



広島大学

断熱変化 ($TV^{2/3} = \text{一定含む}$)、 定積変化を含む熱サイクルが的中

入試問題

前期日程

物理〔II〕問1

(a)、(c)、(g)、(h)

〔II〕 問1 滑らかに動く軽いピストンを持つ容器の中に 1 mol の単原子分子理想気体を閉じ込めたところ、状態①(圧力 P_1 、体積 V_1 、絶対温度 T_1) になった。この気体の状態を、図1のような4つの過程からなるサイクル①→②→③→④→①により変化させた。

〔過程1〕 状態①から、ピストンを固定して気体の体積が一定のままゆっくり加熱して状態②(圧力 $P_2 = 2P_1$ 、体積 $V_2 = V_1$ 、絶対温度 T_2) まで変化させる。

〔過程2〕 状態②から、気体の圧力が一定に保たれるようにゆっくり加熱して状態③(圧力 $P_3 = 2P_1$ 、体積 $V_3 = aV_1$ 、絶対温度 T_3) まで変化させる。

ここで a は $a > 1$ の定数である。

〔過程3〕 状態③から、ピストンを固定して気体の体積が一定のまま状態④(圧力 P_4 、体積 $V_4 = aV_1$ 、絶対温度 T_4) まで変化させる。

〔過程4〕 外部との熱のやり取りを遮断して、ピストンをゆっくり動かすと状態④から初めの状態①に戻った。この断熱過程では絶対温度 T と体積 V の間に $TV^{2/3} = \text{一定}$ の関係が成り立つとする。

気体定数を R とすると、単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である。また、状態①($j = 1, 2, 3, 4$) の内部エネルギーを U_j とする。以下の空欄 (a) から (i) に当てはまる数字、または a を用いた式を解答欄に記入せよ。

このサイクルで状態②の絶対温度 T_2 は T_1 の (a) 倍、状態③の絶対温度 T_3 は T_1 の (b) 倍、状態④の絶対温度 T_4 は T_1 の (c) 倍となる。過程1 (①→②) で変化する内部エネルギーの変化 ($U_2 - U_1$) は RT_1 の (d) 倍、過程2 (②→③) で変化する内部エネルギーの変化 ($U_3 - U_2$) は RT_1 の (e) 倍であり、過程1と過程2 (①→②→③) の間に気体が外部から吸収した熱量の総和 Q_{in} は RT_1 の (f) 倍である。過程4 (④→①) で変化する内部エネルギーの変化 ($U_1 - U_4$) は RT_1 の (g) 倍であり、この1サイクルで気体が外部にした仕事 W_0 は RT_1 の (h) 倍となることから、このサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率 η は (i) である。

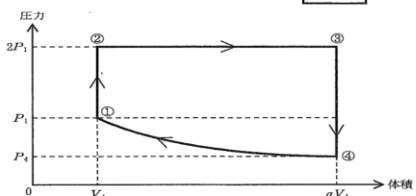


図1

河合塾

直前講習 広大物理テスト

第2講〔II〕

ア、オ、エ、ケ

〔II〕 単原子分子からなる理想気体(以下、気体とする)が、ピストンでシリンダー内に閉じ込められている。圧力 P_1 、体積 V_1 の状態1にあった気体を、図1のように圧力と体積を変化させ、再び状態1に戻す熱力学的サイクルを考える。状態1→2は、状態2の圧力が状態1の圧力の a 倍となる定積変化である。状態2→3は断熱変化である。状態3→1は等温変化であり、この等温変化の過程で気体が外部からされた仕事を W_0 とする。

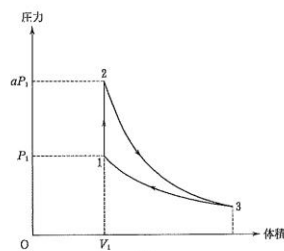


図1

下記の文章中の空欄の ア、オ、ク、ケ に入る数式を P_1 、 V_1 、 W_0 、 a のうち必要なものを用いて解答欄に記入し、コ に入る数式は指示された文字を用いて解答欄に記入せよ。

また、カ には ボイル、シャルル、ポアソン のうち最も適切な語句を、キ には 吸収、放出 のうち適切な語句を選び、解答欄に記入せよ。

状態2の絶対温度は、状態1の絶対温度の ア 倍である。状態1→2の変化の過程で、気体が外部へした仕事は イ であり、気体が吸収した熱量は ウ となる。

状態2→3の断熱変化の過程で、気体の内部エネルギーの変化量は エ となる。また、この断熱変化においては気体の絶対温度と体積の間には (絶対温度) × (体積)^{5/3} = 一定の関係があるので、状態3の体積は状態2の体積の オ 倍となる。

状態3→1の等温変化において、気体の圧力と体積の間は カ の法則に従う。この等温変化の間に気体は熱を キ し、その熱量は ク となる。

この1サイクルの間に、気体が外部に対してした正味の仕事は ケ と表される。また、このサイクルの熱効率を e ($0 < e < 1$) とすると、状態3→1で気体が外部からされた仕事 W_0 は、 e および P_1 、 V_1 、 a を用いて表すと、 $W_0 =$ コ となる。