

問1 消費電力 1.4×10^3 Wのヒーターを用いて、質量500 gの水を 15°C から 95°C まで加熱する。水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とし、ヒーターから発生した熱がすべて水の温度上昇に使われると仮定した場合、加熱に必要な時間は何秒か。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. 60秒 2. 120秒 3. 240秒 4. 480秒

問2 熱いお茶が室温に向かって冷めていく過程において、時刻 t における温度 T が $T = T_{\text{room}} + (T_0 - T_{\text{room}}) \cdot e^{-kt}$ (k は正の定数) で表されるとき、放出された熱量の総和 $Q(t)$ の挙動に関する説明として正しいものはどれか。 (2007年 全国公立入試 類似)

1. $Q(t)$ は時刻 t の2乗に比例して増加する。 2. $Q(t)$ は時刻 t が無大に近づくにつれて、ある有限の値に収束する。 3. $Q(t)$ は時刻 t とともに指数関数的に増加し、無限大に発散する。 4. $Q(t)$ の増加率は、時刻 t の経過とともに一定である。

問3 物質 n molの単原子分子理想気体が、定積変化の過程で温度が T だけ上昇した。このとき、気体が吸収した熱量 Q を表す式として正しいものはどれか。ただし、気体定数を R とする。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. $Q = (3/2)nRT$ 2. $Q = (5/2)nRT$ 3. $Q = nRT$ 4. $Q = (1/2)nRT$

問4 体積 $2.5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ の容器に 2.0 mol の理想気体を入れ、温度を 27°C に保ったときの気体の圧力として最も近い値を、次のうちから一つ選べ。ただし、気体定数 $R = 8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。 (2015年 全国公立入試 類似)

1. $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 2. $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 3. $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 4. $8.3 \times 10^6 \text{ Pa}$

問5 理想気体をシリンダー内で圧縮する際、等温変化と断熱変化の圧力-体積グラフにおける曲線の傾きについて、正しい記述はどれか。 (2010年 全国公立入試 類似)

1. 断熱変化の曲線の方が、等温変化の曲線よりも傾きが急である 2. 等温変化の曲線の方が、断熱変化の曲線よりも傾きが急である 3. 両者の傾きは常に一定であり、変化の種類によらず一致する 4. 断熱変化では温度が一定であるため、傾きは常にゼロである

問6 比熱の定義として最も適切なものはどれか。 (2026年 全国公立入試 類似)

1. 物質1kgの温度を1K上昇させるのに必要な熱量 2. 物質1molの温度を1°C上昇させるのに必要な熱量 3. 物質の温度を1K上昇させるのに必要な全熱量 4. 物質が1Jの熱を得たときの温度上昇の割合

問7 熱力学第一法則に基づき、単原子分子理想気体の定積変化において内部エネルギーが変化する物理的な理由として最も適切なものはどれか。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. 気体の絶対温度が変化し、分子の平均運動エネルギーが変化するため。 2. 気体の体積が変化し、分子間のポテンシャルエネルギーが変化するため。 3. 気体の圧力が変化し、分子の衝突回数が減少するため。 4. 気体が外部に仕事をし、エネルギーが散逸するため。

問8 石油や石炭などの化石燃料が持つエネルギーの根源として、最も適切なものはどれか。 (2006年 全国公立入試 類似)

1. 地球内部の放射性元素の崩壊熱 2. 太陽から放射された光エネルギー 3. 月や太陽の引力による潮汐エネルギー 4. 地球形成時の重力収縮エネルギー

問9 圧力 p と体積 V のグラフにおいて、体積が V_0 から $3V_0$ まで変化し、圧力が p_0 から $2p_0$ まで変化する長方形のサイクルを考える。このサイクルを一巡する間に気体が外部にした仕事の総和として最も適切なものはどれか。 (2019年 全国公立入試 類似)

1. 0 2. $2p_0V_0$ 3. $3p_0V_0$ 4. $4p_0V_0$

問10 ある教室で20人の生徒が1時間あたり合計で 2.4×10^6 Jのエネルギーを消費している。このエネルギーがすべて室内の水の蒸発に使われると仮定したとき、蒸発する水の質量は何gか。ただし、水1gを蒸発させるのに必要な蒸発熱を2400Jとする。

(2004年 全国公立入試 類似)

1. 15g 2. 50g 3. 120g 4. 1000g

答え合わせ・解説 No.3

問1	答え 2 120秒	水の温度変化 ΔT は $95^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 80\text{K}$ である。必要な熱量 Q は、 $Q = mc\Delta T$ より、 $500\text{g} \times 4.2\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K}) \times 80\text{K} = 168000\text{J}$ と求められる。消費電力 $P = 1.4 \times 10^3\text{W} = 1400\text{W}$ であるから、電力と時間の積 $Pt = Q$ の関係式より、 $t = Q/P = 168000\text{J} / 1400\text{W} = 120\text{秒}$ となる。
問2	答え 2 $Q(t)$は時刻tが無限大に近づくにつれて、ある有限の値に収束する。	物体の温度 T が室温 T_{room} に近づくにつれ、物体が失う熱量は減少します。 $Q(t)$ は物体の温度変化量に比例するため、温度差が解消されるとそれ以上熱は放出されません。数学的には、温度 T が T_{room} に収束する際、 $Q(t)$ は物体の熱容量と初期温度差の積で決まる有限の値に収束します。これは熱力学的な平衡状態への到達を意味します。
問3	答え 1 $Q = (3/2)nRT$	単原子分子理想気体の内部エネルギー U は $U = (3/2)nRT$ と表される。定積変化では外部に対する仕事 W がゼロであるため、熱力学第一法則 $Q = \Delta U + W$ において $W = 0$ となり、吸収した熱量 Q は内部エネルギーの変化量 ΔU に等しい。したがって、温度が T 上昇したときの熱量は $\Delta U = (3/2)nR\Delta T = (3/2)nRT$ となる。
問4	答え 2 $2.0 \times 10^5\text{Pa}$	理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ を用いる。絶対温度 $T = 27 + 273 = 300\text{K}$ である。これらを代入すると、 $P = nRT/V = (2.0 \times 8.3 \times 300) / (2.5 \times 10^{-2})$ となる。計算すると $P = 4980 / 0.025 = 199200\text{Pa}$ となり、有効数字を考慮すると約 $2.0 \times 10^5\text{Pa}$ となる。
問5	答え 1 断熱変化の曲線の方が、等温変化の曲線よりも傾きが急である	等温変化では圧力 P は体積 V に反比例 ($P \propto 1/V$) するが、断熱変化ではポアソンの法則により $P \propto 1/V^\gamma$ (γ は比熱比) となる。単原子分子理想気体では $\gamma = 1.67$ であり、1より大きいいため、断熱変化の方が体積減少に対する圧力の上昇率が大きく、グラフの傾きは急になる。
問6	答え 1 物質1kgの温度を1K上昇させるのに必要な熱量	比熱とは、単位質量 (一般に1kg) の物質の温度を1ケルビン (1K) 上昇させるために必要な熱量のことである。単位は $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ で表される。物質によって値が異なり、この値が大きいほど温度が変化しにくい性質を持つ。選択肢にある mol を用いる定義はモル比熱と呼ばれる。
問7	答え 1 気体の絶対温度が変化し、分子の平均運動エネルギーが変化するため。	理想気体では分子間の相互作用を無視できるため、内部エネルギーは分子の運動エネルギーの総和として定義される。単原子分子理想気体の場合、分子の平均運動エネルギーは絶対温度に比例する。定積変化で熱を吸収して温度が上昇すると、分子の熱運動が激しくなり平均運動エネルギーが増大するため、結果として内部エネルギーが増加する。
問8	答え 2 太陽から放射された光エネルギー	化石燃料は太古の植物や微生物の遺骸が地中で変化して生成されたものである。これらの生物は、生存期間中に光合成を通じて太陽からのエネルギーを化学エネルギーとして体内に蓄積していた。したがって、化石燃料に含まれるエネルギーの究極的な起源は太陽エネルギーである。地熱エネルギーは地球内部の熱、核エネルギーは原子核の結合エネルギーに由来するため、これらは化石燃料の起源とは異なる。
問9	答え 2 $2p_0V_0$	熱力学サイクルにおいて、気体が外部にする仕事の総和は、圧力と体積のグラフで囲まれた領域の面積に等しい。本問のサイクルは、縦軸の圧力差が $2p_0 - p_0 = p_0$ 、横軸の体積差が $3V_0 - V_0 = 2V_0$ である長方形である。したがって、その面積は $p_0 \times 2V_0 = 2p_0V_0$ と計算される。サイクルが一巡する間に気体が外部へ行う正味の仕事は、この面積によって求められる。
問10	答え 4 1000g	物質が液体から気体へ状態変化する際に吸収する熱量を蒸発熱と呼ぶ。本問では、消費された総エネルギーを水1gあたりの蒸発熱で割ることで、蒸発した水の質量を算出できる。計算式は $2.4 \times 10^6 \text{J} \div 2400 \text{J/g} = 1000 \text{g}$ となる。エネルギー保存の法則に基づき、消費された熱エネルギーがそのまま水の相転移に利用されたと考える物理的な状況である。