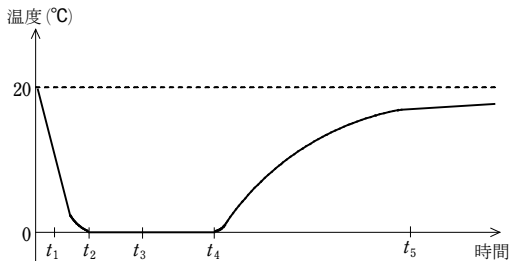


1 [2002 センター物理 I A (1997~2006)]

室温 20℃ の部屋の中で、紙コップに入れた水 (40 g, 20℃) を用意する。その中に氷 (30 g, -5℃) を入れ、水の温度が一樣になるようにかき混ぜながら水の温度を測った。氷を水に入れたときを時刻 0 として、水温が時間とともに変わるようすを示すと図のようになった。氷が融(と)け終わる時刻は、図に示した $t_1 \sim t_5$ のうちのいずれか。最も適当なものを、下の ①~⑥ のうちから 1 つ選べ。



- ① t_1 ② t_2 ③ t_3 ④ t_4 ⑤ t_5

2

20℃ の銅 20 g に 400 J の熱量を加えたところ、温度が 72℃ になった。銅の比熱は何 J/g・K か。

3

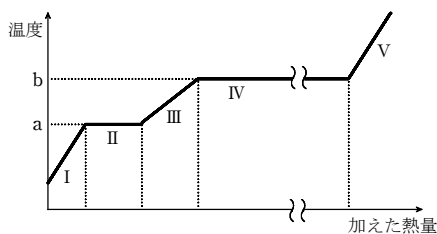
銅の比熱は 0.38 J/g・K である。銅 100 g を温度 2.0 K 上昇させるには何 J の熱が必要か。

4

80℃ の湯 200 kg と 10℃ の水 400 kg と混ぜると、何℃ になるか。

5 [2000 センター物理 I A (1997~2006)]

物質は、熱していくにつれて温度が変化し、さまざまな状態を私たちに見せてくれる。図は、物質が H₂O の場合に、1 気圧の下で、一定の割合で熱量を加えたときの温度の変化のようすをグラフにしたものである。ただし、領域 I ~ V は H₂O のさまざまな状態を示している。



(1) 図の領域 IV はどういう状態か。次の ①~⑥ のうちから正しいものを 1 つ選べ。

- 1
- ① 水 ② 水蒸気 ③ 氷
 - ④ 氷と水の共存 ⑤ 水と水蒸気の共存 ⑥ 氷と水蒸気の共存

(2) 図の領域 V はどういう状態か。次の ①~⑥ のうちから正しいものを 1 つ選べ。

- 2
- ① 水 ② 水蒸気 ③ 氷
 - ④ 氷と水の共存 ⑤ 水と水蒸気の共存 ⑥ 氷と水蒸気の共存

(3) 図の a と b の温度はそれぞれ何度か。次の ①~④ のうちから正しいものを 1 つ選べ。

- 3
- ① a が 0℃, b が 4℃ ② a が 4℃, b が 100℃
 - ③ a が 0℃, b が 100℃ ④ a が -100℃, b が 4℃

(4) 物質をかえて、同じ重さの純粋な酢酸で同様な実験をしたところ、図の I に相当する領域で H₂O の場合とは傾きの異なる直線が得られた。この結果は物質の何のちがいを示すか。次の ①~⑥ のうちから正しいものを 1 つ選べ。

- 4
- ① 比熱 ② 蒸発熱 ③ 融解熱 ④ 熱伝導 ⑤ 密度

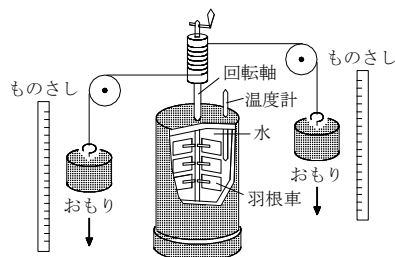
6 [2002 センター物理 I A (1997~2006)]

ジュールは 1847 年に、下図のような装置を用いておもりの降下と水の温度上昇の関係を調べる実験を行った。

a 質量がそれぞれ 1.5 kg の 2 つのおもりが、それぞれ 3.0 m 降下したとき、2 つのおもりの位置エネルギーの合計は [1] J である。ただし、重力加速度は 9.8 m/s² とする。

b おもりが降下するにつれて羽根車が回転する。その羽根車の回転により、質量が 210 g の水の温度が 0.10 K 上昇した。このとき、水が得た熱量は [2] cal である。ただし、水の比熱は 1.0 cal/(g・K) とする。

c a, b で得られた量を等しいと置くことにより、1 cal = ([1] ÷ [2]) J という等式が得られる。ジュールは、水の量やおもりの降下した距離をさまざまに変えてこのような実験をくりかえして、[3] という異なった種類のエネルギーの間の量的な関係を示した。



上の文章中の空欄 [1] ~ [3] に入れるのに最も適当なものを、次のそれぞれの解答群のうちから 1 つずつ選べ。

1 の解答群

- ① 9 ② 29 ③ 44 ④ 88

2 の解答群

- ① 0.021 ② 2.1 ③ 21 ④ 210

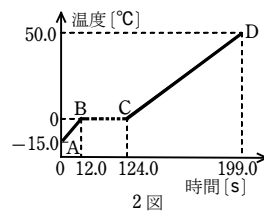
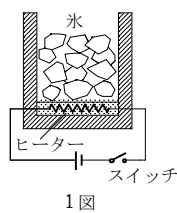
3 の解答群

- ① おもりの位置エネルギーとおもりのした力学的仕事
- ② おもりのした力学的仕事と羽根の回転エネルギー
- ③ おもりのした力学的仕事と水の温度を上昇させる熱量
- ④ 水に加えた熱量と水の温度を上昇させる熱量

7 [1998 金沢工業大]

次の [ア] ~ [キ] に適する数字を入れよ。

電力(仕事率) 600 W のヒーターを内蔵した容器がある。この中に 200 g の氷を入れたところ、氷と容器全体の温度は -15.0℃ になった(1 図)。容器の熱は外に逃げないとする。また、ヒーターの熱容量は無視できるとする。



なお、水の比熱は 4.20 J/g・K とする。

スイッチを入れて加熱し続けたところ、全体の温度は 2 図のように変化した。

(1) BC 間で加えた熱量は [ア] × 10⁴ J である。したがって、0℃ で、氷 1 g が水になるときに吸収する熱量は [イ] J である。

(2) CD 間で加えた熱量は [ウ] × 10⁴ J である。したがって、この容器の熱容量は [エ] J/K である。

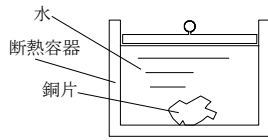
(3) AB 間で加えた熱量と (2) の結果を考えると、氷の比熱が [オ] J/g・K であることがわかる。

水と容器全体の温度が 50.0℃ になったところでスイッチを切り、その容器の中に -10.0℃, 90 g の金属の塊を入れたところ、十分な時間が経った後、全体の温度は 47.7℃ になった。

(4) この金属の比熱は [カ] J/g・K である。また、このとき金属が吸収した熱量は [キ] × 10³ J である。

8 [2003 倉敷芸術科学大]

断熱容器の中の15°Cの水に、70°Cの銅片1.0 kgを入れて、しばらく待つと、銅片から水へ最終的に19 kJの熱量が流れ込んだ。銅と水の比熱は、それぞれ0.38 kJ/kg・Kと4.2 kJ/kg・Kである。ただし、容器の熱容量は考えないものとし、単位記号の中のkは1000を表す(1 kg=1000 g, 1 kJ=1000 J)。

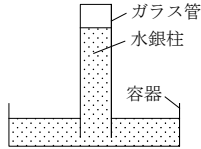


- (1) 銅片の入った水の温度は、最終的に何°Cになったか。
- (2) 水の質量は何kgか。有効数字2桁で記せ。
- (3) 水の熱容量は何kJ/Kか。有効数字2桁で記せ。

9 [2017 摂南大]

次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から1つ選べ。

室温0°Cの実験室において、ガラス管に水銀を満たし、水銀の入った容器中でガラス管を鉛直に倒立させたところ、図のように高さ760 mmの水銀柱が生じた。容器およびガラス管中の水銀の質量は合計で8.0 kgであった。次に実験装置全体を加熱してガラス管、容器、水銀の温度を一律に100°Cにしたところ、水銀柱の高さは775 mmとなった。高さの基準は容器中の水銀の液面とし、水銀の比熱を0.14 J/(g・K)、ガラス管と容器の熱容量の合計を335 J/K、ガラス管内の水銀が存在しない領域の圧力は温度によって変わらないものとし、ガラスの膨張は無視できるものとして次の問いに答えよ。



(1) 実験装置全体が100°Cになるまでに吸収した熱量は何Jか。最も数値に近いものを選べ。

- 解答群
- ① 3.4×10^3 ② 3.4×10^4 ③ 1.1×10^5
 - ④ 1.5×10^5 ⑤ 2.7×10^5 ⑥ 2.7×10^6

- (2) 以下の文章の「ア」～「ウ」の中に入る数字として最も適切なものを解答群の中から1つずつ選べ。

「水銀の密度を、温度0°Cのとき ρ_1 [kg/m³]、100°Cのとき ρ_2 [kg/m³]とする。これらの比は $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\text{ア}}{\text{イ}} \cdot \frac{\text{ウ}}{\text{ウ}}$ である。」

- 解答群
- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
 - ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7 ⑨ 8 ⑩ 9

- (3) 温度0°Cで体積V [m³]の水銀が100°Cになったときの体積は何m³か。ただし、体積x [m³]の水銀は、温度がt [K]上昇すると体積が βxt [m³]だけ増加することが知られ、この β [K]を水銀の体膨張率とよぶ。

- 解答群
- ① $V(1+100\beta)$ ② $V(1-100\beta)$ ③ βV ④ $100\beta V$
 - ⑤ V ⑥ $\frac{V}{\beta}$ ⑦ $\frac{V}{1+100\beta}$ ⑧ $\frac{V}{1-100\beta}$

- (4) (3)の β はいくらか。

- 解答群
- ① -0.01 ② 0.01 ③ -2×10^{-3} ④ 2×10^{-3}
 - ⑤ -2×10^{-4} ⑥ 2×10^{-4} ⑦ -2×10^{-5} ⑧ 2×10^{-5}

10 [1995 拓殖大]

以下の空欄「1」～「6」に当てはまる最も適切な数値を解答群の中から選び、その番号をマークせよ。ただし、重力加速度の大きさを9.8 m/s²、水の密度を1 g/cm³、水の比熱を4.2 J/g・Kとする。

夜間電力を有効に活用するため、河川の水面から高さ500 mの貯水池にポンプで水をくみ上げ、発電に利用することを考える。このポンプの仕事率を80 kWとすれば、1分間に「1」 $\times 10^6$ Jの仕事をするから、毎分「2」m³の水を貯水池に供給することができる。貯水池の容量を600 m³とすれば、このポンプを用いて貯水池をからの状態から満水にするまで「3」時間かかる。また満水状態の貯水池にたまっている水の位置エネルギーは、河川の水面を基準とすれば「4」 $\times 10^9$ Jである。この満水状態の貯水池の水を50分間に河川の水面まで、一定の割合ですべて落下させ、その力学的エネルギーを利用して発電を行ったとする。このとき、水の力学的エネルギーは落下途中で失われないものとし、水の力学的エネルギーから電気エネルギーへの変換効率を90%とすれば、「5」kWの電力を得ることができる。このようにして発生した電力を用いて10 m³の水を加熱するとして、発生した電気エネルギーはすべて水の加熱に使用されるものとするれば、水の温度を「6」K上昇させることができる。

1 ~ 4 に対する解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 |

5 に対する解答群

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| ① 100 | ② 200 | ③ 300 | ④ 400 | ⑤ 500 |
| ⑥ 600 | ⑦ 700 | ⑧ 800 | ⑨ 900 | ⑩ 1000 |

6 に対する解答群

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| ① 10 | ② 20 | ③ 30 | ④ 40 | ⑤ 50 |
| ⑥ 60 | ⑦ 70 | ⑧ 80 | ⑨ 90 | ⑩ 100 |

11 [2006 センター物理 I (2006~2015)]

ディーゼルエンジンは、重油などを燃料として熱を仕事に変換する装置である。毎秒 1.2×10^6 Jの仕事をするディーゼルエンジンについて考えよう。

- (1) 重油1 kgを燃焼させたときに発生する熱量は 4.2×10^7 Jである。このエンジンの熱効率が40%であるとき、10時間稼働させるのに必要な重油は何kgか。最も適切な数値を、次の①～⑥のうちから1つ選べ。「1」kg

- ① 3.5×10 ② 1.0×10^2 ③ 2.6×10^2
- ④ 3.5×10^2 ⑤ 1.0×10^3 ⑥ 2.6×10^3

- (2) このエンジンを1台搭載したフェリー船が、水と空気からの抵抗に逆らって 1.8×10^5 Nの推進力で一定の速さで進んでいる。その速さは何km/hか。最も適切な数値を、次の①～⑥のうちから1つ選べ。ただし、風と潮流はなく、このエンジンがする仕事はすべて船の推進に使われるものとする。「2」km/h

- ① 10 ② 12 ③ 24 ④ 30 ⑤ 36 ⑥ 40

12 [2004 センター物理 I A (1997~2006)]

ひとりの人が軽い作業をするとき、体内で消費するエネルギーは、1時間当たり約 3.6×10^5 Jである。このエネルギーは食物から「a」エネルギーとして摂取され、最終的には主に「b」エネルギーとして体外に排出されている。

- (1) 上の文章中の空欄「a」・「b」に入れる語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。「1」

- | | | | | | |
|---|----|----|---|----|----|
| | a | b | | a | b |
| ① | 電気 | 化学 | ② | 電気 | 熱 |
| ③ | 電気 | 光 | ④ | 化学 | 電気 |
| ⑤ | 化学 | 熱 | ⑥ | 化学 | 光 |

- (2) 次の文章中の空欄「2」に入れる数値として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから1つ選べ。

ひとりの人が軽い作業をしているときの1時間当たりの消費エネルギーは、20 Wの白熱電球「2」個を1時間点灯したときの消費エネルギーに相当する。

- ① 1 ② 5 ③ 10
- ④ 3.6×10^3 ⑤ 1.8×10^4 ⑥ 3.6×10^4

- (3) 教室の中に先生と生徒が合わせて20人いる。ひとり1時間当たり 1.2×10^5 Jのエネルギーが汗などの水分の蒸発に費やされるとすると、1時間の授業中に、全部でどれだけの水分が蒸発するか。最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。ただし、体温と同じ温度の水1 gを蒸発させるのに必要な熱量を2400 Jとする。

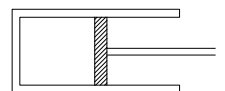
- 「3」g
- ① 15 ② 50 ③ 1.2×10^2
 - ④ 1.5×10^2 ⑤ 1.0×10^3 ⑥ 3.0×10^3

13

温度27°C、圧力 1.0×10^5 N/m²、体積24.9 lの気体は何molか。気体定数 $R=8.3$ J/mol・Kとする。

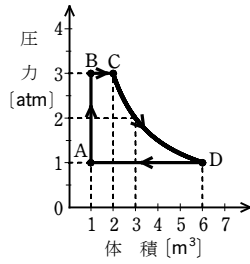
14

ピストンのついたシリンダー内に、温度27°C、圧力1 atmの窒素を入れて、この気体の体積が $\frac{1}{2}$ になるまで圧縮した。このとき、気体の圧力が3 atmになっていたとすると、気体の温度は何°Cになっているか。



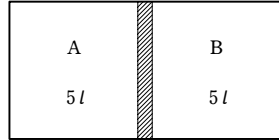
15

一定量の気体が、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と変化したときの体積と圧力の関係を図に示す。ただし、 $C \rightarrow D$ の変化は温度を一定に保ったままの状態変化である。
状態Aの温度が150Kであるとき、B、C、Dの温度を求めよ。



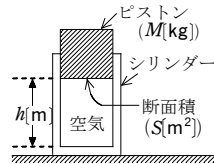
16

図のように、左右に自由に動く仕切りを備えた容器があり、はじめA、Bには同温、同圧の気体が5lずつ入っている。Bの温度を変えずにAの温度を3倍にしたら、Aの体積は何lになるか。



17

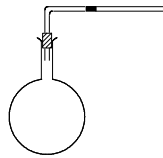
台上に置かれたシリンダーの中に、断面積 $S[m^2]$ のピストンによって空気が閉じこめられている。大気圧を $p_0[N/m^2]$ 、ピストンの質量を $M[kg]$ 、シリンダーの底からピストンまでの高さを $h[m]$ 、重力加速度の大きさを $g[m/s^2]$ とする。ピストンとシリンダーの間に摩擦はなく、空気の温度は一定に保たれている。



- シリンダー内の空気の圧力はいくらか。
- ピストンの上に $m[kg]$ のおもりをのせると、ピストンはいくら下降して静止するか。

18

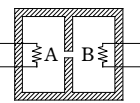
図のように、フラスコに細いガラス管をつけてその上部を水平に保ち、水銀滴を入れておく。フラスコを温めると水銀滴は管内を移動していく。



- このとき、フラスコ内の空気(水銀滴のところまで)の圧力、温度、体積、質量のうち、変化しないものは何か。
- フラスコ内の空気を、はじめの温度 $15^\circ C$ から $35^\circ C$ まで温めると、はじめ 500 cm^3 あった空気の体積はいくらになるか。

19

図のような断熱材で囲まれた容器があり、内部が等しい容積の2室A、Bに仕切られている。仕切り板も断熱材でできていて、中央に小孔があけてある。また、両室にはヒーターがあり、室内の温度を変えられるようになっている。



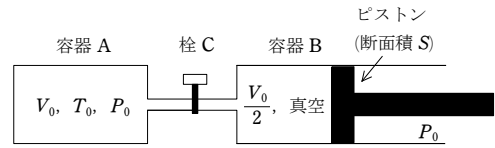
はじめ両室内には、温度 $0^\circ C$ 、圧力 $1.0 \times 10^5\text{ N/m}^2$ の気体が入れている。次に、この状態からA室内を $100^\circ C$ 、B室内を $200^\circ C$ の状態に変化させた。

- B室内の気体は小孔を通過してA室内に移動した。その結果、圧力が $p[N/m^2]$ になったとして、最終状態でのA室およびB室内の気体の物質量を表す式を書け。ただし、2室の容積をそれぞれ $V[m^3]$ 、気体定数を $R[J/mol \cdot K]$ とする。
- 最終状態でのA室およびB室内の気体の圧力はいくらか。

20 [2005 センター物理 I B (1997~2005)]

図のように、栓Cが付いた細い管でつながれた2つの円筒容器A、Bがある。左の容器Aの体積は V_0 で、右の容器Bには、なめらかに動く断面積 S のピストンが取り付けられている。はじめ、栓Cは閉じられており、容器Aには温度 T_0 で外部と同じ圧力 P_0 の気体が入っている。また、容器Bの内部は真空であり、体積が $\frac{V_0}{2}$ となるようにピストンが固定されている。ただし、円筒容器、栓、ピストンは熱を通さず、細い

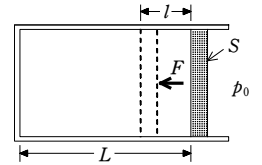
管の体積は無視してよいものとする。



- ピストンの位置を保ったまま栓Cを開くと、気体が容器A、B全体に一樣に広がり、温度は変化しなかった。この過程に関する記述として正しいものを、次の①~④のうちから1つ選べ。 **1**
 - 気体は外部に対して仕事をせず、気体の圧力は減少した。
 - 気体は外部に対して仕事をせず、気体の圧力は変化しない。
 - 気体は外部に対して仕事をし、気体の圧力は減少した。
 - 気体は外部に対して仕事をし、気体の圧力は変化しない。
- (1)で気体が一樣に広がったのちも、ピストンの位置を一定に保つために、人がピストンに加えなければならない力はいくらか。正しいものを、次の①~④のうちから1つ選べ。ただし、力は右向きを正とする。 **2**
 - $\frac{P_0}{3}$
 - $\frac{2P_0}{3}$
 - $-\frac{P_0}{3}$
 - $-\frac{2P_0}{3}$
 - $\frac{P_0 S}{3}$
 - $\frac{2P_0 S}{3}$
 - $-\frac{P_0 S}{3}$
 - $-\frac{2P_0 S}{3}$
- つづいて、ピストンを静かに動かして容器B内の気体を容器Aにすべて戻した。このとき、気体の温度 T_1 、圧力 P_1 は T_0 、 P_0 に比べてどのようになるか。正しいものを、次の①~④のうちから1つ選べ。 **3**
 - $T_1 > T_0$, $P_1 < P_0$
 - $T_1 < T_0$, $P_1 > P_0$
 - $T_1 > T_0$, $P_1 > P_0$
 - $T_1 < T_0$, $P_1 < P_0$
 - $T_1 = T_0$, $P_1 = P_0$

21 [1998 東北工業大]

右の図のように、なめらかに動くピストンのついた、断面積 $S[m^2]$ のシリンダー内に気体が閉じこめられている。この気体の温度は $T_0[K]$ で、ピストンの位置はシリンダーの左側面から $L[m]$ のところであった。このピストンに大きさ $F[N]$ の一定の力を加え、温度を一定に保ちながら圧縮したところ、ピストンは $l[m]$ 移動した。



次に、この力を加えたままで気体に熱を加え、ピストンが元の位置にもどるまでゆっくりと気体を膨張させた。

大気圧を $p_0[Pa]$ として、以下の問いに答えよ。

- 圧縮した状態での気体の圧力を F を用いて表せ。
- 圧縮したときピストンが移動した距離 $l[m]$ はいくらか。
- 加熱して膨張させた状態での気体の温度はいくらか。
- 膨張するとき気体が外部にした仕事はいくらか。

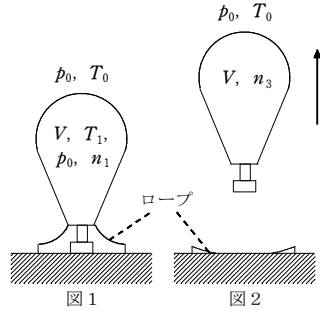
22 [2015 甲南大]

次の [ア]～[コ] にあてはまる適切な式を記せ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

下方に開口部をもつ熱気球が、質量の無視できるロープで地上の杭につながれている。空気を含まない熱気球の体積は無視でき、その質量は M である。この熱気球を圧力 p_0 、温度 T_0 の大気中で浮上させる実験を行った。空気は理想気体とみなせるものとし、気体定数は R とする。

(1) 最初、熱気球内には空気がなく、しぼんだ状態で地上に静止している。このとき、熱気球にはたらく重力と地面が熱気球を押す垂直抗力 N はつりあっているため、 $N = [ア]$ が成り立つ。

(2) 熱気球内に開口部から加熱した空気を送りこむと、図1のように熱気球の体積が最大の体積 V 、熱気球内の空気の温度 T が $T = T_1$ になったが、熱気球は地上から離れずに静止し続けた。このとき、熱気球内の空気の圧力は p_0 、温度は T_1 であるため、熱気球内の空気の物質量 n_1 は、 $n_1 = [イ]$ である。また、熱気球は体積 V 、圧力 p_0 、温度 T_0 の空気を押し出した。押し出した空気の物質量 n_0 は、 $n_0 = [ウ]$ である。熱気球が押し



出した空気の質量は、空気 1 mol 当たりの質量を m とすると mn_0 であり、熱気球が受ける浮力は mn_0g である。このとき、熱気球内の空気の質量は mn_1 であるため、地面が熱気球を押す垂直抗力 N は M, m, n_0, n_1, g を用いて、 $N = [エ]$ で与えられる。

(3) 引き続き熱気球内の空気を加熱し、熱気球内の温度 T が $T = T_2$ になったとき、熱気球はいまにも地面から離れようとした。熱気球内の空気の物質量 n_2 と熱気球が押し出した空気の物質量 n_0 の関係は、 $\frac{n_2}{n_0} = [オ]$ である。このとき垂直抗力 N は $N = 0$ であるため、 T_2 は M, m, n_0, T_0 のみを用いて、 $T_2 = [カ]$ となる。

(4) 熱気球内の空気をさらに加熱すると温度が上昇し、熱気球内の空気の物質量が n_3 になった。このとき、熱気球には鉛直上向きに大きさ $[キ]$ の力がはたらく。時刻 $t = 0$ で熱気球と地上の杭をつなぐロープを切った。その後、熱気球は図2のように熱気球内の空気の温度を一定に保ったまま上昇した。熱気球内の空気を含む熱気球の全質量は $[ク]$ である。空気の抵抗および熱気球の上昇中の大気との圧力と温度の変化はないものとする、熱気球の加速度は $[ケ]$ 、高度 H に達する時刻は $[コ]$ となる。

23 [2015 センター物理 I (2006～2015)]

図1のように、大きな容器に空気と水が入っており、容器内の水には、上面が閉じた質量 M の円筒が浮かんでいる。容器内の空気の圧力は自由に調整できる。水の密度 ρ は変化しないものとし、空気の密度は水の密度に比べて無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とし、円筒の壁の厚さは無視できるものとする。

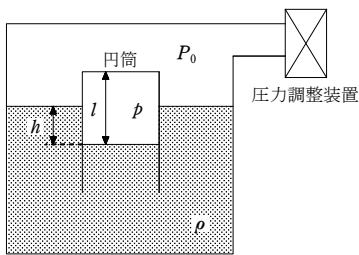


図1

(1) 容器内の圧力を P_0 にすると、図1のように、円筒内部の水面から上面までの高さが l 、外部の水面までの高さが h になった。円筒内に閉じ込められた空気の圧力 p を表す式として正しいものを、次の ①～⑦ のうちから1つ選べ。 $p = [1]$

- ① ρgh ② ρgl ③ $\rho g(l-h)$ ④ $P_0 + \rho gh$
- ⑤ $P_0 + \rho gl$ ⑥ $P_0 + \rho g(l-h)$ ⑦ P_0

(2) 次の文章中の空欄 [ア]・[イ] に入れる式の組合せとして最も適当なものを、次の ①～⑨ のうちから1つ選べ。 [2]

円筒の断面積を S とすると、円筒にはたらく重力と浮力のつりあから、図1の状態では $Mg = [ア]$ が成り立つ。次に容器内の圧力をゆっくり上げると、図2のように水面と円筒の上面が一致した状態で円筒は静止した。このときも重力と浮力がつりあうので、円筒内部の水面から上面までの高さ l' は $[イ]$ となる。

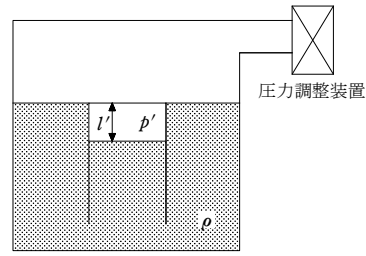


図2

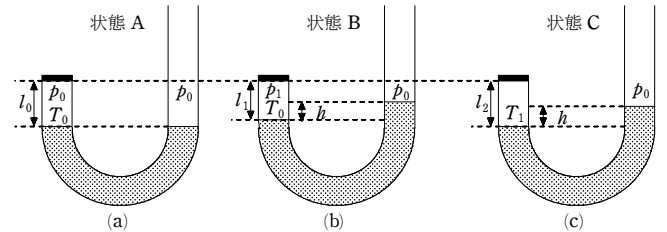
	ア	イ
①	ρghS	h
②	ρghS	l
③	ρghS	$l-h$
④	ρglS	h
⑤	ρglS	l
⑥	ρglS	$l-h$
⑦	$\rho g(l-h)S$	h
⑧	$\rho g(l-h)S$	l
⑨	$\rho g(l-h)S$	$l-h$

(3) 図1の状態から図2の状態になるまでの変化はゆっくりで、円筒内の空気の温度は変化しなかった。図2の状態での円筒内部の空気の圧力 p' を表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。 $p' = [3]$

- ① $\frac{l}{l'}p$ ② $\frac{l-l'}{l'}p$ ③ $\frac{2l-l'}{l'}p$
- ④ $\frac{l'}{l}p$ ⑤ $\frac{l'}{l-l'}p$ ⑥ $\frac{l'}{2l-l'}p$

24 [2014 センター物理 I (2006～2015)]

J字形をした断面積一定の管があり、管の壁は熱をよく通す。大気圧 p_0 の下で、その管に液体を注入し、図(a)に示すように、管の上端の一方をふたでふさいだ。このとき、ふたにより閉じ込められた気体の圧力は p_0 、温度は T_0 、鉛直方向の長さは l_0 であった。この状態を状態 A とする。ただし、液体の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とする。また、液体の蒸発は無視できるとし、大気圧 p_0 、液体の密度 ρ は常に一定であるとする。



(1) さらに液体を注いだところ、液面が上昇し、図(b)のように、気体部分の長さが l_1 、液面の高さの差が h になった。温度は T_0 のまま変わらなかった。この状態を状態 B とする。状態 B の気体の圧力 p_1 を表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。 $p_1 = [1]$

- ① ρhg ② $\rho(l_0-l_1)g$ ③ $\rho(l_1-h)g$
- ④ $p_0 + \rho hg$ ⑤ $p_0 + \rho(l_0-l_1)g$ ⑥ $p_0 + \rho(l_1-h)g$

(2) $\frac{p_1}{p_0}$ を表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。 $\frac{p_1}{p_0} = [2]$

- ① $\frac{l_0}{h}$ ② $\frac{l_0}{l_1}$ ③ $\frac{h}{l_1}$ ④ $\frac{h}{l_0}$ ⑤ $\frac{l_1}{l_0}$ ⑥ $\frac{l_1}{h}$

(3) しばらくして外気温が変化し、液面の高さが変わったので、高さの差が状態 B と同じ h になるように液体の量を調整した。その結果、図(c)のような状態 C になった。このとき、気体の温度は外気温と同じ T_1 であった。状態 C の気体部分の長さ l_2 を l_1 を用いて表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。 $l_2 = [3]$

- ① $\frac{T_0}{T_1}l_1$ ② $\frac{T_1}{T_0}l_1$ ③ $\frac{T_0}{T_1-T_0}l_1$ ④ $\frac{T_1-T_0}{T_0}l_1$
- ⑤ $\frac{T_1}{T_1-T_0}l_1$ ⑥ $\frac{T_1-T_0}{T_1}l_1$

25 [2012 センター物理 I (2006~2015)]

図のように、なめらかに動くピストンが取り付けられた円筒容器に小さな穴をあけ、穴に栓を差し込んで内部に気体を閉じ込めた。このとき、気体の圧力、体積、温度はそれぞれ P_0, V_0, T_0 であった。

栓は、容器内部の気体の圧力が $P_A (P_A > P_0)$ 以下のときは差し込まれたままだが、 P_A より大きくなると容器から外れるようになっている。容器は熱をよく通し、外部の温度を変化させることにより、内部の気体の温度を変化させることができる。

次の2つの操作について考える。

操作(ア)：図の状態から、気体の温度を T_0 に保ったまま、栓が外れるまでピストンをゆっくり押し込む。

操作(イ)：図の状態から、ピストンを固定して、栓が外れるまで気体の温度をゆっくり変化させる。



(1) 操作(ア)を行ったとき、栓が外れる直前の容器内部の気体の体積を表す式として正しいものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 1

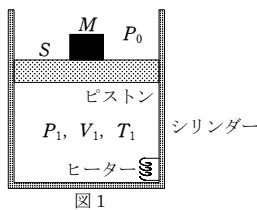
- ① V_0 ② $\frac{P_A}{P_0}V_0$ ③ $\frac{P_0}{P_A}V_0$ ④ $\frac{P_A - P_0}{P_0}V_0$ ⑤ $\frac{P_0}{P_A - P_0}V_0$

(2) 操作(ア)、操作(イ)のそれぞれについて、容器の内部と外部の間での熱の移動を表す記述の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 2

	操作(ア)	操作(イ)
①	内部から外部へ移動する	内部から外部へ移動する
②	内部から外部へ移動する	外部から内部へ移動する
③	内部から外部へ移動する	移動しない
④	外部から内部へ移動する	内部から外部へ移動する
⑤	外部から内部へ移動する	外部から内部へ移動する
⑥	外部から内部へ移動する	移動しない
⑦	移動しない	内部から外部へ移動する
⑧	移動しない	外部から内部へ移動する
⑨	移動しない	移動しない

26 [2012 センター物理 I (2006~2015)]

断面積 S のシリンダーにヒーターが取り付けられている。図1のように、シリンダーの内部に気体を入れ、なめらかに動くピストンでふたをし、質量 M のおもりをのせた。このとき、気体の圧力、体積、温度はそれぞれ P_1, V_1, T_1 であった。ピストンの質量は無視でき、シリンダーとピストンは熱を通さないものとする。また、大気圧を P_0 とし、重力加速度の大きさを g とする。



(1) シリンダー内の気体の圧力 P_1 を表す式として正しいものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 $P_1 =$ 1

- ① P_0 ② Mg ③ $P_0 + Mg$ ④ $P_0 - Mg$
 ⑤ $\frac{Mg}{S}$ ⑥ $P_0 + \frac{Mg}{S}$ ⑦ $P_0 - \frac{Mg}{S}$

(2) ヒーターのスイッチを入れ、シリンダー内の気体に熱を加えた後、スイッチを切った。気体の体積は V_2 、温度は T_2 になった。 V_2 を表す式として正しいものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。 $V_2 =$ 2

- ① $\frac{T_1}{T_2}V_1$ ② $\frac{T_1}{T_1 + T_2}V_1$ ③ $\frac{T_2}{T_1 + T_2}V_1$ ④ $\frac{T_2}{T_1}V_1$
 ⑤ $\frac{T_1 + T_2}{T_1}V_1$ ⑥ $\frac{T_1 + T_2}{T_2}V_1$

(3) 次に、図2のように、手でピストンをゆっくり動かして気体の体積を V_1 に戻したところ、温度は T_3 になった。この過程で、気体に加えられた仕事を W 、内部エネルギーの変化量を ΔU とすると、 T_2 と T_3 、 W と ΔU の関係を表す式の組合せとして正しいものを、下の①~⑥のうちから1つ選べ。 3

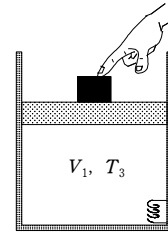


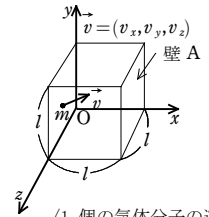
図2

- ① $T_2 < T_3, \Delta U < W$ ② $T_2 < T_3, \Delta U = W$ ③ $T_2 < T_3, \Delta U > W$
 ④ $T_2 = T_3, \Delta U < W$ ⑤ $T_2 = T_3, \Delta U = W$ ⑥ $T_2 = T_3, \Delta U > W$
 ⑦ $T_2 > T_3, \Delta U < W$ ⑧ $T_2 > T_3, \Delta U = W$ ⑨ $T_2 > T_3, \Delta U > W$

27

1辺の長さが l の立方体の中で、質量 m の気体分子1個が壁と弾性衝突をくり返しながら飛びまわっている。この気体分子の速度を \vec{v} 、その x, y, z 成分をそれぞれ v_x, v_y, v_z とし、壁 A との衝突を考える。 x 軸の向きを正の方向として次の問いに答えよ。

- (1) 気体分子が壁 A と1回衝突するときの運動量の変化はいくらか。
 (2) 1回の衝突で壁 A が気体分子から受ける力積はいくらか。
 (3) 気体分子が壁 A に衝突後、再び衝突するのに要する時間はいくらか。
 (4) 時間 t の間に気体分子から壁 A が受ける力積はいくらか。

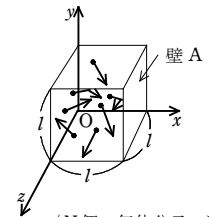


〈1個の気体分子の運動〉

次に立方体の中を同種の気体分子が N 個、不規則に飛びまわっている場合を考える。

N 個の気体分子の速度の2乗の平均を $\overline{v^2}$ 、速度の各成分の2乗の平均をそれぞれ $\overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ とする。

- (5) $\overline{v_x^2}$ を $\overline{v^2}$ を用いて表せ。
 (6) 壁 A が受ける力はいくらか。 $\overline{v^2}$ を用いて表せ。
 (7) 壁 A が受ける圧力 p はいくらか。また、立方体の体積 l^3 を V とし、 pV の値を求めよ。



〈N個の気体分子の運動〉

28

絶対温度が2倍になると、分子の平均運動エネルギーは何倍になるか。

29

絶対温度が2倍になると、分子の二乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ は何倍になるか。

30

2種類の気体 A, B がある。分子量は A の方が B より大きい。同じ温度では二乗平均速度は A, B どちらが大きい。

31 [2007 九州工業大]

図1のような円筒容器(底面の半径 a 、高さ L)に、質量 m の分子 N 個からなる理想気体を入れる。容器の内壁はなめらかであり、分子は容器の内壁と弾性衝突をしているとする。以下では、重力の影響は無視でき、分子どうしの衝突はないものとする。図1のように、容器の上面(および底面)に平行な面内(水平面内)に x 軸と y 軸をとり、円筒の中心軸に平行に z 軸をとる。

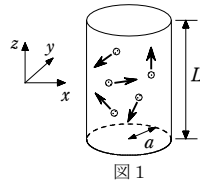


図1

以下の文章中の「ア」～「ト」にあてはまる数式を求めよ。ただし、文中および文中で使われる文字のうち、 $p_z, p_h, \bar{f}_z, \bar{f}_h, l$ を用いてはいけない。

- (1) 容器の上面が受ける圧力を求めよう。上面と衝突する直前のある1個の気体分子の速度を $\vec{v}=(v_x, v_y, v_z)$ とすると、衝突直後の速度は「ア」となるので、この1個の分子が1回の衝突で壁におよぼす力積の大きさは「イ」となる。重力の影響を無視し、分子どうしの衝突がないとしているので、分子の速度は次の衝突まで変化しない。また、速度の z 成分は、上面および底面との衝突で変化するが、側壁との衝突では変化しない。分子は上面との衝突から次の上面との衝突までに z 方向に距離 $2L$ 移動する。したがって、上面との衝突から次の上面との衝突までの時間は「ウ」、単位時間当たりの衝突回数は「エ」となる。上面が1個の分子から受ける力の大きさの平均 \bar{f}_z は、単位時間当たりの力積に等しいので、 $\bar{f}_z =$ 「オ」となる。よって、 N 個の分子が上面におよぼす力は、 N 個の分子の v_z^2 の平均値 $\overline{v_z^2}$ を用いて「カ」となる。上面が受ける圧力 p_z は、上面が受ける単位面積当たりの力の大きさなので、 $p_z =$ 「キ」となる。底面が受ける圧力も同じ値になる。

- (2) 次に、容器の側壁が受ける圧力を求めよう。まず、図2のように、上面(および底面)に平行に運動している、ある1個の分子($v_z=0$ で、水平方向の速さ v_h)に着目する。図2のように、この分子が側壁の点Aにおいて線分OAとのなす角度 θ で衝突する場合、壁に垂直な速度成分(OA方向成分)のみが衝突の前後で変化する。ただし、点Oは点Aを含む水平面と円筒の中心軸との交点である。衝突前の壁に垂直な速度成分の大きさは「ク」なので、1回の衝突で分子が壁におよぼす力積の大きさは「ケ」となる。側壁との衝突から次の側壁との衝突までに分子は距離 $l =$ 「コ」移動する。したがって、単位時間当たりの衝突回数は「サ」となり、側壁がこの1個の分子から受ける力の大きさの平均 \bar{f}_h は、 $\bar{f}_h =$ 「シ」となる。 v_z が0でない場合にも、 $\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ を v_h とおくと1個の分子から受ける力の大きさの平均は(シ)と表される。よって、 N 個の分子が側壁におよぼす力は、 N 個の分子の v_h^2 の平均値 $\overline{v_h^2}$ を用いて「ス」となり、側壁が受ける圧力 p_h は $p_h =$ 「セ」となる。

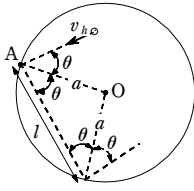


図2

- (3) 容器内を多数の分子が飛びまわっている場合、上面が受ける圧力 p_z と側壁が受ける圧力 p_h が等しいことを示そう。分子の速さを v とすると、 v^2 の平均値 $\overline{v^2}$ は、 $\overline{v^2} = \overline{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ と表される。多数の分子の運動は乱雑で、向きによる差がないので、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ が成り立つ。また、 $\overline{v_x^2 + v_y^2} = \overline{v_h^2}$ であることに注意すると、 $\overline{v_h^2}$ と $\overline{v_z^2}$ はそれぞれ $\overline{v_h^2} =$ 「ソ」 $\overline{v^2}$ 、および $\overline{v_z^2} =$ 「タ」 $\overline{v^2}$ と表すことができる。したがって、 $p_z = p_h =$ 「チ」 $\overline{v^2}$ とする。

- (4) 上の結果より、分子の運動エネルギーの平均値を p_z を用いて表すと、 $\frac{1}{2} m \overline{v^2} =$ 「ツ」 p_z とする。気体の絶対温度を T 、アボガドロ数を N_A 、気体定数を R とすれば、状態方程式により $p_z =$ 「テ」となる。このことから、分子の運動エネルギーの平均値と気体の絶対温度 T の関係が、 $\frac{1}{2} m \overline{v^2} =$ 「ト」 T となるのがわかる。

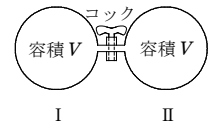
32

理想気体の気体分子1個がもつ平均的な運動エネルギー(\bar{E})と絶対温度(T)の関係は、 N_0 をアボガドロ定数、 R を気体定数として $\bar{E} = \frac{3}{2} \frac{R}{N_0} T$ である。また、気体分子の位置エネルギーは運動エネルギーに比べて十分に小さいとする。

- この気体1 mol がもつ内部エネルギーはいくらか。
- この気体 n [mol] がもつ内部エネルギーはいくらか。

33

容積が V の容器 I、II をコックのついた細管でつなぎ、単原子分子の理想気体を入れる。はじめ I は圧力 p_1 、温度 T_1 に、II は圧力 p_2 、温度 T_2 になっているが、コックを開くと全体の状態が一様になった。細管の体積は無視し、気体と外部との間に熱のやりとりはないものとする。



- 一様になった状態での温度はいくらか。
- 一様になった状態での圧力はいくらか。

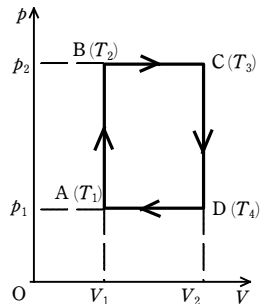
34

断面積 $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ のシリンダー中に、1 atm ($1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$) の気体を入れ、圧力を一定に保って 210 J の熱を与えたら、気体はピストンを 5.0 cm 動かした。

- 気体がした仕事はいくらか。
- 気体の内部エネルギーは何 J 増加したか。

35 [1997 弘前大]

図は、ある熱機関の内部の気体の p - V 線図(p は圧力、 V は体積)である。この気体は1 mol の単原子分子の理想気体で、状態 A から出発して B、C、D を、次の①～④の過程を経て A にもどる。

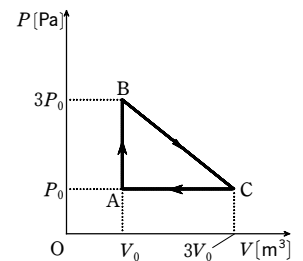


いま、気体の定圧モル比熱を C_p 、定積モル比熱を C_v 、気体定数を R とするとき、次の問いに答えよ。

- 過程①、②で外部から気体に加えられるそれぞれの熱量 Q_1, Q_2 を求めよ。
- この一巡の状態変化において、内部エネルギー U は増える、減る、変化しないのいずれか。その理由も述べよ。
- この気体が外部にした仕事 W を求めよ。
- この熱機関の熱効率 e を求めよ。

36 [2002 島根大]

理想気体1 mol をなめらかに動くピストンをもつ円筒形の容器に封入し、右図の圧力 P [Pa] と体積 V [m^3] の関係にしたがって状態を A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A の順にゆっくりと変化させた。ここで、状態 A での気体の温度を T_0 [K]、体積を V_0 [m^3]、圧力を P_0 [Pa] とする。また、この1 mol の理想気体は温度を T [K] とすると状態方程式 $PV = RT$ にしたがって、その内部エネルギー U [J] は、温度 T [K] のみで決まるとする。以下の問いに答えよ(③～⑤)は R, T_0 で表せ。



- 状態 B での気体の温度 T_B [K]、ならびに状態 C での気体の温度 T_C [K] をそれぞれ T_0 [K] を用いて表せ。
- A \rightarrow B の過程で気体が外にした仕事 W_{AB} [J] を符号も含めて求めよ。
- C \rightarrow A の過程で気体が外にした仕事 W_{CA} [J] を符号も含めて求めよ。
- B \rightarrow C の過程で気体が外にした仕事 W_{BC} [J] を符号も含めて求めよ。
- B \rightarrow C の過程における気体の内部エネルギーの増加 ΔU_{BC} [J] を求めよ。また、この過程において気体が外部から得た正味の熱量 Q_{BC} [J] (吸収した熱量から放出した熱量を引いたもの)を符号も含めて求めよ。

37

気体 n [mol] の体積を変えずに、温度を T [K] から $2T$ [K] に上げる。温度が T [K] のときに、この気体がもつ内部エネルギーは $\frac{3}{2} nRT$ [J] (R [J/mol·K]: 気体定数) とする。

- 熱力学第一法則を用いて、温度を T [K] から $2T$ [K] にするのに必要な熱量 Q [J] を求めよ。
- この気体の定積モル比熱 C_v [J/mol·K] を求めよ。

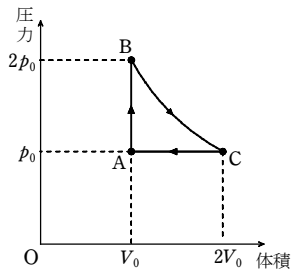
38 [1995 名城大]

断熱壁で作られた容積 $V[\text{m}^3]$ の容器に、温度 $T[\text{K}]$ の 1 モルの理想気体が入っている。このときの状態を状態 **a** とする。いま、気体に熱量 $Q[\text{J}]$ を与え、十分な時間がたった後の状態を状態 **b** とする。気体定数を $R[\text{J/mol}\cdot\text{K}]$ 、この気体の定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ として、与えられた量のみを用いて以下の問いに答えよ。

- (1) 状態 **a** において、気体の圧力はどれだけか。
- (2) 状態 **b** において、気体の温度は状態 **a** のときの温度よりどれだけ上昇したか。
- (3) 状態 **b** において、気体の圧力は状態 **a** のときの圧力よりどれだけ大きくなったか。
- (4) 状態 **b** における気体の内部エネルギーは、状態 **a** における内部エネルギーよりどれだけ大きくなったか。

39 [2017 センター物理 (2015～)]

物質 n の単原子分子の理想気体の状態を、図のように変化させる。過程 $A \rightarrow B$ は定積変化、過程 $B \rightarrow C$ は等温変化、過程 $C \rightarrow A$ は定圧変化である。状態 **A** の温度を T_0 、気体定数を R とする。



- (1) 状態 **A** における気体の内部エネルギーは nRT_0 の何倍か。正しいものを、次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。 倍

- ① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 2
 ⑤ $\frac{5}{2}$ ⑥ 3 ⑦ $\frac{7}{2}$ ⑧ 4

- (2) 状態 **B** の温度は T_0 の何倍か。正しいものを、次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。

- 倍
 ① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 2
 ⑤ $\frac{5}{2}$ ⑥ 3 ⑦ $\frac{7}{2}$ ⑧ 4

- (3) 過程 $C \rightarrow A$ において気体が放出する熱量は nRT_0 の何倍か。正しいものを、次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。 倍

- ① 0 ② $\frac{1}{2}$ ③ 1
 ④ $\frac{3}{2}$ ⑤ 2 ⑥ $\frac{5}{2}$
 ⑦ 3 ⑧ $\frac{7}{2}$ ⑨ 4

40 [2015 センター物理 (2015～)]

なめらかに動くピストンがついたシリンダー内に理想気体を入れたところ、圧力 P_0 、体積 V_0 、温度 T_0 になった。この状態から、図 1 に示す 3 つの過程により、気体の体積を V_1 に減少させる。過程 (a) は断熱変化、過程 (b) は等温変化、過程 (c) は定圧変化である。

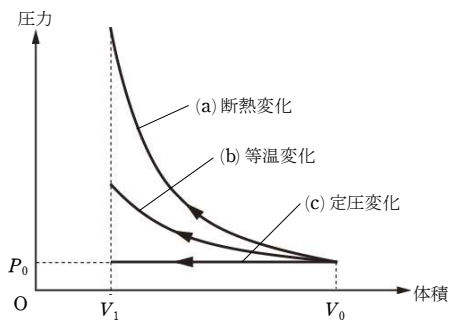


図 1

- (1) 次の文中の空欄 ・ に入れる記号の組合せとして正しいものを、下の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。

熱の出入りがない過程は であり、内部エネルギーが変化しない過程は である。

	ア	イ
①	(a)	(a)
②	(a)	(b)
③	(a)	(c)
④	(b)	(a)
⑤	(b)	(b)
⑥	(b)	(c)
⑦	(c)	(a)
⑧	(c)	(b)
⑨	(c)	(c)

- (2) 過程 (a), (b), (c) において、気体が外部からされる仕事をそれぞれ W_a, W_b, W_c とする。これらの大小関係として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。

- ① $W_a < W_b < W_c$ ② $W_a < W_c < W_b$ ③ $W_b < W_a < W_c$
 ④ $W_b < W_c < W_a$ ⑤ $W_c < W_a < W_b$ ⑥ $W_c < W_b < W_a$

- (3) 図 2 に示した温度と体積の関係を表す実線 $ウ \sim カ$ のうち 3 つは、過程 (a), (b), (c) に対応する。どの実線が過程 (a), (b), (c) に対応するか。組合せとして正しいものを、下の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。

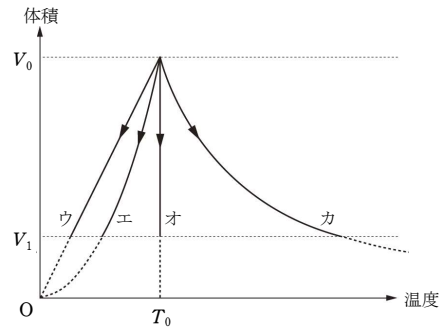


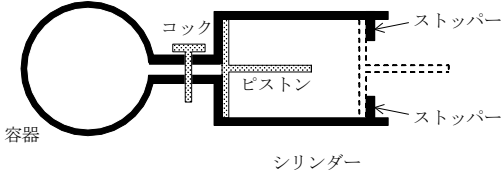
図 2

	(a) 断熱変化	(b) 等温変化	(c) 定圧変化
①	ウ	エ	オ
②	ウ	オ	カ
③	エ	ウ	オ
④	エ	オ	カ
⑤	オ	ウ	カ
⑥	オ	カ	エ
⑦	カ	ウ	エ
⑧	カ	オ	ウ

41 [2013 センター物理 I (2006~2015)]

図のように、容器とシリンダーが接続されている。接続部分にあるコックを閉じることによって、容器とシリンダーを仕切ることができる。シリンダーにはピストンがついており、ピストンはシリンダーの奥からストッパーの位置までシリンダー内をなめらかに動くことができる。容器、シリンダー、ピストン、コックは熱を通さず、容器とシリンダーの接続部分の体積は無視できるものとする。

初め、容器の内部に気体(理想気体)が封入されてコックは閉じられており、ピストンはシリンダーの奥まで押し込まれている。このとき、気体の温度は T_0 であった。



(1) まずコックを開き、ピストンを右にゆっくり動かしながら、ストッパーの位置まで移動させた。このとき、気体の温度は T_1 であった。この過程で気体がした仕事を W_1 とする。

次に、ピストンをゆっくり左に動かし、シリンダーの奥まで押し込んだ。

このとき、気体の温度は T_0 であった。この過程で気体がした仕事を W_2 とする。

温度 T_0, T_1 の大小関係と、 W_1, W_2 の関係を表す式の組合せとして正しいものを、次の ①~⑩ のうちから 1 つ選べ。 1

	T_0, T_1 の大小関係	W_1, W_2 の関係
①	$T_0 < T_1$	$W_1 + W_2 > 0$
②	$T_0 < T_1$	$W_1 + W_2 = 0$
③	$T_0 < T_1$	$W_1 + W_2 < 0$
④	$T_0 = T_1$	$W_1 + W_2 > 0$
⑤	$T_0 = T_1$	$W_1 + W_2 = 0$
⑥	$T_0 = T_1$	$W_1 + W_2 < 0$
⑦	$T_0 > T_1$	$W_1 + W_2 > 0$
⑧	$T_0 > T_1$	$W_1 + W_2 = 0$
⑨	$T_0 > T_1$	$W_1 + W_2 < 0$

(2) ピストンが押し込まれている初めの状態から、コックを閉じたままピストンをストッパーの位置まで動かして固定する。

その状態で、コックを開き、気体をシリンダー内に充滿させた。このとき、気体の温度は T_3 であった。この過程では、気体は真空のシリンダー内に広がるだけであり、ピストンに対して仕事をしない。

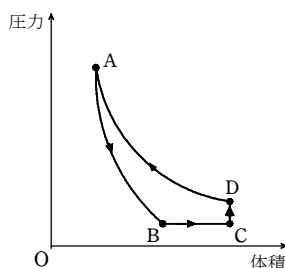
その後、シリンダーの奥までピストンをゆっくり動かし、気体を容器に戻した。このとき、気体の温度は T_4 であった。

温度 T_0, T_3, T_4 の大小関係を表す式として正しいものを、次の ①~⑩ のうちから 1 つ選べ。 2

- ① $T_0 = T_3 < T_4$ ② $T_3 < T_4 < T_0$ ③ $T_3 < T_0 = T_4$
 ④ $T_0 = T_4 < T_3$ ⑤ $T_4 < T_0 < T_3$ ⑥ $T_4 < T_0 = T_3$

42 [2009 センター物理 I (2006~2015)]

ある気体(理想気体)が、ピストンでシリンダー内に閉じ込められている。図は、この気体の圧力と体積の変化を表す図である。初め状態 A にあった気体を、状態 B、状態 C、状態 D の順に変化させた後、再び状態 A にもどした。ただし、過程 A → B は断熱変化、過程 B → C は定圧(等圧)変化、過程 C → D は定積(等積)変化、過程 D → A は等温変化である。



(1) 状態 A, B, C の温度をそれぞれ T_A, T_B, T_C としたとき、それらの関係を表す不等式として正しいものを、次の ①~⑥ のうちから 1 つ選べ。 1

- ① $T_A < T_B < T_C$ ② $T_A < T_C < T_B$ ③ $T_B < T_A < T_C$
 ④ $T_B < T_C < T_A$ ⑤ $T_C < T_A < T_B$ ⑥ $T_C < T_B < T_A$

(2) 3 つの過程 B → C, C → D, D → A において、気体がピストンにした仕事を $W_{B \rightarrow C}, W_{C \rightarrow D}, W_{D \rightarrow A}$ とする。それぞれ、正であるか、負であるか、0 であるかについて、正しい組合せを、次の ①~⑥ のうちから 1 つ選べ。 2

	$W_{B \rightarrow C}$	$W_{C \rightarrow D}$	$W_{D \rightarrow A}$
①	正	負	0
②	正	0	負
③	負	正	0
④	負	0	正
⑤	0	正	負
⑥	0	負	正

43 [2005 新潟大]

断熱材でできたシリンダーとピストンに 1 モルの単原子分子理想気体が封入され、真空中に置かれている。図 1 のようにピストンには仕事の授受を行うための動力装置がつながれ

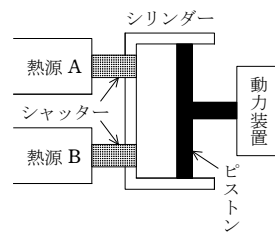


図 1

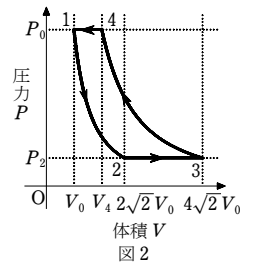


図 2

表			
気体の状態	圧力	体積	温度
状態 1	P_0	V_0	T_0
状態 2	P_2	$2\sqrt{2}V_0$	T_2
状態 3	P_2	$4\sqrt{2}V_0$	T_0
状態 4	P_0	V_4	T_4

ており、シリンダーには 2 つの熱源 A と熱源 B が接続されている。また、シリンダーと熱源の接続部にはそれぞれ断熱材でできたシャッターが取り付けられている。図 2 はこの気体が 1 サイクル(1 → 2 → 3 → 4 → 1)の間にたどった圧力と体積の関係を示している。1 → 2 は熱源 A と熱源 B のシャッターを両方とも閉じた断熱変化、2 → 3 は熱源 A のシャッターだけ開いた等圧変化、3 → 4 は熱源 A と熱源 B のシャッターを両方とも閉じた断熱変化、4 → 1 は熱源 B のシャッターだけ開いた等圧変化である。各状態の気体の圧力、体積、温度を表に示す。以下の(1)~(5)に答えよ。

- ただし、気体定数を R とする。
- 2 → 3 の変化を考察して状態 2 の圧力 P_2 と温度 T_2 を P_0, T_0 で表せ。
 - 1 → 2 の変化で気体が動力装置によってなされた仕事 W_{12} と気体の内部エネルギーの変化量 ΔU_{12} を R, T_0 で表せ。
 - 3 → 4 の変化で気体が動力装置によってなされた仕事 W_{34} は $\frac{3}{2}RT_0$ であった。状態 4 の体積 V_4 と温度 T_4 を V_0, T_0 で表せ。
 - 4 → 1 の変化で気体が動力装置によってなされた仕事 W_{41} と気体が熱源 B から得た熱量 Q_{41} を R, T_0 で表せ。
 - (4) で得た熱量 Q_{41} を用いて気体の定圧モル比熱 C_p が $\frac{5}{2}R$ になることを示せ。

44 [2010 福井大]

図1のように、なめらかに動くピストンのついたシリンダー内に、1 molの単原子分子理想気体が閉じこめられている。その気体の圧力 p [Pa]、体積 V [m³]、温度 T [K] は、熱交換器を通した熱の出入りやピストンの動きにより任意に変化させることができる。ピストンとシリンダーは断熱材でできており、ピストンとシリンダーと熱交換器の熱容量は無視できるものとする。はじめ、気体の状態は図2の状態A(圧力が p_0 [Pa]、体積が V_0 [m³])であった。気体定数を R [J/(mol·K)] とし、1 molの単原子分子理想気体の内部エネルギー U [J] は $U = \frac{3}{2}RT$ であることを用いてよい。(1)~(5) は、 p_0 、 V_0 、 R の中から必要な記号を用いて答えよ。(6) は数値で答えよ。

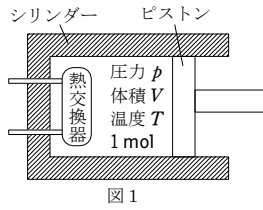


図1

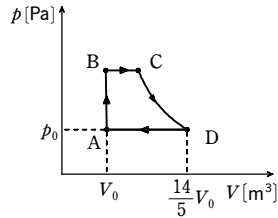


図2

- (1) 状態Aの気体の温度 T_A [K] を求めよ。
- (2) 状態Aの気体に対して、体積を一定に保ちながら、熱交換器を通して熱量 $Q_{AB} = 2p_0V_0$ [J] を加えると、図2の状態Bに変化した。状態Bの気体の温度 T_B [K] と圧力 p_B [Pa] を求めよ。
- (3) 状態Bの気体に対して、圧力を一定に保ちながら、熱交換器を通して熱量 $Q_{BC} = 4p_0V_0$ [J] を加えると、図2の状態Cに変化した。状態Cの気体の温度 T_C [K] と体積 V_C [m³] を求めよ。
- 状態Cの気体はその後、圧力が p_0 になるまで断熱膨張し、図2の状態Dに変化した。状態Dの気体の体積 V_D [m³] は $\frac{14}{5}V_0$ であった。その後、状態Dの気体に対して、圧力を一定に保ちながら、熱交換器を通して外に熱を捨てると、図2のように最初の状態Aに戻った。
- (4) 状態変化C→Dの間に気体が外にする仕事 W_{CD} [J] を求めよ。
- (5) 状態変化D→Aの間に外に捨てた熱量 Q [J] を求めよ。
- (6) 状態変化A→B→C→D→Aで構成されるサイクルで作動する熱機関の熱効率 e を求めよ。

45 [2012 弘前大]

熱機関を利用して上昇、下降するエレベータの熱効率を求めよう。図1のように大気中で鉛直に立てられている底面積 S [m²] の円柱形のシリンダーに質量 M_0 [kg] のなめらかに動くピストンがついており、中に単原子分子理想気体が封じこめられている。図1のようにピストンの可動範囲は h_0 [m] から h [m] までである。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

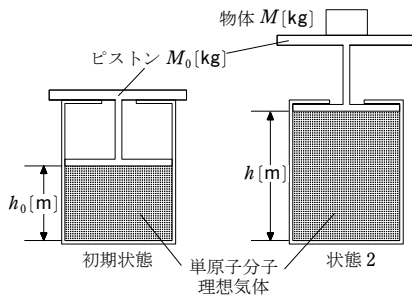


図1

初期状態は、気体の温度が外部の温度と同じ T_0 [K]、気体の圧力 p が大気圧と同じ P_0 [Pa]、ピストンの高さが h_0 [m] である。まず、ピストンの上に質量 M [kg] の物体を乗せ、シリンダー内の気体に熱を与える。しばらく静止し続けた後、ピストンが動きだした。この動きだしたときの状態を状態1とよぶ。

さらに熱し続けるとゆっくりとピストンは上昇し、高さが h [m] に達した。このときの状態を状態2とよぶ。状態2になった瞬間に物体をピストンから降ろすとともに熱を与えるのをやめた。

ピストンはしばらく静止し続けたが、やがてゆっくりと下降し、高さが h_0 [m] となったところで静止した。さらに時間がたつとシリンダー内の気体の温度が T_0 [K] になったところで初期状態にもどり、この熱機関はサイクルをなす。

- (1) 状態1のシリンダー内の気体の温度を求めよ。
- (2) 初期状態から状態1までに気体に与えられた熱量を求めよ。
- (3) 状態2のシリンダー内の気体の温度を求めよ。
- (4) 状態1から状態2までに気体に与えられた熱量を求めよ。
- (5) 気体の体積を V とするとき、このサイクルの p - V 図を図2にかけ。
- (6) このサイクルで熱機関が外にした仕事を求めよ。
- (7) このサイクルの熱効率を求めよ。

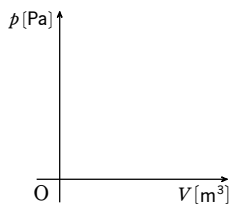


図2

(8) $M = 2M_0$ 、 $M_0 = \frac{P_0 S}{g}$ 、 $h = 2h_0$ の場合の熱効率の値を求めよ。

46 [2009 徳島大]

図1のように、なめらかに動くピストンでA、Bの2つの室に分けられた容器があり、B室はコックの付いた容積が無視できる細い管でC室につながっている。すべての容器、コック、管およびピストンは断熱材で作られていて、各室には同種の単原子分子からなる理想気体が入っている。A室の気体の物質量を n [mol] とする。気体定数を R [J/(mol·K)] として次の問いに答えよ。

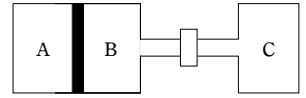


図1

[A] 図1に示すように、最初コックは閉じてあり、A、BおよびC室の体積はいずれも V [m³] であり、各室の温度はそれぞれ T 、 $2T$ [K]、また、A室の圧力は p [N/m²] であった。

- (1) p を n 、 R 、 T および V を用いて表せ。
- (2) B室の気体の物質量 n_B [mol] を n を用いて表せ。
- (3) C室の気体の物質量を n_C [mol] とするとき、BおよびC室の気体の内部エネルギーの和 U [J] を n_B 、 n_C 、 R および T を用いて表せ。

[B] 次に、コックを静かに開けるとB、C室間で気体が混ざりあい、十分な時間が経過したのち図2に示すような平衡状態となった。このとき、A室の体積は $\frac{V}{2}$ 、圧力は $4p$ になった。

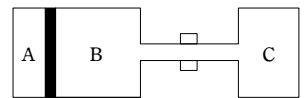


図2

- (4) A室の気体の温度を T を用いて表せ。
- (5) BおよびC室の気体の内部エネルギーの和 U_1 [J] を n 、 R および T を用いて表せ。
- (6) 図1から図2への変化の際に、A、BおよびC室の気体の内部エネルギーの総和が不変であることにもつづいて、 n_C を n を用いて表せ。