

高校物理プリント（過去問類似）

熱力学 No.1

名前

得点

/10

問1 熱容量を持つ容器に温度の異なる液体を注ぎ、外部との熱の出入りが無い状態で放置したとき、全体が同一の温度に達する現象を何というか。 （2024年 全国公立入試 類似）

1. 熱平衡 2. 熱伝導 3. 熱膨張 4. 熱放射

問2 ガラス管内の気体の圧力を大気圧と等しく一定に保ちながら温度を変化させる実験において、絶対温度 T と気体の体積 V の関係を示すグラフの形状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. 右上がりの曲線（双曲線の一部） 2. 原点を通る右下がりの直線 3. 原点を通る右上がりの直線 4. 温度軸に平行な直線

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

問4 熱力学第二法則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. 熱機関が外部から受け取る仕事の総量は、内部エネルギーの変化量と等しい。 2. 熱機関において、吸収した熱のすべてを仕事に変換することは不可能である。 3. 熱機関の効率は、高温熱源と低温熱源の温度差を大きくすることで常に100パーセントに達する。 4. 熱機関の内部で発生する熱量は、仕事に変換されるエネルギー量よりも常に大きくなる。

問5 理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ において、物質の量 n と気体定数 R が一定であるとき、圧力 P と体積 V の積 PV が変化した際の絶対温度 T の変化について述べたもの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. 絶対温度 T は、積 PV の値にかかわらず一定である。 2. 絶対温度 T は、積 PV に反比例する。 3. 絶対温度 T は、積 PV の平方根に比例する。 4. 絶対温度 T は、積 PV に比例する。

問6 前述の熱平衡の過程において、物体Aと物体Bの熱容量の大小関係として正しいものはどれか。 （2018年 全国公立入試 類似）

1. $C_A > C_B$ 2. $C_A = C_B$ 3. $C_A < C_B$ 4. 熱容量と温度変化の関係からは判断できない

問7 熱量の保存に関する記述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. 断熱容器内では、高温物体が失った熱量と低温物体が得た熱量の総和はゼロになる。 2. 物質の状態変化に伴う蒸発熱は、温度変化を伴わないため熱量の保存には含まれない。 3. 比熱が大きい物質ほど、同じ熱量を与えたときの温度上昇は大きくなる。 4. 熱量の保存は、エネルギー保存の法則とは独立した熱力学特有の法則である。

問8 断面積 S のピストンで仕切られた容器A（体積 V_0 ）と容器B（体積 $V_0/2$ ）が連結されている。容器Aに圧力 P_0 の気体が封入され、容器Bは真空である。コックを開いて気体が全体に広がった後、ピストンを静止させるために必要な力の大きさはいくらか。ただし、外部の大気圧を P_0 とし、ピストンは容器Aの右側に位置しているものとする。 （2005年 全国公立入試 類似）

1. $(2/3)P_0S$ 2. $(1/3)P_0S$ 3. $(1/2)P_0S$ 4. $(3/2)P_0S$

問9 ある密閉容器内の気体分子の平均運動エネルギーが2倍になったとき、容器の壁面が受ける圧力の変化として正しいものはどれか。ただし、気体の体積は一定とし、気体分子の数も変化しないものとする。 （2004年 全国公立入試 類似）

1. 圧力は4倍になる。 2. 圧力は2倍になる。 3. 圧力は変わらない。 4. 圧力は2分の1倍になる。

問10 断熱変化において、気体が外部へ仕事をして膨張する際、内部エネルギーと温度の変化について述べたものとして最も適切なものはどれか。 （2021年 全国公立入試 類似）

1. 内部エネルギーは増加し、温度は上昇する 2. 内部エネルギーは減少し、温度は上昇する 3. 内部エネルギーは増加し、温度は低下する 4. 内部エネルギーは減少し、温度は低下する

答え合わせ・解説 No.1

問1	答え 1 熱平衡	熱平衡とは、温度の異なる物体同士が接触し、熱の移動の結果として最終的に温度が等しくなる状態を指す。外部との熱の出入りが無い断熱状態であれば、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るという熱量保存の法則が成り立つ。
問2	答え 3 原点を通る右上がりの直線	圧力が一定のとき、気体の体積Vと絶対温度Tの間には $V=kT$ という比例関係が成り立つ。この関係をグラフに描くと、縦軸をV、横軸をTとした場合、傾きkの原点を通る直線となる。絶対温度が0 Kに近づくにつれ体積も0に近づくという性質から、グラフは原点を通る右上がりの直線として示される。
問3	答え 4 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	答え 2 熱機関において、吸収した熱のすべてを仕事に変換することは不可能である。	熱力学第二法則は、熱機関が吸収した熱エネルギーをすべて仕事に変換し、他に何の変化も残さないような過程は存在しないことを示している。これはエネルギー保存の法則（熱力学第一法則）とは異なり、エネルギーの変換効率に物理的な限界があることを意味する。したがって、熱機関の熱効率は常に100パーセント未満となる。
問5	答え 4 絶対温度 T は、積 PV に比例する。	理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ を変形すると $T = PV / (nR)$ となる。物質質量 n と気体定数 R が一定であれば、絶対温度 T は圧力 P と体積 V の積 PV に比例する関係にある。したがって、PVの値が大きくなれば絶対温度 T も高くなり、PV の値が小さくなれば絶対温度 T も低くなる。
問6	答え 3 CA < CB	熱量保存の法則より、 $CA \times (50 - 30) = CB \times (30 - 18)$ が成り立つ。これを整理すると $20CA = 12CB$ となり、 $CA = 0.6CB$ という関係が得られる。したがって、物体Aの熱容量CAは物体Bの熱容量CBよりも小さいことがわかる。温度変化の幅が小さい物体ほど、より大きな熱容量を持つ。
問7	答え 1 断熱容器内では、高温物体が失った熱量と低温物体が得た熱量の総和はゼロになる。	熱量の保存は、エネルギー保存の法則の熱現象における一形態である。断熱された系において、高温物体が放出する熱量を負、低温物体が吸収する熱量を正と定義すれば、その総和はゼロとなる。比熱は物質の温まりにくさを示す指標であり、比熱が大きいほど同じ熱量を与えたときの温度上昇は小さくなる。また、蒸発熱などの潜熱も熱量の一部として保存則に含まれる。
問8	答え 2 (1/3)P0S	ボイルの法則より、気体が全体に広がった後の圧力Pは、 $P_0 \cdot V_0 = P \cdot (V_0 + V_0/2)$ から、 $P = (2/3)P_0$ となります。ピストンの右側からは大気圧 P_0 が左向きに、左側からは気体の圧力 $(2/3)P_0$ が右向きに働いています。ピストンを静止させるには、力の釣り合いから、左向きに $(P_0 - (2/3)P_0) \cdot S = (1/3)P_0S$ の力を加える必要があります。
問9	答え 2 圧力は2倍になる。	気体の圧力Pは、気体分子の数密度をn、分子の質量をm、平均二乗速度を v^2 とすると、 $P = (1/3)nmv^2$ と表されます。ここで、分子の平均運動エネルギー $K = (1/2)mv^2$ は絶対温度Tに比例します。平均運動エネルギーが2倍になることは絶対温度が2倍になることを意味し、ボイル・シャルルの法則（ $PV=nRT$ ）より、体積一定の条件下では圧力Pは温度Tに比例するため、圧力も2倍となります。
問10	答え 4 内部エネルギーは減少し、温度は低下する	熱力学第一法則（ $\Delta U = Q + W$ ）において、断熱変化では外部との熱のやり取りがないため $Q = 0$ となります。気体が外部へ仕事をする（ $W < 0$ ）とき、内部エネルギーの変化量 ΔU は負となり、内部エネルギーは減少します。理想気体において内部エネルギーは絶対温度に比例するため、内部エネルギーの減少は温度の低下を意味します。

問1 力学的エネルギーが熱運動に変換される現象として、最も不適切なものはどれか。 (2005年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. 電気ストーブのプラグを抜いた瞬間に、コンセント付近で火花が飛ぶ。 | 2. 空気入れの筒を急激に圧縮すると、筒の壁面が温くなる。 | 3. グラインダーで金属を削ると、火花とともに削り屑が高温になる。 | 4. 手を激しくこすり合わせると、手のひらが温くなる。 |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|

問2 ピストン付きシリンダー内に封入された単原子分子理想気体について、温度を一定に保ったまま体積を2倍に膨張させたとき、気体の圧力はどのように変化するか。 (2020年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 1. 圧力は2倍になる | 2. 圧力は変わらない | 3. 圧力は1/2倍になる | 4. 圧力は1/4倍になる |
|-------------|-------------|---------------|---------------|

問3 ある熱機関が、高温熱源から1000 Jの熱を受け取り、外部へ400 Jの熱を放出した。このとき、この熱機関が外部に対して行った仕事は何Jか。また、この結果が熱力学第二法則と矛盾しない理由として適切なものはどれか。 (2006年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. 400 Jであり、温度変化が伴っているため矛盾しない。 | 2. 1400 Jであり、エネルギーが保存されているため矛盾しない。 | 3. 600 Jであり、熱容量が一定であるため矛盾しない。 | 4. 600 Jであり、熱効率が100パーセント未満であるため矛盾しない。 |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|

問4 熱容量が異なる2つの物体AとBを接触させ、外部との熱の出入りが無い状態で熱平衡に達した。このとき、物体Aの温度は50度から30度へ変化し、物体Bの温度は18度から30度へ変化した。物体Aの熱容量をCA、物体Bの熱容量をCBとしたとき、CAとCBの大小関係として正しいものはどれか。 (2018年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1. $CA = CB$ | 2. $CA < CB$ | 3. $CA > CB$ | 4. $CA = 2CB$ |
|--------------|--------------|--------------|---------------|

問5 水槽の底に沈んだ容器が受ける垂直抗力に関する記述として、物理学的な原理に基づいた説明として最も適切なものはどれか。 (2020年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|--|---|---|---|
| 1. 容器の断面積が大きくなるほど、容器内の気体圧力は深さに関わらず一定に保たれる。 | 2. 容器内の気体圧力が大気圧と等しいとき、容器が受ける垂直抗力は常にゼロになる。 | 3. 容器底面が水槽の底に密着している場合、底面下側の水圧が作用しないため、浮力の定義式であるアルキメデスの原理をそのまま適用することはできない。 | 4. 水槽の底からの垂直抗力は、容器の質量に関わらず、容器が排除した水の重さと常に等しくなる。 |
|--|---|---|---|

問6 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. 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 | 2. 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 | 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7 気体が外部に対して仕事をする現象に関する記述として、最も適切なものはどれか。 (2024年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. 気体が外部に対して行う仕事は、体積変化量に関わらず常に一定である。 | 2. 気体が収縮して体積が減少する場合、気体は外部に対して正の仕事をする。 | 3. 気体が外部に対して行う仕事は、圧力の二乗に比例する。 | 4. 気体が膨張して体積が増加する場合、気体は外部に対して正の仕事をする。 |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|

問8 気体が外部から熱を吸収しながら膨張し、内部エネルギーが変化しない等温変化を行う場合、この過程において気体が外部へした仕事と吸収した熱量の関係として正しいものはどれか。 (2013年 全国公立入試 類似)

- | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 吸収した熱量は、気体が外部へした仕事の2倍に等しい。 | 2. 吸収した熱量は、気体が外部へした仕事に等しい。 | 3. 吸収した熱量は、気体が外部へした仕事の半分に等しい。 | 4. 吸収した熱量は、気体が外部へした仕事に関係なく常に0である。 |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|

問9 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、蒸発する水の水質は何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. 1000g | 2. 50g | 3. 120g | 4. 15g |
|----------|--------|---------|--------|

答え合わせ・解説 No.2

問1	答え 1 電気ストーブのプラグを抜いた瞬間に、コンセント付近で火花が飛ぶ。	手をこすり合わせる摩擦、空気入れの圧縮、金属を削る際の摩擦は、いずれもマクロな力学的エネルギーが分子の不規則な運動である熱運動に変換される過程である。一方、電気ストーブのプラグを抜く際に生じる火花は、回路の遮断に伴う誘導起電力による空気の絶縁破壊（放電）であり、電気的な現象であるため熱運動への変換とは直接関係がない。
問2	答え 3 圧力は1/2倍になる	ボイル・シャルルの法則に基づき、温度が一定のとき、理想気体の圧力Pと体積Vの積は一定（ $PV = \text{一定}$ ）となります。したがって、体積Vが2倍になると、圧力Pは1/2倍になります。これはボイルの法則として知られる現象であり、気体分子の衝突頻度が体積の増大によって減少することに起因します。
問3	答え 4 600 Jであり、熱効率が100パーセント未満であるため矛盾しない。	熱力学第一法則より、受け取った熱量Q1から放出した熱量Q2を引いた値が、外部へ行った仕事Wとなる。すなわち、 $W = 1000 \text{ J} - 400 \text{ J} = 600 \text{ J}$ である。この熱機関の熱効率は $600/1000 = 0.6$ （60パーセント）であり、100パーセント未満であるため、熱力学第二法則に反することはない。
問4	答え 2 $CA < CB$	熱平衡に達したとき、物体が受け取った熱量と失った熱量の絶対値は等しい。熱容量C、温度変化の絶対値 ΔT とすると、移動した熱量Qは $Q = C \times \Delta T$ と表される。物体Aの温度変化は20度、物体Bの温度変化は12度である。Qが一定であるため、温度変化が小さい物体Bの方が熱容量は大きくなる。したがって、温度変化の大きい物体Aの熱容量CAは、物体Bの熱容量CBよりも小さい。
問5	答え 3 容器底面が水槽の底に密着している場合、底面下側の水圧が作用しないため、浮力の定義式であるアルキメデスの原理をそのまま適用することはできない。	アルキメデスの原理は、物体が流体に完全に囲まれている場合に適用される。容器の底が水槽の底に密着し、底面下に水が入り込まない状況では、底面から上向きの圧力を受けないため、通常の浮力の計算式が成立しない。したがって、力のつり合いを考える際には、個別の圧力による力を考慮する必要がある。
問6	答え 1 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7	答え 4 気体が膨張して体積が増加する場合、気体は外部に対して正の仕事をする。	熱力学において、気体が膨張して体積変化 ΔV が正の値をとるとき、気体は外部を押し出すため正の仕事をしたとみなされます。逆に、外部から圧縮されて体積が減少する場合は負の仕事をした、あるいは外部から仕事をされたと表現します。仕事は圧力と体積変化の積であり、圧力の二乗には依存しません。
問8	答え 2 吸収した熱量は、気体が外部へした仕事に等しい。	理想気体の内部エネルギーは温度のみに依存する。等温変化では温度が変化しないため、内部エネルギーの変化量 ΔU は0となる。熱力学第一法則 $Q = \Delta U + W$ に $\Delta U = 0$ を代入すると、 $Q = W$ となる。つまり、吸収した熱量はすべて外部へした仕事に変換されることになる。
問9	答え 1 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。

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. 240秒 3. 120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 が無限大に近づくにつれて、ある有限の値に収束する。
2. $Q(t)$ は時刻 t の2乗に比例して増加する。
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. $Q = (5/2)nRT$ 2. $Q = (3/2)nRT$ 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. $8.3 \times 10^6 \text{ Pa}$ 3. $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 4. $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

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. 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
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. 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
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1molの温度を 1°C 上昇させるのに必要な熱量
2. 物質1kgの温度を1K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を行い、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. 地球形成時の重力収縮エネルギー
3. 月や太陽の引力による潮汐エネルギー
4. 太陽から放射された光エネルギー

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. $3p_0V_0$ 3. $2p_0V_0$ 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 $2.4 \times 10^6 \text{ J}$ 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 3 120秒	水の温度変化 ΔT は $95\text{ }^{\circ}\text{C} - 15\text{ }^{\circ}\text{C} = 80\text{ K}$ 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 1 $Q(t)$ 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 2 $Q = (3/2)nRT$	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为零であるため、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 4 $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$	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 3 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 2 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 4 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 3 $2p_0V_0$	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。

高校物理プリント（過去問類似）

熱力学 No.4

名前

得点

/9

問1 理想気体の状態方程式 $PV=nRT$ に基づき、物質量 n が一定の気体が定積変化を行うとき、圧力 P と絶対温度 T の関係を示すグラフの形状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. 原点を通る曲線 2. 原点を通る直線 3. 圧力軸に平行な直線 4. 温度軸に平行な直線

問2 理想気体の状態変化において、定積変化と定圧変化を組み合わせたサイクルを考える。圧力 P を縦軸、絶対温度 T を横軸にとったグラフ上で、このサイクルが描く図形の性質として正しいものはどれか。（2019年 全国公立入試 類似）

1. 原点を通る曲線で囲まれる 2. 各辺が双曲線の一部になる 3. 各辺が直線で構成される多角形になる 4. 圧力と温度が反比例する曲線になる

問3 熱と仕事相互に変換される過程において、エネルギー保存の法則が成立する物理的背景として最も適切な説明はどれか。

（2005年 全国公立入試 類似）

1. 熱は分子の不規則な運動エネルギーの一形態であり、仕事と熱はエネルギーの変換形態として等価であるため 2. 熱は物質固有の質量に依存する量であり、仕事を行うことで質量がエネルギーに変換されるため 3. 熱は運動量と密接に関係しており、仕事を行うことで運動量が保存されるため 4. 熱は温度が高い物体から低い物体へ移動する性質のみを持ち、仕事への変換は不可能であるため

問4 熱力学第一法則において、気体が外部から熱を吸収し、かつ外部に対して仕事をした場合、内部エネルギーの変化 ΔU が正となる条件として最も適切なものはどれか。（2023年 全国公立入試 類似）

1. 気体が外部から熱を全く受け取らない場合 2. 吸収した熱量が外部にした仕事と等しい場合 3. 吸収した熱量が外部にした仕事より小さい場合 4. 吸収した熱量が外部にした仕事より大きい場合

問5 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。 2. 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。 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行い、エネルギーが散逸するため。

問6 一定量の単原子分子理想気体を定圧変化させたとき、気体が外部から吸収した熱量に対する、気体が外部にした仕事の割合はいくらか。（2026年 全国公立入試 類似）

1. $2/3$ 2. $3/5$ 3. $2/5$ 4. $1/3$

問7 火力発電の特徴に関する記述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. 発電過程で二酸化炭素を大量に排出するが、発電量の調整は比較的容易である。 2. 発電過程で二酸化炭素を排出せず、発電量の調整も極めて容易である。 3. 発電過程で二酸化炭素を排出するが、発電量の調整は困難である。 4. 発電過程で二酸化炭素を排出せず、廃棄物の管理が不要である。

問8 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。 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。

問9 水中で手足を動かして運動を続けると、水温がわずかに上昇することがある。この現象に関する説明として最も適切なものはどれか。（2021年 全国公立入試 類似）

1. 手足の運動によって水分子の化学結合が切断され、その際に発生した化学エネルギーが熱として放出されたためである。 2. 手足が水に対して行った仕事が、水の分子の運動エネルギーを増加させ、熱エネルギーに変換されたためである。 3. 水中で運動を行うことで、水分子が光合成を行い、その過程で熱が発生したためである。 4. 手足の運動が水の蒸発を促進し、蒸発熱が周囲の温度を上昇させたためである。

答え合わせ・解説 No.4

問1	答え 2 原点を通る直線	理想気体の状態方程式 $PV=nRT$ において、体積 V が一定（定積変化）であるとき、 V は定数とみなせます。したがって、 $P = (nR/V)T$ となり、圧力 P は絶対温度 T に比例します。比例関係にある二変数をグラフに描くと、原点を通る直線となります。定圧変化の場合は P が一定となるため、圧力と温度のグラフでは温度軸に平行な直線となります。
問2	答え 3 各辺が直線で構成される多角形になる	P - T グラフにおいて、定積変化（ V 一定）は $P = (nR/V)T$ となり、傾き nR/V の直線となります。一方、定圧変化（ P 一定）は $P = \text{定数}$ となり、温度軸に平行な直線となります。このサイクルは定積変化と定圧変化の組み合わせであるため、グラフ上の各辺はすべて直線となり、全体として多角形（平行四辺形など）の形状を描きます。
問3	答え 1 熱は分子の不規則な運動エネルギーの一形態であり、仕事と熱はエネルギーの変換形態として等価であるため	熱が分子の不規則な運動エネルギーであるという認識が定着したことで、熱と仕事は共にエネルギーの形態であることが理解された。ジュールによる実験等を通じて、熱と仕事は互いに変換可能であり、その変換の前後でエネルギーの総量が変化しないことが確認され、熱力学第一法則として確立された。
問4	答え 4 吸収した熱量が外部にした仕事より大きい場合	熱力学第一法則 $Q = \Delta U + W$ を変形すると、 $\Delta U = Q - W$ となる。内部エネルギーの変化 ΔU が正の値をとるためには、 $Q - W > 0$ 、すなわち $Q > W$ である必要がある。これは、気体が外部から受け取った熱量が、気体が外部に対して行った仕事よりも大きい場合に、余剰分のエネルギーが内部エネルギーの増加として蓄えられることを意味する。
問5	答え 2 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6	答え 3 2/5	定圧変化において、気体が外部にする仕事は $W = p \cdot dV = n \cdot R \cdot dT$ と表されます。単原子分子理想気体の内部エネルギーの変化は $dU = 1.5 \cdot n \cdot R \cdot dT$ です。熱力学第一法則より、吸収した熱量は $Q = dU + W = 2.5 \cdot n \cdot R \cdot dT$ となります。したがって、仕事の割合 W/Q は $(n \cdot R \cdot dT) / (2.5 \cdot n \cdot R \cdot dT) = 2/5$ と求まります。
問7	答え 1 発電過程で二酸化炭素を大量に排出するが、発電量の調整は比較的容易である。	火力発電は化石燃料を燃焼させて熱エネルギーを得るため、その過程で二酸化炭素を大量に排出する。一方で、燃料の投入量を制御することで発電量を柔軟に変更できるため、電力需要の変化に応じた調整が比較的容易であるという利点を持つ。原子力発電は二酸化炭素を排出しないが廃棄物管理が必要であり、水力発電は熱エネルギーを介さないため、これらとは特性が異なる。
問8	答え 4 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す。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9	答え 2 手足が水に対して行った仕事が、水の分子の運動エネルギーを増加させ、熱エネルギーに変換されたためである。	物体に対して外部から仕事を行うと、そのエネルギーは物体の内部エネルギーを変化させる。水中で手足を動かすことは、水に対して仕事を行うことに相当し、このエネルギーが水分子の不規則な運動（熱運動）を激しくさせることで、結果として水の温度上昇として観測される。

高校物理プリント（過去問類似）

熱力学 No.5

名前

得点

/10

問1 気体分子運動論において、絶対温度 T が一定の理想気体について、気体分子の平均運動エネルギーに関する記述として最も適当なものはどれか。（2024年 全国公立入試 類似）

- 分子の種類によらず、絶対温度 T に比例する一定の値をとる。
- 分子の質量が大きいほど、平均運動エネルギーは大きくなる。
- 分子の速さの2乗に反比例し、絶対温度 T には依存しない。
- 分子の種類によって異なり、分子質量が大きいほど値は小さくなる。

問2 熱力学第一法則において、系が外部から吸収した熱量を Q 、系が外部に対して行った仕事を W 、系の内部エネルギーの変化量を ΔU としたとき、エネルギー保存の法則を表現する式として正しいものはどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

- $\Delta U = Q + W$
- $\Delta U = W - Q$
- $\Delta U = Q - W$
- $\Delta U = Q + W$ の2乗

問3 熱力学第一法則に基づき、気体が吸収した熱量を Q 、気体が外部にした仕事を W 、気体の内部エネルギーの変化を ΔU とするとき、これらの関係を表す式として正しいものはどれか。（2025年 全国公立入試 類似）

- $W = Q + \Delta U$
- $\Delta U = Q + W$
- $Q = \Delta U - W$
- $\Delta U = Q - W$

問4 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）

- 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。
- 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によって生じる斥力である。
- 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5 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）

- $73p_0V_0$
- $49/2p_0V_0$
- $17p_0V_0$
- $131/2p_0V_0$

問6 火力発電におけるエネルギー変換の過程として、最も適切な順序はどれか。（2006年 全国公立入試 類似）

- 熱エネルギー → 化学エネルギー → 力学的エネルギー → 電気エネルギー
- 化学エネルギー → 力学的エネルギー → 熱エネルギー → 電気エネルギー
- 化学エネルギー → 熱エネルギー → 力学的エネルギー → 電気エネルギー
- 熱エネルギー → 力学的エネルギー → 化学エネルギー → 電気エネルギー

問7 断熱された容器内の気体をピストンで静かに圧縮する過程において、気体の状態変化として正しい記述はどれか。（2005年 全国公立入試 類似）

- 外部へ仕事をし、内部エネルギーが減少し、温度と圧力が低下する。
- 外部から仕事が行われ、内部エネルギーが増加し、温度と圧力が上昇する。
- 外部から仕事が行われるが、内部エネルギーは変化せず、温度と圧力が一定に保たれる。
- 外部へ仕事をし、内部エネルギーが増加し、温度と圧力が上昇する。

問8 ある理想気体が、圧力一定の状態では温度が 27°C から 127°C 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）

- 2.00倍
- 4.70倍
- 0.75倍
- 1.33倍

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）

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

問10 熱量保存の法則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）

- 熱平衡状態では、すべての物体の温度は必ず 0°C になる。
- 熱の移動は常に温度が高い物体から低い物体へ向かい、熱量は保存されない。
- 外部との熱のやり取りがない系において、高温物体が失った熱量と低温物体が得た熱量は等しい。
- 熱量はエネルギーの一種ではなく、物質の温度そのものを指す指標である。

答え合わせ・解説 No.5

問1	答え 1 分子の種類によらず、絶対温度Tに比例する一定の値をとる。	理想気体の平均運動エネルギーは、等分配則により絶対温度Tのみに依存し、分子の種類や質量には関係なく、 $3/2kT$ （ k はボルツマン定数）で表されます。したがって、温度が一定であれば、分子の種類に関わらず平均運動エネルギーは一定となります。
問2	答え 3 $\Delta U = Q - W$	熱力学第一法則は、系が吸収した熱量 Q の一部が内部エネルギーの増加 ΔU に充てられ、残りが外部への仕事 W として放出されることを示している。エネルギー保存の法則に基づき、 $Q = \Delta U + W$ という関係が成立するため、これを変形した $\Delta U = Q - W$ が正しい式となる。
問3	答え 4 $\Delta U = Q - W$	熱力学第一法則は、エネルギー保存の法則を熱現象に適用したものである。系が外部から吸収した熱量 Q は、その一部が内部エネルギーの増加 ΔU に充てられ、残りが外部への仕事 W として消費される。したがって、 $Q = \Delta U + W$ という関係が成り立ち、これを変形すると $\Delta U = Q - W$ となる。内部エネルギーは状態量であり、経路によらず始点と終点の状態のみで決まる。
問4	答え 2 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5	答え 1 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6	答え 3 化学エネルギー → 熱エネルギー → 力学的エネルギー → 電気エネルギー	火力発電では、まず化石燃料が持つ化学エネルギーを燃焼によって熱エネルギーへ変換します。この熱で水を高温高压の水蒸気に変え、その膨張力でタービンを回転させることで力学的エネルギーを得ます。最後に、タービンに直結した発電機で電磁誘導を利用し、力学的エネルギーを電気エネルギーへと変換します。この一連のエネルギー変換の順序を理解することが重要です。
問7	答え 2 外部から仕事が行なわれ、内部エネルギーが増加し、温度と圧力が上昇する。	熱力学第一法則によれば、断熱変化では外部との熱の出入りがないため、気体が外部から仕事を受けると、その分だけ内部エネルギーが増加します。理想気体において内部エネルギーは温度の関数であるため、内部エネルギーの増加は温度の上昇を意味します。また、ボイル・シャルルの法則に基づき、体積が減少して温度が上昇すれば、気体の圧力は元の状態よりも高くなります。
問8	答え 4 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9	答え 1 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10	答え 3 外部との熱のやり取りがない系において、高温物体が失った熱量と低温物体が得た熱量は等しい。	熱量保存の法則は、孤立した系内において、高温物体が放出する熱量と低温物体が吸収する熱量が等しくなるというエネルギー保存則の一形態です。熱はエネルギーの移動形態であり、温度差がある限り移動しますが、系全体でエネルギーの総量は保存されます。熱平衡とは、熱の移動が停止し、系内の各物体の温度が等しかった状態を指します。