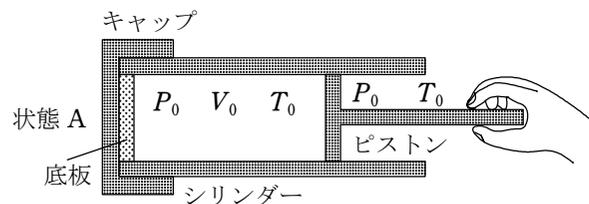


1.

図のように、なめらかに動く断面積 S のピストンをそなえたシリンダーが、圧力 P_0 、温度 T_0 の大気中に置かれている。シリンダーの側壁とピストンは断熱材で作られている。シリンダーの底板は、熱をよく通す材質でできており、その熱容量は無視できるものとする。底板の外側には、断熱材でできたキャップをかぶせてある。

シリンダー内に閉じ込められた気体は、はじめ圧力 P_0 、体積 V_0 、温度 T_0 の状態 A にあった。この状態 A から、ピストンに手で力を加えてゆっくりと圧縮し、気体を圧力 $3P_0$ 、体積 V_1 の状態 B に変化させた。

次に、シリンダーのキャップを取り去り、ピストンに加える力を一定に保って、気体の圧力を $3P_0$ に保ち続けた。長い時間経過した後、気体は体積 V_2 、温度 T_0 の状態 C になった。



(1) 気体が状態 B にあるときに、手がピストンに加えている力の大きさ F を表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。 $F = \boxed{1}$

- ① P_0 ② $2P_0$ ③ $3P_0$ ④ P_0S ⑤ $2P_0S$ ⑥ $3P_0S$

(2) 状態 A から状態 B に変化する過程、および状態 B から状態 C に変化する過程で、気体の内部エネルギーはどのように変化するか。最も適当な組合せを、次の ①～④ のうちから1つ選べ。 $\boxed{2}$

	状態 A → 状態 B	状態 B → 状態 C
①	増加	増加
②	増加	減少
③	減少	増加
④	減少	減少

解答 (1) ⑤ (2) ②

解説

(1) 図 a のように、ピストンには、シリンダー内の気体の圧力による力、手が押す力、大気の圧力による力のはたらく。よって、状態 B でのピストンにはたらく力のつりあいから

$$3P_0S - P_0S - F = 0$$

$$\text{よって } F = 2P_0S$$

以上より、正しいものは ⑤。

(2) 気体の内部エネルギーの変化を ΔU 、気体が吸収した熱量を Q 、気体がされた仕事を W とする。状態 A → 状態 B の過程は断熱圧縮なので $Q = 0$ 、 $W > 0$ である。よって、熱力学第一法則から

$$\Delta U = W > 0$$

であり、気体の内部エネルギーは増加し、温度は上昇する。状態 B → 状態 C の過程で、気体の温度は再び状態 A と同じ T_0 に下がる。したがって、内部エネルギーは減少する。

以上より、最も適当なものは ②。

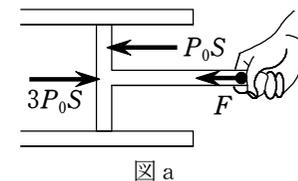


図 a

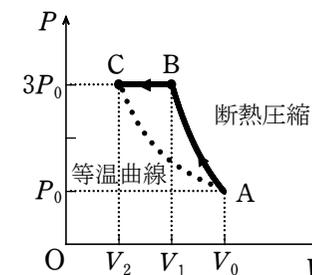


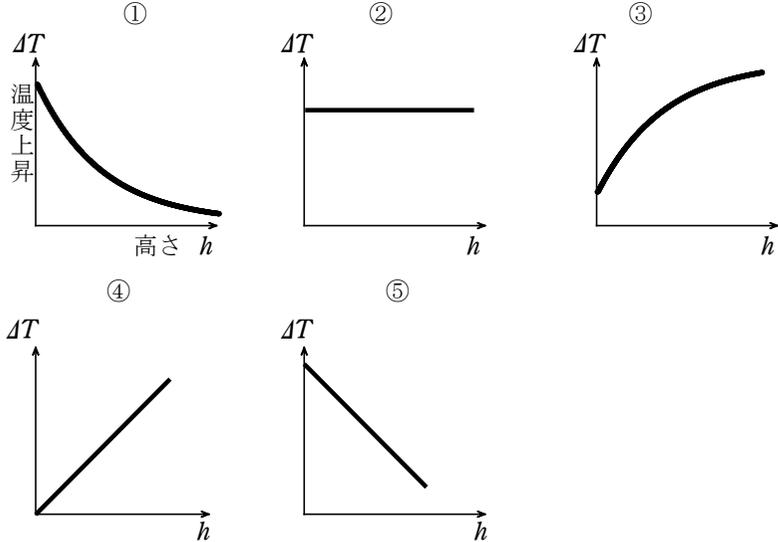
図 b

2.

次の問いに答えよ。

水平な床からの高さが h の位置から、比熱 c の物質でできた質量 m の小球を自由落下させた。小球は床と完全非弾性衝突をして静止した。衝突で発生した熱量はすべて小球に与えられるものとする。また、重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗はないものとする。

- (1) 衝突後の小球の温度上昇の大きさ ΔT を c 、 g 、 h を用いて表せ。
 (2) 高さ h をさまざまに変えたとき、 ΔT と h との関係を表しているグラフはどれか。



- (3) 小球の質量を 2 倍にしたとき、 ΔT はもとの値の何倍になるか。
 (4) 表はさまざまな物質の比熱の値を示したものである。それぞれの物質で質量 m の小球をつくり、同じ高さから床に自由落下させた。小球が床と完全非弾性衝突をしたときに、小球の温度が最も上がるのはどの物質の場合か。
 (5) (4) で温度の上昇が最も少ないのはどの物質の場合か。
 (6) 床との衝突で小球の得た熱量がふたたび運動エネルギーに変わって、小球がひとりでに上に昇っていくようなことは起こらない。このように、逆向きの変化が自然には起こらないとき、この変化は何とよばれるか。

物質	比熱 c [J/g·K]
アルミニウム	0.88
銀	0.24
鉄	0.44
銅	0.38
鉛	0.13

【解答】 (1) $\frac{gh}{c}$ (2) ④ (3) 1 倍 (4) 鉛 (5) アルミニウム

(6) 不可逆変化

【解説】

(1) 小球の得た熱量は失われた力学的エネルギーに等しい。

$$mc\Delta T = mgh \quad \text{ゆえに} \quad \Delta T = \frac{gh}{c}$$

(2) (1) で得た式で g と c は一定だから、 ΔT と h は比例する。よって、グラフは④。

(3) (1) の式で ΔT は m に関係しないので 1 倍。

(4) 温度上昇 ΔT と比熱 c は反比例するから、 ΔT が最大の物質は c が最小。鉛

(5) (4) と同じで、 ΔT が最小の物質は c が最大。アルミニウム

(6) 不可逆変化