

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 | 答え 1 $c_A < c_B$ であり、スプーンBは純金製ではない。 | 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 | 答え 1 2.4×10^5 Pa | 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 $(3.0 \times 10^5 \times 2.0) + (2.0 \times 10^5 \times 3.0) = 12.0 \times 10^5$ J となる。これを全体の容積 2.0 L + 3.0 L = 5.0 L で割ると、 $P = 12.0 \times 10^5 / 5.0 = 2.4 \times 10^5$ Pa となる。 |
| 問3 | 答え 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。 | 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 | 答え 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 | 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 | 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 | 答え 1 水の質量を半分にする | 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 ΔT 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 ΔT 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 | 答え 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。 | 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 | 答え 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。 | 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。 |