

問1 断熱された容器内で、コックによって仕切られた一方の側に気体があり、もう一方が真空である状態からコックを開いて気体を真空中に広げる自由膨張の過程に関する記述として、最も適当なものはどれか。（2013年 全国公立入試 類似）

1. 気体は外部に対して正の仕事を  
するため、内部エネルギーが減少  
する。  
2. 気体は外部に対して仕事をせ  
ず、熱の出入りもないため、内部  
エネルギーは変化しない。  
3. 気体は外部から熱を吸収するた  
め、内部エネルギーが増加する。  
4. 気体は外部に対して仕事をせ  
ず、断熱圧縮されるため、内部エ  
ネルギーが増加する。

問2 質量  $m$  のおもりが一端を固定された糸で吊るされ、水平方向に一定の加速度  $a$  で運動している。このとき、糸が鉛直方向となす角度を  $\theta$ 、重力加速度を  $g$  とすると、加速度  $a$  とこれらの物理量の関係として正しいものはどれか。（2009年 全国公立入試 類似）

1.  $a = g \cdot \tan(\theta)$       2.  $a = g \cdot \sin(\theta)$       3.  $a = g \cdot \cos(\theta)$       4.  $a = g / \tan(\theta)$

問3 音速を 340 m/s とする。振動数 640 Hz の音源が、静止している観測者に向かって 20 m/s の速さで直線的に近づくとき、観測者が聞く音の振動数は何 Hz か。（2004年 全国公立入試 類似）

1. 600 Hz      2. 640 Hz      3. 680 Hz      4. 720 Hz

問4 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  
した仕事に等しい。  
2. 吸収した熱量は、気体が外部へ  
した仕事の2倍に等しい。  
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5 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. 手を激しくこすり合わせると、  
手のひらが温くなる。  
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. 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。

問6 水平な天井の2点から、長さ  $l$  と  $2l$  の2本の軽い糸を用いて、質量  $M$  のおもりを吊り下げて静止させた。2本の糸はおもりの位置で互いに直角（90度）に交わっている。重力加速度の大きさを  $g$  とするとき、長さ  $l$  の糸がおもりを引く張力の大きさとして正しいものはどれか。（2012年 全国公立入試 類似）

1.  $(2/\sqrt{5})Mg$       2.  $(1/\sqrt{5})Mg$       3.  $(1/2)Mg$       4.  $(\sqrt{5})Mg$

問7 電気ポットにおいて、消費された電気エネルギーに対する、水の温度上昇に利用された熱エネルギーの割合を熱効率という。熱効率に関する記述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. 電気ポットの熱効率は、熱の散  
逸などがあるため、常に1  
(100%) より小さくなる。  
2. 電気ポットの熱効率は、消費す  
る電気エネルギーを大きくするほ  
ど、常に1 (100%) より大きくな  
る。  
3. 水の温度上昇に利用された熱エ  
ネルギーは、消費された電気エネ  
ルギーと常に等しくなる。  
4. 電気ポットの熱効率は、水の比  
熱が大きいほど、常に1 (100%)  
より大きくなる。

問8 白熱電球と固定抵抗を直列に接続した回路において、合成特性のグラフを作成する際、抵抗の電圧降下分を考慮することが重要である理由として最も適切なものはどれか。（2011年 全国公立入試 類似）

1. 白熱電球の電流と電圧の関係が  
非線形であるため、抵抗の直線的  
な電圧降下を加算する必要がある  
から  
2. 直列回路では電流が分岐するた  
め、抵抗による電流の減少分を補  
正する必要があるから  
3. 白熱電球の抵抗値が一定である  
ため、合成抵抗を計算して全体の  
電圧を求める必要があるから  
4. 抵抗の電圧降下は電流の二乗に  
比例するため、合成特性が二次関  
数になるから

問9 長さ 0.50 m、質量 3.0 kg の一様な太さの棒の一端を天井にピンで固定し、他端に水平な軽いばねを取り付けて静止させた。このとき、棒は鉛直方向から 45度 傾いており、ばねは水平に保たれていた。ばね定数が 98 N/m であるとき、ばねの自然長からの伸びは何 m か。ただし、重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  とし、 $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ$  とする。（2011年 全国公立入試 類似）

1. 0.075 m      2. 0.15 m      3. 0.30 m      4. 0.60 m

## 答え合わせ・解説 No.3

問1	<b>答え 2</b> 気体は外部に対して仕事をせず、熱の出入りもないため、内部エネルギーは変化しない。	自由膨張は、気体が真空中に広がる現象である。気体が押し広げる相手（外部）が存在しないため、気体が外部に対して行う仕事はゼロである。また、断熱容器内で行われるため熱の出入りもなく、熱力学第一法則（ $\Delta U = Q + W$ ）において $Q=0$ かつ $W=0$ となる。したがって、内部エネルギーの変化量 $\Delta U$ は0となり、理想気体であれば温度も変化しない。
問2	<b>答え 1</b> $a = g * \tan(\theta)$	おもりとともに運動する観測者から見ると、おもりには重力 $mg$ 、糸の張力 $T$ 、および水平方向に慣性力 $ma$ が働いて静止している。鉛直方向の力のつり合いから $T * \cos(\theta) = mg$ 、水平方向の力のつり合いから $T * \sin(\theta) = ma$ が成り立つ。これら2式の比をとると、 $\tan(\theta) = a / g$ となり、整理すると $a = g * \tan(\theta)$ が導かれる。
問3	<b>答え 3</b> 680 Hz	音源が静止した観測者に近づく場合、観測される振動数 $f'$ は、音速を $V$ 、音源の速度を $v$ 、音源の振動数を $f$ とすると、 $f' = f * V / (V - v)$ で表される。数値を代入すると、 $f' = 640 * 340 / (340 - 20) = 640 * 340 / 320 = 680$ Hz となる。音源が近づくため、観測される音の高さ（振動数）は元の音よりも高くなる。
問4	<b>答え 1</b> 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 $\Delta U$ 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5	<b>答え 4</b> 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6	<b>答え 1</b> $(2/\sqrt{5})Mg$	糸の長さが $l$ と $2l$ でなす角が90度であるため、直角三角形の辺の比から糸の傾きがわかる。長さ $l$ の糸が水平となす角を $\theta$ とすると、 $\cos(\theta) = 2/\sqrt{5}$ 、 $\sin(\theta) = 1/\sqrt{5}$ である。長さ $l$ の糸の張力を $T_1$ 、長さ $2l$ の糸の張力を $T_2$ とすると、水平方向のつり合いから $T_1 = 2 * T_2$ となる。鉛直方向のつり合い式に代入して解くと、 $T_1 = (2/\sqrt{5})Mg$ となる。
問7	<b>答え 1</b> 電気ポットの熱効率、熱の散逸などがあるため、常に1（100%）より小さくなる。	電気ポットが消費した電気エネルギーの一部は、周囲の空気への熱伝導や容器自体の温度上昇などに使われ、熱として外部に散逸する。そのため、水の温度上昇に利用された熱エネルギーは消費された電気エネルギーよりも必ず小さくなり、熱効率は常に1（100%）未満となる。
問8	<b>答え 1</b> 白熱電球の電流と電圧の関係が非線形であるため、抵抗の直線的な電圧降下を計算する必要があるから	白熱電球はフィラメントの温度変化により抵抗値が変動するため、電流と電圧の関係はオームの法則に従わない非線形な特性を示す。一方、固定抵抗はオームの法則に従い、電流に対して電圧が線形に変化する。直列回路の合成特性を得るには、この非線形な特性曲線に対して、抵抗による線形な電圧降下分を電流軸方向で足し合わせる（電圧を上乗せする）処理が必要となる。
問9	<b>答え 2</b> 0.15 m	ピンのまわりの力のモーメントのつりあいより、重力によるモーメント $Mg * (L/2) * \sin 45^\circ$ と、ばねの弾性力 $F$ によるモーメント $F * L * \cos 45^\circ$ がつりあう。 $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ$ より、 $F = Mg / 2 = 3.0 * 9.8 / 2 = 14.7$ N となる。フックの法則 $F = k * x$ より、ばねの伸び $x$ は $14.7 / 98 = 0.15$ m と求まる。