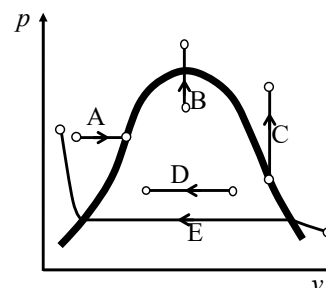


平成 29 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

- 1 右図は水蒸気の p - v 線図である。線図内の太い曲線は飽和液線—臨界点—乾き飽和蒸気線を表し、A～E の細い実線はいずれも実線の両端の間での矢印の向きの状態変化を表す。A～E がそれぞれどのような状態変化を表すか、以下の選択肢群の①～⑬の中からそれぞれ最も適切な説明を選べ。

【30点】

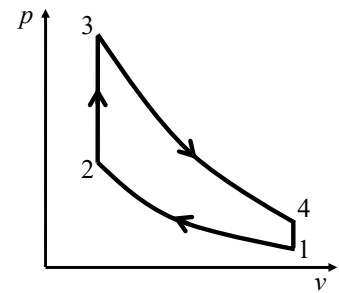


(選択肢群) :

- ① 過熱蒸気を等温で液化
- ② 液水を等温で過熱蒸気に
- ③ 液水を等圧で飽和液に
- ④ 液水を等温で飽和蒸気に
- ⑤ 過熱蒸気を飽和蒸気に
- ⑥ 飽和蒸気を過熱蒸気に
- ⑦ 超臨界水を湿り蒸気に
- ⑧ 湿り蒸気を超臨界水に
- ⑨ 飽和蒸気を超臨界水に
- ⑩ 飽和液を超臨界水に
- ⑪ 湿り蒸気のクオリティ (乾き度) を半分に
- ⑫ 飽和蒸気を等温で蒸気に
- ⑬ 湿り蒸気のクオリティ (乾き度) を 75% から 25% に

2 右図はガスサイクルの $p-v$ 線図であり、線図中の矢印の向きに状態変化が進む。

理想気体を考え、線図中の 1、2、3、4 の温度をそれぞれ T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、等圧比熱を C_p 、等積比熱を C_v 、比熱比を κ とする。以下の ア と イ には選択肢群から選んだ適切な語句や数式を、ウ ~ カ には適切な式を、また キ と ク には数値をそれぞれ解答せよ。ただし、必要に応じて次の近似値を用いて良い。



$9^{2/5} \cong 2.41$ 、 $9^{5/7} \cong 4.80$ 、 $9^{7/5} \cong 21.7$ 、 $9^{5/2} \cong 243$

【40点】

図が表す $p-v$ 線図として最も適切なのは ア サイクルである。

線図中の 1→2 と 3→4 の状態変化はいずれも断熱変化であり、それぞれに対応する状態量の間には、 $T_1/T_2 = T_4/T_3 =$ イ の関係がある。また、2→3 の状態変化の過程でサイクルに用いるガス 1kg に与えられる正の熱量 Q_{in} は、 T_2 、 T_3 などを用いて $Q_{in} =$ ウ と書ける。同様に、4→1 の状態変化ではサイクルに用いるガス 1kg あたり正の熱量 Q_{out} が奪われ、 T_4 、 T_1 などを用いて $Q_{out} =$ エ と書ける。

このサイクルの理論熱効率 η は Q_{in} 、 Q_{out} を用いて $\eta =$ オ と書ける。また以上の導出で得られた関係式を使うと、 η は v_1 、 v_2 、 κ を用いて $\eta =$ カ と書ける。

以下、比熱比を $\kappa = 1.4$ とする。圧縮比が 9 のとき、 $\eta =$ キ % (有効数字小数点以下 1 桁) となる。理論熱効率でのサイクルの作動を考え、1 サイクルあたりの Q_{out} が 150 J とすると、このサイクルが 1 サイクルあたり外部にする仕事は ク J となる。

(選択肢群) :

カルノー、オットー、ディーゼル、ブレイトン、サバテ、
 $(v_1/v_2)^{1/\kappa}$ 、 $(v_1/v_2)^{1/(\kappa-1)}$ 、 $(v_1/v_2)^{\kappa-1}$ 、 $(v_2/v_1)^{1/\kappa}$ 、 $(v_2/v_1)^{1/(\kappa-1)}$ 、 $(v_2/v_1)^{\kappa-1}$

3 1 mol の理想気体について論じた以下の文について、文中の（ア）～（キ）に当てはまる適切な式や数値を解答せよ。

【30点】

気体の内部エネルギーを U とすると、エネルギー等分配の法則より、気体分子の運動の自由度 D 、一般気体定数 R_0 、温度 T を用いて、 $U =$ （ア）と表すことができる。

気体の等積比熱と等圧比熱をそれぞれ C_v 、 C_p 、エンタルピーを H とすると、 $C_v \equiv dU/dT$ 、 $C_p \equiv dH/dT$ のため、 D と R_0 を用いてそれぞれ、 $C_v =$ （イ）、 $C_p =$ （ウ）となり、比熱比 κ は $\kappa =$ （エ）となる。

単原子分子気体の場合、気体分子の運動の自由度は3軸方向の並進の自由度のみであり、 $D=3$ となる。また、剛体とみなせる2原子分子気体の場合、3軸方向の並進に加えて回転の自由度も加わり、 $D =$ （オ）となる。これを用いて κ を計算すると、単原子分子気体では（カ）、2原子分子気体では（キ）となり、理想気体を前提にした解析ではありながら、標準状態におけるヘリウム、水素、酸素、一酸化窒素などの実在気体の比熱比の値と良い一致が見られる。