

問1 温度が一定に保たれた気体において、ボイルの法則が示す圧力と体積の関係として最も適切なものはどれか。 (2014年 全国公立入試 類似)

1. 圧力と体積の積は一定である    2. 圧力は体積に比例する    3. 圧力は体積の二乗に反比例する    4. 圧力と体積の和は一定である

問2 断熱容器に閉じ込められた理想気体のピストンを動かし、体積をVから2Vまで膨張させた。このとき、断熱変化における圧力の変化として正しい説明はどれか。 (2021年 全国公立入試 類似)

1. 気体が外部へ仕事をするため、内部エネルギーが減少し、圧力は等温変化の場合よりも大きく低下する。  
2. 気体が外部から熱を吸収するため、内部エネルギーが増加し、圧力は等温変化の場合よりも高く維持される。  
3. 断熱変化では温度が上昇するため、圧力は等温変化の場合よりも高く維持される。  
4. 気体が外部へ仕事をするが、内部エネルギーは変化しないため、圧力は等温変化と等しくなる。

問3 熱容量が異なる2つの物体を接触させ、外部との熱の出入りがない断熱容器内で熱平衡に達するまで放置した。このとき、高温の物体が失った熱量と低温の物体が得た熱量の関係について述べたものとして最も適切なものはどれか。 (2018年 全国公立入試 類似)

1. 高温の物体が失った熱量と、低温の物体が得た熱量は等しい。  
2. 熱容量が大きい物体の方が、移動する熱量は常に大きくなる。  
3. 温度変化の絶対値が大きい物体の方が、移動する熱量は常に大きくなる。  
4. 熱平衡に達した後の温度が高い物体の方が、より多くの熱量を保持している。

問4 ある理想気体が、圧力一定の状態では温度が27℃から127℃まで上昇した。このとき、気体の体積は何倍になるか。最も適切なものを選び。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. 1.33倍    2. 4.70倍    3. 0.75倍    4. 2.00倍

問5 シャルルの法則が理想気体に対して成立する物理的な背景として、最も適切な説明はどれか。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. 分子の熱運動による壁面への衝突頻度と強さが温度上昇に伴い変化し、圧力を一定に保つために体積が拡大するから  
2. 気体分子同士の引力が温度上昇によって打ち消され、分子の占有体積が減少するから  
3. 気体分子の質量が温度上昇に伴って変化し、運動エネルギーの総和が一定に保たれるから  
4. 容器内の気体分子の数が温度変化によって増減し、状態方程式を補正する必要があるから

問6 ある物質の加熱曲線において、固体状態の温度上昇の傾きが液体状態の傾きよりも大きい場合、この物質の比熱について言えることはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 固体状態の比熱の方が液体状態の比熱よりも小さい  
2. 固体状態の比熱の方が液体状態の比熱よりも大きい  
3. 固体と液体の比熱は等しく、傾きの差は融解熱に起因する  
4. 比熱と温度上昇の傾きには直接的な関係は存在しない

問7 熱容量160 J/Kの容器に、温度80度のスープ160 gを注いだところ、容器とスープが熱平衡に達したときの温度は68度であった。このとき、スープの比熱は何 J/(g・K) か。ただし、容器の初めの温度は20度とし、外部との熱の出入りはないものとする。 (2024年 全国公立入試 類似)

1. 2.0 J/(g・K)    2. 4.0 J/(g・K)    3. 6.0 J/(g・K)    4. 8.0 J/(g・K)

問8 気体の分子運動論の観点から、ボイルの法則が成り立つ理由として最も適切なものはどれか。 (2010年 全国公立入試 類似)

1. 気体分子が壁面に衝突する回数が、体積の減少に伴い単位時間・単位面積あたりで増加するため。  
2. 気体分子の平均運動エネルギーが、体積の変化に応じて変化するため。  
3. 気体分子同士の衝突頻度が、圧力の変化に関わらず一定に保たれるため。  
4. 気体分子の大きさが、体積の減少に伴い無視できなくなるため。

問9 理想気体の状態変化において、温度が一定に保たれる等温変化の過程で、気体の内部エネルギーの変化量について述べたものとして最も適切なものはどれか。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. 気体が外部に対して行った仕事の量に等しい  
2. 外部から吸収した熱量に等しい  
3. 常に正の値をとる  
4. 変化しない

## 答え合わせ・解説 No.6

問1	<b>答え 1</b> 圧力と体積の積は一定である	ボイルの法則は、温度一定の条件下で、気体の圧力Pと体積Vの間にPV=一定という関係が成り立つことを示す法則である。これは圧力が体積に反比例することを意味しており、気体の状態変化を扱う熱力学の基礎となる重要な法則である。
問2	<b>答え 1</b> 気体が外部へ仕事をするため、内部エネルギーが減少し、圧力は等温変化の場合よりも大きく低下する。	断熱変化では熱の出入りがないため、気体が外部へ仕事を行うと、その分だけ内部エネルギーが減少します。理想気体の内部エネルギーは温度に依存するため、温度が低下します。一方、等温変化では外部から熱を吸収して温度を一定に保つため、断熱変化に比べて圧力の低下が抑えられます。したがって、断熱変化の方が圧力の減少幅が大きくなります。
問3	<b>答え 1</b> 高温の物体が失った熱量と、低温の物体が得た熱量は等しい。	熱量の保存則により、外部と熱のやり取りがない閉じた系では、高温の物体が放出した熱量と低温の物体が吸収した熱量は等しくなります。これは熱容量の大小に関わらず成立する物理の基本原則です。熱容量は温度を1度変化させるのに必要な熱量であり、温度変化の大きさは熱容量に反比例しますが、熱量そのものは保存されます。
問4	<b>答え 1</b> 1.33倍	シャルルの法則を用いる際は、温度を絶対温度 (K) に換算する必要がある。27℃は300K、127℃は400Kである。圧力一定のとき体積Vは絶対温度Tに比例するため、体積比は400/300となり、約1.33倍となる。
問5	<b>答え 1</b> 分子の熱運動による壁面への衝突頻度と強さが温度上昇に伴い変化し、圧力を一定に保つために体積が拡大するから	理想気体において、温度上昇は分子の平均運動エネルギーの増大を意味する。圧力を一定に保つためには、壁面への衝突の強まりを緩和する必要があり、その結果として体積が膨張する。これがシャルルの法則の微視的な解釈である。
問6	<b>答え 1</b> 固体状態の比熱の方が液体状態の比熱よりも小さい	加熱曲線における温度上昇の傾きは、単位熱量あたりの温度変化の大きさを示しており、比熱の逆数に比例する。傾きが大きいほど比熱は小さく、傾きが小さいほど比熱は大きい。したがって、固体状態の傾きが液体状態より大きい場合、固体状態の比熱の方が小さいことになる。
問7	<b>答え 2</b> 4.0 J/(g・K)	容器が得た熱量は $160 \text{ J/K} \times (68 - 20) \text{ K} = 7680 \text{ J}$ 、スプーンが失った熱量は $160 \text{ g} \times \text{比熱} \times (80 - 68) \text{ K} = 1920 \times \text{比熱} \text{ J}$ である。熱量保存の法則より、容器が得た熱量とスプーンが失った熱量は等しいため、 $1920 \times \text{比熱} = 7680$ となり、比熱は $4.0 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ と求められる。
問8	<b>答え 1</b> 気体分子が壁面に衝突する回数が、体積の減少に伴い単位時間・単位面積あたりで増加するため。	気体の圧力は、気体分子が容器の壁面に衝突することで生じる力によって発生する。温度が一定であれば、分子の平均運動エネルギー（速度の二乗平均）は一定である。この状態で体積を小さくすると、単位体積あたりの分子数が増加し、壁面に衝突する回数が増えるため、結果として圧力が増大する。これがボイルの法則の微視的な根拠である。
問9	<b>答え 4</b> 変化しない	理想気体の内部エネルギーは、気体の温度のみに依存する状態量である。したがって、温度が一定に保たれる等温変化においては、気体の温度変化がないため、内部エネルギーの変化量はゼロとなる。熱力学第一法則 ( $\Delta U = Q - W$ ) において $\Delta U = 0$ となるため、気体が外部に対して行った仕事Wと、外部から吸収した熱量Qは等しくなる。

問1 加熱曲線において、温度が一定となる水平な区間が存在する理由として、物理学的な観点から最も適切な説明はどれか。 (2017

年 全国公立入試 類似)

1. 加えた熱が分子間の結合を断つためのエネルギーとして消費されるから
2. 加えた熱がすべて物質の運動エネルギーの増加に変換されるから
3. 物質の熱容量が無限大になり、温度上昇が停止するから
4. 物質の外部への放熱と加熱が熱平衡状態に達するから

問2 熱力学における潜熱の性質に関する説明として誤っているものはどれか。 (2020年 全国公立入試 類似)

1. 潜熱は物質の相転移に伴う熱量である。
2. 融点において固体が液体になる際に潜熱が吸収される。
3. 水の沸点は絶対温度で約273Kである。
4. 熱は温度の高い方から低い方へ移動する。

問3 容積がそれぞれVおよび2Vである容器Aと容器Bがコックで仕切られ、同じ温度Tで理想気体が封入されている。コックを閉じた状態で、容器A内の物質量がn、容器B内の物質量が2nであるとき、容器A内の圧力P\_Aと容器B内の圧力P\_Bの比 P\_A/P\_Bとして正しいものはどれか。 (2016年 全国公立入試 類似)

1. 1/4
2. 1/2
3. 1
4. 2

問4 気体の温度と分子運動の関係について、最も適切な説明はどれか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 気体の温度は、分子の平均運動エネルギーの大きさを表す指標である。
2. 気体の温度が低いほど、分子の平均運動エネルギーは大きくなる。
3. 気体の温度が高いほど、気体分子の運動は静かになり、内部エネルギーは減少する。
4. 気体の内部エネルギーは、分子の平均運動エネルギーとは無関係である。

問5 理想気体の断熱変化において、温度 T が低下する際の体積 V の変化について、状態方程式および熱力学の法則から導かれる適切な説明はどれか。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. 温度が低下しても体積は常に一定である
2. 温度が低下すると体積は膨張する
3. 温度が低下すると体積は収縮する
4. 温度と体積の間には何ら関係がない

問6 底が開いた薄い円筒容器を、開口部を下にして水槽の底に沈めた。容器内には気体が閉じ込められており、容器内の水面は、水槽の外側の水面から深さ h の位置にある。大気圧を p0、水の密度を rho、重力加速度の大きさを g とするとき、容器内の気体圧力 p を表す式として正しいものはどれか。ただし、容器内の気体圧力は一様であり、水は静止しているものとする。

(2020年 全国公立入試 類似)

1.  $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$
2.  $p = p_0 - \rho \cdot g \cdot h$
3.  $p = \rho \cdot g \cdot h$
4.  $p = p_0$

問7 気体分子運動論において、密閉容器内の気体が示す圧力を微視的な視点で説明した記述として最も適切なものはどれか。 (2004

年 全国公立入試 類似)

1. 気体分子が容器の壁面に絶えず衝突を繰り返すことで生じる力の総和である。
2. 気体分子同士の化学的な結合力が容器の壁面に伝わることで生じる力である。
3. 気体分子の大きさが容器の容積に対して無視できなくなることで生じる斥力である。
4. 気体分子の種類が異なる場合に発生する分子間引力の総和である。

問8 同じ質量の水と鉄をそれぞれ同じ温度だけ上昇させることを考える。水の比熱は4.2 J/(g・K)、鉄の比熱は0.45 J/(g・K)である。このとき、水と鉄に与えるべき熱量、および温度の変化しやすさに関する記述として最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 (2012年 全国公立入試 類似)

1. 同じ質量の水と鉄の温度を等しく上昇させるには、比熱の大きい水の方により多くの熱量を与える必要があり、同じ熱量を与えた場合は鉄の方が温度変化しやすい。
2. 同じ質量の水と鉄の温度を等しく上昇させるには、比熱の大きい水の方により多くの熱量を与える必要があるが、同じ熱量を与えた場合は水の方が温度変化しやすい。
3. 同じ質量の水と鉄の温度を等しく上昇させるには、比熱の小さい鉄の方により多くの熱量を与える必要があり、同じ熱量を与えた場合は鉄の方が温度変化しやすい。
4. 同じ質量の水と鉄の温度を等しく上昇させるには、比熱の小さい鉄の方により多くの熱量を与える必要があるが、同じ熱量を与えた場合は水の方が温度変化しやすい。

## 答え合わせ・解説 No.7

- 問1** **答え 1**  
**加えた熱が分子間の結合を断つためのエネルギーとして消費されるから**
- 物質の加熱において温度が上昇するのは、分子の平均運動エネルギーが増大するためである。しかし、状態変化の最中は、加えた熱エネルギーは分子の運動エネルギーではなく、分子間の引力に抗して結合を弱めたり切り離したりする位置エネルギーの増大に優先的に使われる。そのため、温度変化を伴わずに内部エネルギーのみが増大する現象が生じる。
- 問2** **答え 3**  
**水の沸点は絶対温度で約273Kである。**
- 水の沸点は摂氏100度であり、絶対温度に換算すると約373Kである。273Kは水の凝固点（融点）付近の温度である。潜熱は相転移の際に温度を変化させずにやり取りされる熱であり、熱力学第二法則により熱は自発的に温度の高い方から低い方へ移動する。
- 問3** **答え 3**  
**1**
- 理想気体の状態方程式  $PV=nRT$  を各容器に適用する。容器Aについては  $P_A \cdot V = n \cdot R \cdot T$  より  $P_A = nRT/V$  となる。容器Bについては  $P_B \cdot 2V = 2n \cdot R \cdot T$  より  $P_B = 2nRT/2V = nRT/V$  となる。したがって、両者の圧力は等しく、その比は1となる。温度が一定であれば、圧力は物質と容積の比によって決まるため、この条件では両容器の圧力は一致する。
- 問4** **答え 1**  
**気体の温度は、分子の平均運動エネルギーの大きさを表す指標である。**
- 気体の温度は、その気体を構成する分子の平均運動エネルギーの大きさと直接的に対応していません。温度が上昇すると分子の平均運動エネルギーが増大し、分子の運動はより激しくなります。気体の内部エネルギーは、これら分子の運動エネルギーの総和であるため、温度が高いほど内部エネルギーも大きくなります。
- 問5** **答え 3**  
**温度が低下すると体積は収縮する**
- 断熱変化では外部との熱の出入りが無いので、気体が膨張して外部に仕事をすると内部エネルギーが減少し、温度  $T$  が低下する。逆に、外部から圧縮されて仕事を受けると温度は上昇する。理想気体の状態方程式  $PV = nRT$  に従う場合、断熱的に温度が低下する過程では、圧力と体積の関係式  $PV^\gamma = \text{一定}$  ( $\gamma$ は比熱比) を満たしながら、体積は減少（収縮）する曲線を描く。
- 問6** **答え 1**  
 **$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$**
- 容器内の気体と容器内の水との境界（水面）において、気体の圧力による力と水圧による力が釣り合っている。深さ  $h$  における水圧は、大気圧  $p_0$  に水深  $h$  による水圧  $\rho \cdot g \cdot h$  を加えたものである。したがって、容器内の気体圧力  $p$  は、この深さにおける水圧と等しくなり、 $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$  と表される。
- 問7** **答え 1**  
**気体分子が容器の壁面に絶えず衝突を繰り返すことで生じる力の総和である。**
- 気体の圧力は、熱運動を行う無数の気体分子が容器の壁面に衝突する際に与える力積によって生じます。気体分子運動論では、分子を質点とみなし、分子間の相互作用や分子自身の体積を無視する理想気体モデルを用いることで、圧力や温度といった巨視的な物理量を分子の運動エネルギーから説明します。化学変化や分子の大きさは、この基本的な圧力の定義には含まれません。
- 問8** **答え 1**  
**同じ質量の水と鉄の温度を等しく上昇させるには、比熱の大きい水の方に多くの熱量を与える必要があり、同じ熱量を与えた場合は鉄の方が温度変化しやすい。**
- 比熱とは物質1gの温度を1K上昇させるのに必要な熱量である。比熱が大きい物質ほど、同じ質量で同じ温度だけ上昇させるために必要な熱量が大きくなる。したがって、同じ質量であれば水の方が多くの熱量を必要とする。逆に、同じ熱量を与えた場合には、比熱の小さい物質である鉄の方が1度上げるのに必要な熱量が少なくて済むため、温度変化が大きくなり、温度変化しやすいと言える。

問1 山頂で圧力 $P_0$ 、絶対温度 $T_0$ 、体積 $V$ であった理想気体が、ふもとに移動して圧力 $P_1$ 、絶対温度 $T_1$ 、体積 $V'$ となった。このとき、ボイル・シャルルの法則に基づき、ふもとでの体積 $V'$ を正しく表す式はどれか。（2025年 全国公立入試 類似）

1.  $V' = V \times (P_0 / P_1) \times (T_1 / T_0)$       2.  $V' = V \times (P_1 / P_0) \times (T_1 / T_0)$       3.  $V' = V \times (P_0 / P_1) \times (T_0 / T_1)$       4.  $V' = V \times (P_1 / P_0) \times (T_0 / T_1)$

問2 単原子分子理想気体を、圧力  $10p_0$ 、体積  $V_0$  の状態から、圧力を一定に保ったまま体積が  $10V_0$  となる状態まで変化させた。この過程において、気体が外部から吸収した熱量はいくらか。（2026年 全国公立入試 類似）

1.  $225p_0V_0$       2.  $135p_0V_0$       3.  $90p_0V_0$       4.  $45p_0V_0$

問3 エネルギー変換効率の定義として最も適切なものはどれか。（2013年 全国公立入試 類似）

1. 入力された全エネルギーのうち、目的とする形態のエネルギーに変換された割合  
2. 入力されたエネルギーから、熱として放出されたエネルギーを差し引いた値  
3. 変換過程で失われたエネルギーを、入力されたエネルギーで割った値  
4. 目的とするエネルギーを、変換過程で発生した熱エネルギーで割った値

問4 大気圧が  $1.013 \times 10^5$  Pa の環境下で、J字管を用いて気体の圧力を測定したところ、液面の高さの差  $h$  が  $0.20$  m であった。使用した液体の密度が  $1.36 \times 10^4$  kg/m<sup>3</sup>、重力加速度を  $9.8$  m/s<sup>2</sup> とするとき、この気体の圧力は何Paか。（2014年 全国公立入試 類似）

1.  $1.28 \times 10^5$  Pa      2.  $1.01 \times 10^5$  Pa      3.  $1.14 \times 10^5$  Pa      4.  $0.75 \times 10^5$  Pa

問5 圧力と体積の関係を示すグラフにおいて、断熱変化の曲線が等温変化の曲線よりも急峻になる理由として最も適切なものはどれか。（2015年 全国公立入試 類似）

1. 断熱変化では圧縮に伴い温度が上昇するため、圧力の増加がより顕著になるから  
2. 断熱変化では外部から熱を吸収するため、体積の減少に対して圧力が低下するから  
3. 断熱変化では内部エネルギーが一定に保たれるため、圧力と体積が反比例するから  
4. 断熱変化では気体の分子数が減少するため、体積の変化に対して圧力が敏感に反応するから

問6 火力発電のプロセスにおいて、燃料である重油が持つ化学エネルギーが、最終的に発電機を駆動させるための力学的エネルギーに変換されるまでの過程として、最も適切なものはどれか。（2008年 全国公立入試 類似）

1. 化学エネルギーが熱エネルギーに変換され、さらに力学的エネルギーに変換される  
2. 化学エネルギーが光エネルギーに変換され、さらに力学的エネルギーに変換される  
3. 化学エネルギーが核エネルギーに変換され、さらに力学的エネルギーに変換される  
4. 化学エネルギーが電気エネルギーに変換され、さらに力学的エネルギーに変換される

問7 理想気体の内部エネルギーに関する記述として最も適切なものはどれか。（2022年 全国公立入試 類似）

1. 内部エネルギーは絶対温度にのみ依存し、体積や圧力には依存しない。  
2. 内部エネルギーは圧力に比例し、体積には反比例する。  
3. 内部エネルギーは絶対温度に比例し、状態方程式を用いると圧力と体積の積に比例する。  
4. 内部エネルギーは体積に比例し、絶対温度が変化しても一定に保たれる。

問8 J字管の左側に気体が封入され、右側が開放されている状態において、右側の液面が左側の液面よりも高さ  $h$  だけ高いとき、封入された気体の圧力  $p_1$  を表す式として最も適切なものはどれか。ただし、大気圧を  $p_0$ 、液体の密度を  $\rho$ 、重力加速度を  $g$  とする。（2014年 全国公立入試 類似）

1.  $p_1 = p_0 + \rho gh$       2.  $p_1 = p_0 - \rho gh$       3.  $p_1 = \rho gh$       4.  $p_1 = p_0 + \rho h/g$

問9 熱力学における潜熱の性質に関する説明として誤っているものはどれか。（2020年 全国公立入試 類似）

1. 潜熱は物質の相転移に伴う熱量である。  
2. 融点において固体が液体になる際に潜熱が吸収される。  
3. 水の沸点は絶対温度で約273Kである。  
4. 熱は温度の高い方から低い方へ移動する。

問10 熱機関が一定のサイクルを繰り返すとき、圧力  $P$  と体積  $V$  を軸とするグラフにおいて、気体が外部へする仕事の総和はどのように表されるか。（2026年 全国公立入試 類似）

1. グラフ上の閉曲線で囲まれた領域の面積  
2. グラフ上の各点における圧力と体積の積の総和  
3. グラフの傾きが最大となる点での圧力と体積の比  
4. グラフの始点と終点を結ぶ線分の長さ

## 答え合わせ・解説 No.8

問1	<b>答え 1</b> $V' = V \times (P_0 / P_1) \times (T_1 / T_0)$	ボイル・シャルルの法則より、状態変化の前後で $(P_0 \times V) / T_0 = (P_1 \times V') / T_1$ という関係が成り立つ。この式をふもとでの体積 $V'$ について解くと、 $V' = (P_0 \times V \times T_1) / (P_1 \times T_0)$ となる。したがって、 $V' = V \times (P_0 / P_1) \times (T_1 / T_0)$ という式が導かれる。圧力と体積は反比例し、体積と絶対温度は比例するという性質を反映している。
問2	<b>答え 1</b> $225p_0V_0$	定圧変化において気体が外部にする仕事 $W$ は、圧力と体積変化の積より $W = 10p_0 \times (10V_0 - V_0) = 90p_0V_0$ となります。単原子分子理想気体の内部エネルギーの変化 $dU$ は、 $dU = 1.5 \times (10p_0 \times 10V_0 - 10p_0 \times V_0) = 135p_0V_0$ です。熱力学第一法則 $Q = dU + W$ より、吸収した熱量 $Q$ は $135p_0V_0 + 90p_0V_0 = 225p_0V_0$ と計算されます。
問3	<b>答え 1</b> <b>入力された全エネルギーのうち、目的とする形態のエネルギーに変換された割合</b>	エネルギー変換効率とは、あるエネルギー形態から別の形態へ変換する際、入力された全エネルギーに対して、実際に目的とするエネルギーとして取り出せた割合を指す。現実の変換過程では、摩擦や抵抗などにより一部が熱エネルギーとして散逸するため、効率は必ず100パーセント未満となる。
問4	<b>答え 1</b> $1.28 \times 10^5 \text{ Pa}$	気体の圧力 $p_1$ は、 $p_1 = p_0 + \rho gh$ の式で求められる。大気圧 $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、密度 $\rho = 1.36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ 、高さ $h = 0.20 \text{ m}$ 、重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ を代入すると、液柱の圧力は $1.36 \times 10^4 \times 0.20 \times 9.8 = 0.26656 \times 10^5 \text{ Pa}$ となる。これらを合計すると約 $1.28 \times 10^5 \text{ Pa}$ となる。
問5	<b>答え 1</b> <b>断熱変化では圧縮に伴い温度が上昇するため、圧力の増加がより顕著になるから</b>	断熱変化では外部との熱のやり取りがないため、気体が圧縮されると外部から仕事をされた分だけ内部エネルギーが増加し、気体の温度が上昇します。理想気体の状態方程式では、圧力は温度に比例するため、温度が上昇する断熱圧縮では、温度が一定に保たれる等温変化と比較して、体積減少に対する圧力の増加がより急激になります。このため、グラフ上では断熱変化の曲線は等温変化よりも急峻な傾きを持ちます。
問6	<b>答え 1</b> <b>化学エネルギーが熱エネルギーに変換され、さらに力学的エネルギーに変換される</b>	火力発電では、重油などの燃料が燃焼することで化学エネルギーが放出され、それが熱エネルギーとなります。この熱で水を加熱して高温高圧の水蒸気を発生させ、その膨張力でタービンを回転させることで、熱エネルギーが力学的エネルギーへと変換されます。その後、タービンに直結された発電機が回転することで、最終的に電気エネルギーが取り出されます。
問7	<b>答え 3</b> <b>内部エネルギーは絶対温度に比例し、状態方程式を用いると圧力と体積の積に比例する。</b>	理想気体の内部エネルギーは、分子間の相互作用を無視できるため、分子の運動エネルギーの総和として表され、絶対温度にのみ依存します。理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ を用いると、絶対温度 $T$ は $PV/nR$ と表せるため、内部エネルギーは圧力 $P$ と体積 $V$ の積に比例することになります。したがって、状態の変化に伴う内部エネルギーの増減は、 $PV$ の値の変化から判断可能です。
問8	<b>答え 1</b> $p_1 = p_0 + \rho gh$	J字管内の気体の圧力は、右側の開放端にかかる大気圧 $p_0$ に、液面の高さの差 $h$ によって生じる圧力を加えたものとなる。液体の密度を $\rho$ 、重力加速度を $g$ とすると、液柱による圧力は $\rho gh$ と表される。したがって、気体の圧力 $p_1$ は、大気圧と液柱の圧力を足し合わせた $p_1 = p_0 + \rho gh$ となる。
問9	<b>答え 3</b> <b>水の沸点は絶対温度で約273Kである。</b>	水の沸点は摂氏100度であり、絶対温度に換算すると約373Kである。273Kは水の凝固点（融点）付近の温度である。潜熱は相転移の際に温度を変化させずにやり取りされる熱であり、熱力学第二法則により熱は自発的に温度の高い方から低い方へ移動する。
問10	<b>答え 1</b> <b>グラフ上の閉曲線で囲まれた領域の面積</b>	熱力学サイクルにおいて、気体が外部へする仕事 $W$ は、微小変化の積 $W = \int PdV$ として定義されます。P-Vグラフ上でサイクルを一巡する過程を考えると、膨張過程での仕事と圧縮過程での仕事の差が、グラフで囲まれた領域の面積として算出されます。この面積は、サイクル全体を通じて気体が外部へ行った正味の仕事量に相当します。

問1 電気ポットで水を温める際、消費された電気エネルギーのすべてが水の温度上昇に使われるわけではない。その理由として最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。(2010年 全国公立入試 類似)

1. 発生した熱エネルギーの一部が、ポットの容器自体の温度上昇や周囲の空気への熱放散に費やされるため。
2. 水の比熱が温度によって変化し、高温になるほど必要な熱エネルギーが減少するため。
3. 電気ポットの内部で電流が流れる際に、電気エネルギーがすべて化学エネルギーに変換されるため。
4. 水が沸騰する際に、周囲から熱を吸収して電気エネルギーを打ち消し合うため。

問2 火力発電のエネルギー変換効率に関する記述として、最も適切なものはどれか。(2006年 全国公立入試 類似)

1. 熱エネルギーから力学的エネルギーへの変換過程で、エネルギーの一部は必ず外部へ放出される。
2. 化石燃料が持つ化学エネルギーは、すべて電気エネルギーに変換することが可能である。
3. タービンを回転させる力学的エネルギーは、すべて電気エネルギーに変換される。
4. 火力発電では、エネルギーの変換回数が多いほど、最終的な電気エネルギーの総量は増加する。

問3 断熱された容器Aに気体が封入され、隣接する真空の容器Bとの間の栓を開いて気体が全体に広がったとき、気体の状態変化について述べたものとして正しいものはどれか。(2005年 全国公立入試 類似)

1. 気体の体積が増加し、圧力は上昇する。
2. 気体の体積が増加し、圧力は減少する。
3. 気体の体積は変化せず、圧力は減少する。
4. 気体の体積は変化せず、圧力は上昇する。

問4 理想気体を閉じ込めた円筒容器において、ピストンを動かして気体を圧縮する過程を考える。等温変化と断熱変化のそれぞれについて、圧力Pと体積Vの関係を示すPVグラフ上の曲線の傾きを比較したとき、正しい記述はどれか。(2021年 全国公立入試 類似)

1. 等温変化の曲線の方が断熱変化の曲線よりも急峻である
2. 断熱変化の曲線の方が等温変化の曲線よりも急峻である
3. 両者の曲線の傾きは常に等しい
4. 圧縮の速さによってどちらが急峻かは変化する

問5 ある物質の加熱曲線において、固体状態の温度上昇の傾きが液体状態の傾きよりも大きい場合、この物質の比熱について言えることはどれか。(2017年 全国公立入試 類似)

1. 固体状態の比熱の方が液体状態の比熱よりも小さい
2. 固体状態の比熱の方が液体状態の比熱よりも大きい
3. 固体と液体の比熱は等しく、傾きの差は融解熱に起因する
4. 比熱と温度上昇の傾きには直接的な関係は存在しない

問6 熱容量160 J/Kの容器に、温度80度のスープ160 gを注いだところ、容器とスープが熱平衡に達したときの温度は68度であった。このとき、スープの比熱は何 J/(g・K) か。ただし、容器の初めの温度は20度とし、外部との熱の出入りはないものとする。(2024年 全国公立入試 類似)

1. 2.0 J/(g・K)
2. 4.0 J/(g・K)
3. 6.0 J/(g・K)
4. 8.0 J/(g・K)

問7 ある理想気体が状態Aから状態Bへ変化する過程において、圧力Pが2倍になり、体積Vが3倍になった。このとき、状態Bにおける内部エネルギーは状態Aの何倍になるか。(2022年 全国公立入試 類似)

1. 1.5倍
2. 5倍
3. 6倍
4. 9倍

問8 ある熱機関のサイクルにおいて、圧力Pと体積Vのグラフで囲まれる領域の面積を計算したところ、定圧変化や定積変化を含む過程の合計として $73p_0V_0$ という値が得られた。このサイクルにおいて気体が外部へする仕事の総和はいくらか。(2026年 全国公立入試 類似)

1.  $17p_0V_0$
2.  $49/2p_0V_0$
3.  $73p_0V_0$
4.  $131/2p_0V_0$

問9 理想気体を閉じ込めた円筒容器において、ピストンをゆっくりと動かして体積を膨張させる過程を考える。このとき、外部との熱のやり取りを遮断した断熱変化と、温度を一定に保つ等温変化を比較した場合、圧力pと体積Vの関係について最も適切な記述はどれか。(2021年 全国公立入試 類似)

1. 断熱変化の方が等温変化よりも、体積変化に対する圧力の減少が急激である。
2. 等温変化の方が断熱変化よりも、体積変化に対する圧力の減少が急激である。
3. 断熱変化と等温変化のいずれにおいても、圧力の減少率は体積に対して常に一定である。
4. 断熱変化では圧力が一定に保たれるが、等温変化では圧力が減少する。

## 答え合わせ・解説 No.9

問1	<b>答え 1</b> 発生した熱エネルギーの一部が、ポットの容器自体の温度上昇や周囲の空気への熱放散に費やされるため。	電気ポットに電流が流れるとジュール熱が発生するが、この熱エネルギーのすべてが水に伝わるわけではない。一部の熱はポットのヒーターや容器自体の温度上昇に使われ、さらに容器の表面から周囲の空気へと熱伝導や熱放射によって散逸する。このため、水の温度上昇に利用される熱エネルギーの割合（熱効率）は100%未満となる。
問2	<b>答え 1</b> 熱エネルギーから力学的エネルギーへの変換過程で、エネルギーの一部は必ず外部へ放出される。	熱力学の第二法則により、熱エネルギーを他のエネルギーに変換する際には、必ず一部が熱として外部に放出されるため、変換効率を100%にすることはできません。火力発電では、燃焼熱から水蒸気、タービン回転、発電機という複数の変換段階を経るため、各段階でエネルギーの損失が生じます。したがって、投入した化学エネルギーのすべてを電気エネルギーとして取り出すことは不可能です。
問3	<b>答え 2</b> 気体の体積が増加し、圧力は減少する。	栓を開くことで気体が占める空間（体積）は容器Aと容器Bの合計分まで増加します。このとき、気体は外部に対して仕事を行わず、内部エネルギーも変化しないため温度は一定に保たれます。ボイルの法則（ $PV = \text{一定}$ ）に基づき、温度が一定の状態では体積が増加すれば、気体の圧力は減少することになります。
問4	<b>答え 2</b> 断熱変化の曲線の方が等温変化の曲線よりも急峻である	断熱変化では、気体が外部へ仕事をする際に内部エネルギーが減少するため、温度が低下します。等温変化では温度が一定に保たれるのに対し、断熱変化では温度低下が圧力の減少を加速させるため、 $PV$ グラフにおける圧力の低下がより顕著になります。その結果、断熱変化の曲線は等温変化の曲線よりも急な傾きを持つことになります。
問5	<b>答え 1</b> 固体状態の比熱の方が液体状態の比熱よりも小さい	加熱曲線における温度上昇の傾きは、単位熱量あたりの温度変化の大きさを示しており、比熱の逆数に比例する。傾きが大きいほど比熱は小さく、傾きが小さいほど比熱は大きい。したがって、固体状態の傾きが液体状態より大きい場合、固体状態の比熱の方が小さいことになる。
問6	<b>答え 2</b> 4.0 J/(g・K)	容器が得た熱量は $160 \text{ J/K} \times (68 - 20) \text{ K} = 7680 \text{ J}$ 、スプーンが失った熱量は $160 \text{ g} \times \text{比熱} \times (80 - 68) \text{ K} = 1920 \times \text{比熱} \text{ J}$ である。熱量保存の法則より、容器が得た熱量とスプーンが失った熱量は等しいため、 $1920 \times \text{比熱} = 7680$ となり、比熱は $4.0 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ と求められる。
問7	<b>答え 3</b> 6倍	理想気体の内部エネルギー $U$ は絶対温度 $T$ に比例し、 $U = k T$ ( $k$ は定数) と書けます。状態方程式 $PV = nRT$ より、 $T = PV / nR$ です。これを代入すると $U = k' PV$ ( $k'$ は定数) となり、内部エネルギーは圧力 $P$ と体積 $V$ の積に比例します。状態Aの積を $P_A \cdot V_A$ とすると、状態Bの積は $(2 \cdot P_A) \cdot (3 \cdot V_A) = 6 \cdot P_A \cdot V_A$ となるため、内部エネルギーは6倍になります。
問8	<b>答え 3</b> 73p0V0	熱機関のサイクルにおいて、気体が外部へする仕事の総和は、 $P$ - $V$ グラフ上で囲まれた領域の面積に等しいという物理法則に基づきます。問題文において面積が73p0V0と与えられているため、このサイクルで気体が外部へする仕事の総和もそのまま73p0V0となります。面積の計算過程で定圧・定積変化の矩形や曲線下の面積を考慮する手法は、熱力学における仕事の定義を具体的に適用する典型的な手法です。
問9	<b>答え 1</b> 断熱変化の方が等温変化よりも、体積変化に対する圧力の減少が急激である。	理想気体の断熱変化では、内部エネルギーの減少がそのまま外部への仕事となるため、等温変化と比較して温度が低下し、圧力の減少がより急激に進みます。 $p$ - $V$ グラフ上で比較すると、断熱変化の曲線は等温変化の曲線よりも傾きが急になります。このため、同じ体積膨張であっても、断熱変化の方が最終的な圧力が低くなります。

**問1** 質量がともに30.0 gで、温度が60.0度である金属製のスプーンAとスプーンBがある。20.0度の水200.0 gが入った断熱容器が2つあり、一方にスプーンAを、他方にスプーンBを入れて静かに放置したところ、それぞれ熱平衡に達した。熱平衡に達した後の温度は、スプーンAを入れた水では20.6度、スプーンBを入れた水では20.7度であった。スプーンAの比熱を  $c_A$ 、スプーンBの比熱を  $c_B$  とするとき、これらの比熱の大小関係と、スプーンの材質に関する記述として最も適切なものはどれか。ただし、水の比熱を  $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$  とし、容器など外部との熱の出入りはないものとする。また、純金の比熱は  $0.13 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$  である。 (2022年 全国公立入試 類似)

1.  $c_A < c_B$  であり、スプーンBは純金製ではない。      2.  $c_A > c_B$  であり、スプーンBは純金製ではない。      3.  $c_A < c_B$  であり、スプーンBは純金製である可能性がある。      4.  $c_A > c_B$  であり、スプーンBは純金製である可能性がある。

**問2** 温度が一定に保たれた容器A（容積2.0 L、圧力 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）と容器B（容積3.0 L、圧力 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）がコックで連結されている。コックを開いて気体を混合させたとき、全体の圧力は何Paになるか。ただし、気体は理想気体として振る舞うものとする。 (2016年 全国公立入試 類似)

1.  $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$       2.  $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$       3.  $2.6 \times 10^5 \text{ Pa}$       4.  $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

**問3** 熱力学第二法則に関連して、密閉された部屋の中で冷蔵庫のドアを開けたまま運転し続けた場合、部屋全体の平均温度はどのように変化するか。 (2004年 全国公立入試 類似)

1. モーターや圧縮機からの発熱により、部屋全体の平均温度は上昇する。      2. 冷蔵庫の冷却機能が働くため、部屋全体の平均温度は低下する。      3. エネルギー保存の法則により、部屋全体の平均温度は変化しない。      4. 庫内の空気が循環するため、部屋の場所に関わらず温度は一定に保たれる。

**問4** 物質に熱量を加えた際、温度が上昇せず一定に保たれる区間が生じる理由として最も適切なものはどれか。 (2017年 全国公立入試 類似)

1. 加えられた熱量が、分子間の結合を弱めたり切ったりする状態変化のエネルギーとして消費されるため      2. 物質内部の分子の運動エネルギーが急激に減少し、熱の吸収と放出が釣り合うため      3. 物質の比熱が無量大となり、熱を加えても温度が変化しなくなるため      4. 化学反応によって物質が別の物質へと変化し、熱エネルギーがすべて化学結合エネルギーとして蓄えられるため

**問5** 容積がそれぞれVおよび2Vである容器Aと容器Bがコックで仕切られ、同じ温度Tで理想気体が封入されている。コックを閉じた状態で、容器A内の物質量がn、容器B内の物質量が2nであるとき、容器A内の圧力 $P_A$ と容器B内の圧力 $P_B$ の比  $P_A/P_B$  として正しいものはどれか。 (2016年 全国公立入試 類似)

1.  $1/4$       2.  $1/2$       3.  $1$       4.  $2$

**問6** 熱量保存の法則に基づき、高温の金属球を常温の水に入れて熱平衡に達する実験を行う際、水温の変化をより大きく観測するために最も有効な操作はどれか。 (2022年 全国公立入試 類似)

1. 水の質量を半分にする      2. 水の質量を2倍にする      3. 水の温度を高くする      4. 金属球の質量を半分にする

**問7** 熱の仕事当量に関する説明として最も適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. 熱は物質の移動によってのみ伝わるという考え方である。      2. 仕事と熱の間に一定の変換比率が存在することを示す概念である。      3. 物体の温度変化が摩擦熱のみに依存することを証明する法則である。      4. 熱エネルギーが仕事に変換される際に必ず損失が生じることを示す理論である。

**問8** 物質を構成する分子や原子の不規則な運動である「熱運動」に関する記述として、最も適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

1. 熱運動は、物体の温度が絶対零度であっても停止することなく激しく継続する。      2. 熱運動は、物質の温度が上昇するにつれて、その平均運動エネルギーが増大する現象である。      3. 熱運動は、物体同士の摩擦が生じたときのみ発生する特殊なエネルギー形態である。      4. 熱運動は、電磁気的な放電現象によって直接的に引き起こされる分子の並進運動である。

## 答え合わせ・解説 No.10

問1	<b>答え 1</b> <b><math>c_A &lt; c_B</math> であり、スプーンBは純金製ではない。</b>	熱平衡に達したとき、水の上昇温度はスプーンBを入れたとき（0.7度）の方がスプーンAを入れたとき（0.6度）よりも大きい。これはスプーンBから水へ移動した熱量が多いことを示しており、同じ質量・同じ温度変化であるため、スプーンBの比熱 $c_B$ の方がスプーンAの比熱 $c_A$ よりも大きい（ $c_A < c_B$ ）。また、熱量保存の法則からスプーンBの比熱を計算すると約0.50 J/(g・K) となり、純金の比熱 0.13 J/(g・K) とは異なるため、スプーンBは純金製ではないと判断できる。
問2	<b>答え 1</b> <b><math>2.4 \times 10^5 \text{ Pa}</math></b>	温度が一定であるため、ボイルの法則により気体の状態方程式 $PV = nRT$ から、混合後の圧力 $P$ は全物質質量と全容積を用いて求められる。混合前の各容器の圧力と容積の積の和は $(3.0 \times 10^5 \times 2.0) + (2.0 \times 10^5 \times 3.0) = 12.0 \times 10^5 \text{ J}$ となる。これを全体の容積 $2.0 \text{ L} + 3.0 \text{ L} = 5.0 \text{ L}$ で割ると、 $P = 12.0 \times 10^5 / 5.0 = 2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ となる。
問3	<b>答え 1</b> <b>モーターや圧縮機からの発熱により、部屋全体の平均温度は上昇する。</b>	冷蔵庫は内部の熱を外部へ移動させる装置であり、その過程でモーターや圧縮機が電気エネルギーを消費して熱を発生させる。ドアを開けたまま運転すると、庫内を冷やす効果よりも、装置から発生する熱と庫内から放出される熱が部屋全体に広がる効果が上回る。熱力学第二法則に基づき、外部からエネルギーを供給し続ける系内では、エントロピーが増大し、最終的に部屋全体の平均温度は上昇する。
問4	<b>答え 1</b> <b>加えられた熱量が、分子間の結合を弱めたり切ったりする状態変化のエネルギーとして消費されるため</b>	物質の状態変化（融解や沸騰）が起こっている間、加えられた熱量は温度上昇（分子の運動エネルギーの増加）には使われず、分子間の結合を断ち切るための潜熱として消費されます。そのため、物質の温度は変化しません。化学反応とは異なり、物質そのものの組成は変わりません。
問5	<b>答え 3</b> <b>1</b>	理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ を各容器に適用する。容器Aについては $P_A \cdot V = n \cdot R \cdot T$ より $P_A = nRT/V$ となる。容器Bについては $P_B \cdot 2V = 2n \cdot R \cdot T$ より $P_B = 2nRT/2V = nRT/V$ となる。したがって、両者の圧力は等しく、その比は1となる。温度が一定であれば、圧力は物質質量と容積の比によって決まるため、この条件では両容器の圧力は一致する。
問6	<b>答え 1</b> <b>水の質量を半分にする</b>	熱量保存の法則により、高温物体が失った熱量は低温物体が得た熱量と等しくなります。水が受け取る熱量を $Q$ 、水の比熱を $c$ 、水の質量を $m$ 、温度変化を $\Delta T$ とすると、 $Q = mc\Delta T$ という関係が成り立ちます。同じ熱量 $Q$ が移動する場合、水の質量 $m$ を小さくすれば、温度変化 $\Delta T$ は大きくなります。したがって、水温の変化をより明確に観測するためには、水の質量を減らすことが有効です。
問7	<b>答え 2</b> <b>仕事と熱の間に一定の変換比率が存在することを示す概念である。</b>	熱の仕事当量とは、単位量の熱量を得るために必要な仕事の量を指します。ジュールによる実験以前は、熱は「熱素」と呼ばれる物質であるという説が有力でしたが、彼の研究により熱はエネルギーの一形態であり、力学的仕事と直接的に換算可能であることが示されました。これは熱力学第一法則の理解に不可欠な知見です。
問8	<b>答え 2</b> <b>熱運動は、物質の温度が上昇するにつれて、その平均運動エネルギーが増大する現象である。</b>	熱運動は物質を構成する微粒子の不規則な運動であり、温度はこれらの粒子の平均運動エネルギーの大きさを表す指標である。絶対零度では熱運動は理論上最小となる。摩擦や圧縮によって物体が温まるのは、外部から与えられた力学的エネルギーが分子の不規則な運動エネルギーに変換されるためである。電気的な放電は熱運動とは異なる物理過程である。