac{t}{T_0}\ell$　　⑥ $\dfrac{t}{2T_0}\ell$

【３】2002 年度　追試験　物理 IB 第３問

図１のように，断面積 S のシリンダーになめらかに動く質量 M のピストンを入れて，一定量の気体を閉じこめた。そして，シリンダーと鉛直線とのなす角度 θ を変えて，閉じこめられた気柱の長さ ℓ の変化を調べた。ただし，実験は温度を一定に保つことができる箱の中で行われ，シリンダー内に閉じこめられた気体の温度は常に箱の中の温度と等しいものとして，以下の問い(問１～３)に答えよ。

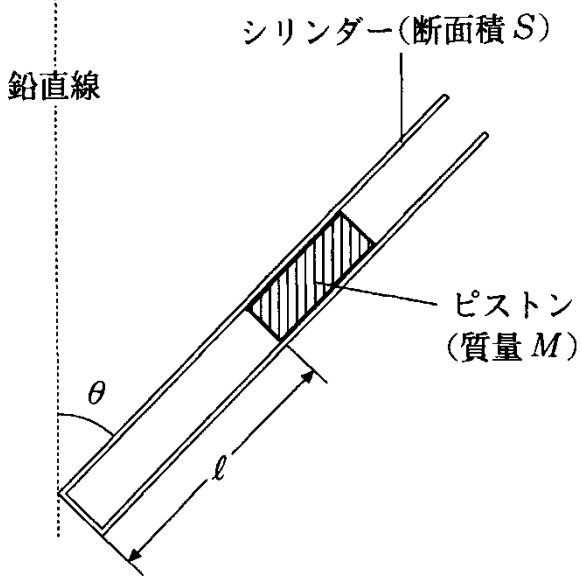


図　1

問１　角度がθのとき，シリンダー内に閉じこめられた気体の圧力pはいくらか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，箱の中の圧力をp_0，重力加速度の大きさをgとする。

① $\left(p_0+\dfrac{Mg}{S}\right)\sin\theta$　　② $p_0+\dfrac{Mg}{S}\sin\theta$

③ $p_0+Mg\sin\theta$　　④ $(p_0+Mg)\sin\theta$

⑤ $\left(p_0+\dfrac{Mg}{S}\right)\cos\theta$　　⑥ $p_0+\dfrac{Mg}{S}\cos\theta$

⑦ $p_0+Mg\cos\theta$　　⑧ $(p_0+Mg)\cos\theta$

問２　箱の中の温度がT_0のとき，閉じこめられた気体の圧力pと気柱の長さℓの逆数$\dfrac{1}{\ell}$との関係をグラフに表すと，図２の実線のようになった。この結果から導かれる気体の性質に関する記述として最も適当なものを，以下の①～④のうちから一つ選べ。

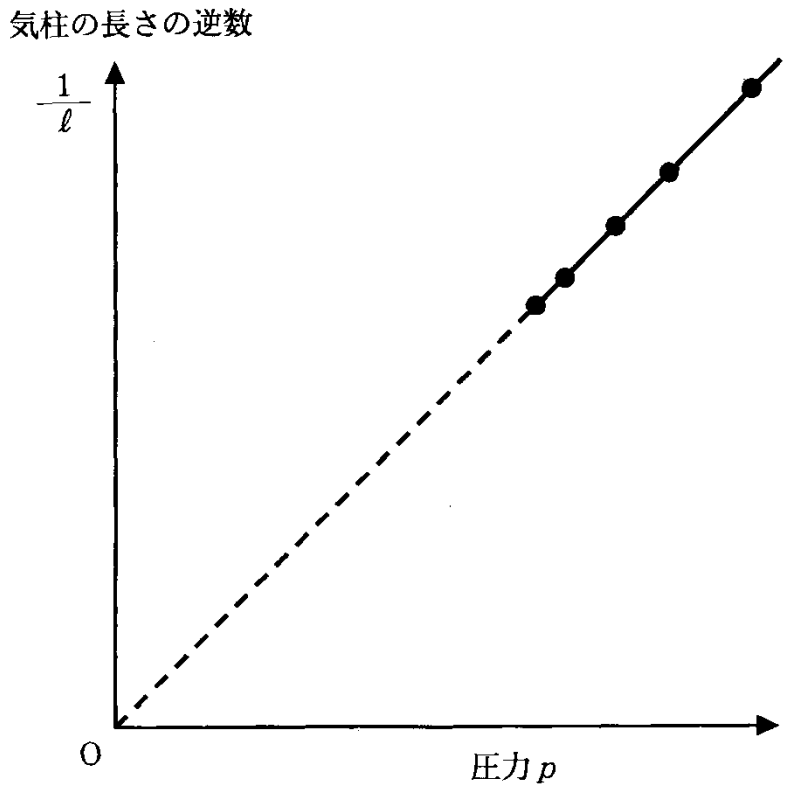


図　2

① 温度が一定のとき，気体の体積は圧力に反比例する。

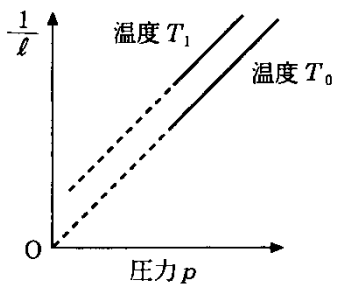
② 温度が一定のとき，気体の体積は圧力に比例する。

③ 温度が一定のとき，気体の体積は圧力によらず一定となる。

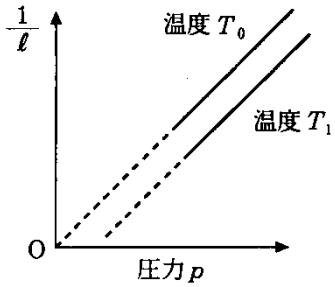
④ 温度が一定のときの気体の体積と圧力の関係については，この結果からだけでは何も結論できない。

問３　箱の中の温度 T_0 をより高い温度 T_1 にして，これまでと同じ手順で実験を行い，問２で得られた結果とともにグラフに表すと，どのようになるか。最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

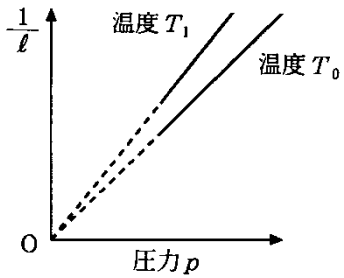
①



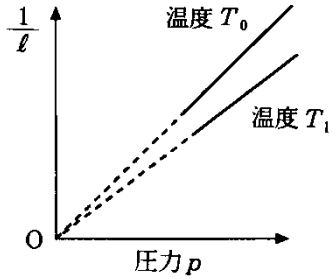
②



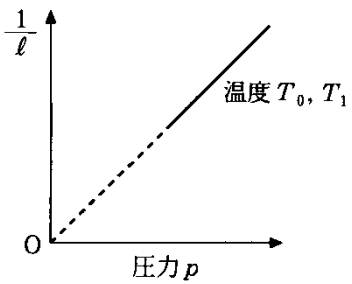
③



④



⑤



【４】 2011 年度　追試験　物理Ⅰ 第４問　C

断面積 S の円筒に，なめらかに動くピストン 2 個を取り付け，その間に気体を閉じ込めた。この円筒を，大気圧 P_0，温度 T_0 の室内で，図 3 のように鉛直に固定し，下側のピストンと床を，ばね定数 k，自然の長さ ℓ_0 のばねでつないだ。円筒とピストンは熱をよく通し，閉じ込められた気体の温度は，常に周囲の温度と等しいとする。また，ばねは常に鉛直であるとし，ばねとピストンの質量は無視できるものとする。

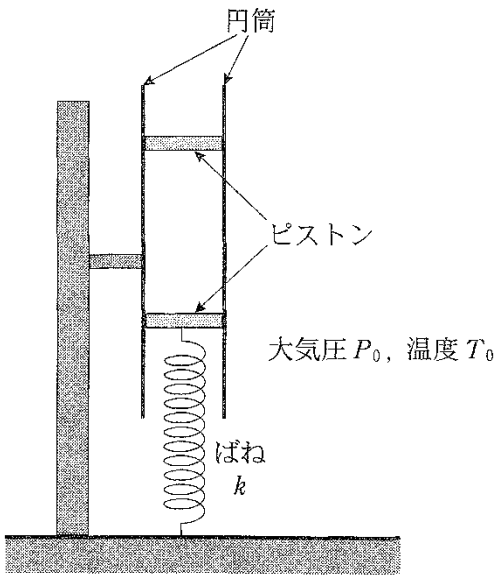
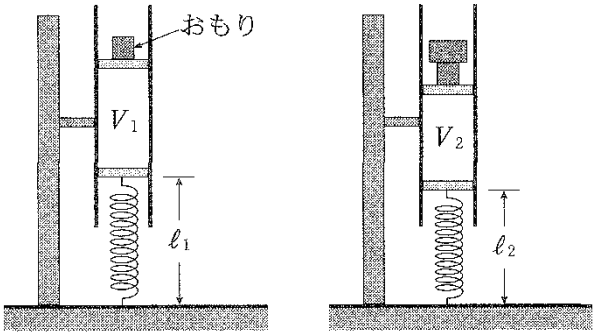


図　3

問６　図 4(a)のように，上側のピストンにおもりをのせると，ばねの長さが ℓ_1，閉じ込められた気体の体積が V_1 の状態で静止した。次に，図 4(b)のように，別のおもりを加えると，ばねの長さが ℓ_2，閉じ込められた気体の体積が V_2 の状態になって静止した。V_2 を表す式として正しいものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。



(a)　　(b)

図　4

① $\dfrac{\ell_0-\ell_1}{\ell_0-\ell_2}V_1$　　② $\dfrac{\ell_0-\ell_2}{\ell_0-\ell_1}V_1$

③ $\dfrac{k(\ell_0-\ell_1)-P_0S}{k(\ell_0-\ell_2)-P_0S}V_1$　　④ $\dfrac{k(\ell_0-\ell_2)-P_0S}{k(\ell_0-\ell_1)-P_0S}V_1$

⑤ $\dfrac{k(\ell_0-\ell_1)+P_0S}{k(\ell_0-\ell_2)+P_0S}V_1$　　⑥ $\dfrac{k(\ell_0-\ell_2)+P_0S}{k(\ell_0-\ell_1)+P_0S}V_1$

問７　図 4(b)の状態から室温を上げると，閉じ込められた気体の温度が上がり，その体積は V となった。このとき，ばねの長さは ℓ であった。V と V_2，および，ℓ と ℓ_2 の大小関係の組合せとして正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，大気圧は P_0 のままであるとし，ばねの性質は温度によらないものとする。

① $V>V_2$，$\ell>\ell_2$　　② $V>V_2$，$\ell=\ell_2$

③ $V>V_2$，$\ell<\ell_2$　　④ $V<V_2$，$\ell>\ell_2$

⑤ $V<V_2$，$\ell=\ell_2$　　⑥ $V<V_2$，$\ell<\ell_2$

【５】 2011 年度　本試験　物理Ⅰ 第４問　C

一端を閉じた質量 M，断面積 S の円筒を，内部に少し空気が残るように水中に入れ，底面を上にして静かに手を離すと，図 4 のように，円筒中の水面が外部の水面より少し下がった状態で，鉛直に静止した。外部の大気圧を P_0，水の密度を ρ，重力加速度の大きさを g とする。円筒は熱を通さず，円筒の厚さは無視できるものとする。また，円筒内部の空気は，常に水温と同じ温度であるとし，その質量は M に比べて十分小さく無視できるものとする。

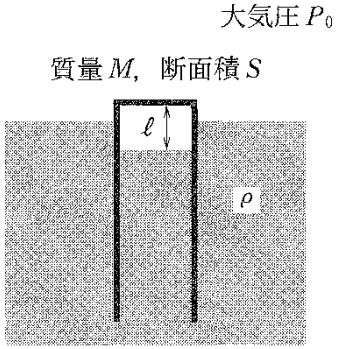


図　4

問５　水温を測定したところ 15℃であり，円筒内の気柱の高さは ℓ だった。その状態から，水温を 43℃まで上げた。このとき，気柱の高さは ℓ の何倍になるか。最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，外部の大気圧は P_0，水の密度は ρ のままであるとし，水の蒸発は考えないものとする。

① 0.3　　② 0.9　　③ 1.1
④ 1.5　　⑤ 2.2　　⑥ 2.9

問６　次に，図 5 のように円筒を鉛直に保ったまま引き上げると，円筒内の水面は外部の水面から h の高さまで上がった。このとき，手が円筒を上向きに支えている力の大きさを表す式として正しいものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。

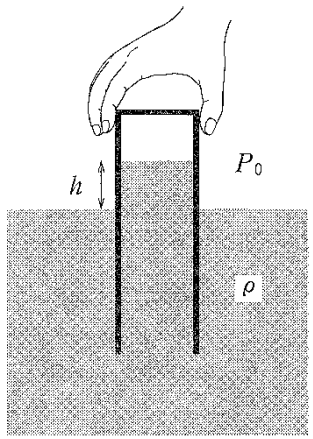


図　5

① $Mg+\rho ghS$　　② Mg
③ $Mg-\rho ghS$　　④ $Mg+\rho ghS+P_0S$
⑤ $Mg+P_0S$　　⑥ $Mg-\rho ghS+P_0S$

【６】1998 年度　追試験　物理 IB 第２問　A

A　熱気球では，気球内の空気を温めると，その密度がまわりの大気の密度より小さくなる。その結果，まわりの大気から受ける浮力の方が内部の空気を含めた熱気球全体の重さより大きくなるために，熱気球は浮上する。

問１　空気の密度をρ_0，絶対温度を T_0 とする。圧力が一定の条件で空気の温度を T に変えたとき，その空気の密度ρはいくらになるか。次の①～⑥のうちから正しいものを一つ選べ。

① $\dfrac{T}{T_0}\rho_0$　② $\dfrac{T_0}{T}\rho_0$　③ $\dfrac{T_0}{T+T_0}\rho_0$

④ $\dfrac{T+T_0}{T_0}\rho_0$　⑤ $\dfrac{T-T_0}{T_0}\rho_0$　⑥ $\dfrac{T_0}{T-T_0}\rho_0$

問２　気球内部の温度が T_0 から T へ上昇すると，空気が膨張して一部は外へ逃げるので，気球全体の重さは減少する。一方，浮力の大きさは気球の押しのけた大気の重さに等しいので，気球の体積を V，重力加速度の大きさを g とすると，$\rho_0 Vg$ と表される。問１の結果を利用して，熱気球が浮上するために必要な気球内部の最低温度を求めるといくらになるか。次の①～⑥のうちから正しいものを一つ選べ。ただし，空気を除いた熱気球の質量を 300kg，$V=2000\,\mathrm{m}^3$，$T_0=280$ K，$\rho_0=1.2\,\mathrm{kg/m^3}$ とする。 2 K

① 280　② 290　③ 300

④ 310　⑤ 320　⑥ 330

【７】1990 年度　本試験　物理 第４問

次の文章を読み，以下の問い(問１～３)に答えよ。

気体は非常に多数の分子から成り立っており，各分子はいろいろな方向へ乱雑に動き回っている。質量 m の小球とみなせる N 個の気体分子が，体積 V の容器中に封入されているとしよう。1 個の分子が容器の壁に及ぼす力は，その壁と弾性衝突する際に分子が壁に与える 19 と，単位時間当たりの衝突回数の積に等しいと考えられる。このことから，気体の圧力 P(気体分子全体が壁の単位面積に及ぼす力)は，

$$P=\frac{Nm\overline{\mathrm{v}^2}}{3V}$$

と表すことができる。ここで，$\overline{\mathrm{v}^2}$ は，分子の速さ v の 2 乗平均である。さらに，気体を n モルの理想気体とみなし，気体定数(ガス定数)を R とすれば，状態方程式(ボイル・シャルルの法則) $PV=$ 20 が成り立つ。したがって，$\overline{\mathrm{v}^2}$ は絶対温度 T に比例することがわかる。

問１　前の文章中の 19 ， 20 に入れるのに適当なものを，次の①～⑦のうちから一つずつ選べ。

① 速　度　② 力　積

③ 運動エネルギー　④ 位置エネルギー

⑤ $n\dfrac{R}{V}$　⑥ $n\dfrac{T}{R}$

⑦ nRT

問２　$\overline{v^2} = aT$ と表すとき，比例定数 a を与える式はどれか，次の①～⑥のうちから正しいものを一つ選べ。ただし，アボガドロ定数を N_0 とする。$a =$ $\boxed{21}$

① $6mN_0R$　② $3mN_0R$　③ $2mN_0R$

④ $\dfrac{6R}{mN_0}$　⑤ $\dfrac{3R}{mN_0}$　⑥ $\dfrac{3R}{2mN_0}$

問３　空気を平均分子量 30 の理想気体と考え，$R = 8.3$ J/(mol・K)とすれば，温度 300Kで空気分子の平均的な速さ $\sqrt{\overline{v^2}}$ は，およそいくらか。次の①～⑦のうちから正しいものを一つ選べ。ただし，気体の分子量は，分子の質量 m をグラム単位で表した数値とアボガドロ定数 N_0 との積に等しい。$\sqrt{\overline{v^2}} =$ $\boxed{22}$ m/s

① 6000　② 2000　③ 1000　④ 700

⑤ 500　⑥ 300　⑦ 100