

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 7 頁
化 学 基 礎・化 学	8 頁 ~ 15 頁
生 物 基 礎・生 物	16 頁 ~ 23 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

化学基礎・化学

必要があれば、次の原子量を用いて計算せよ。

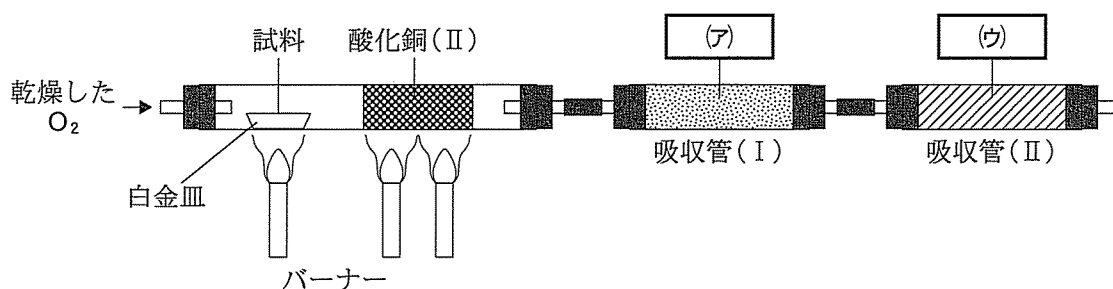
H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

I 次の有機化合物の元素分析と中和滴定に関する文章を読み、以下の問1～問8に答えよ。

化合物Aは、炭素、水素、および酸素のみからなり、分子内に不斉炭素原子とカルボキシ基を1つずつもつ1価の酸である。その構造を決定するため、次の【元素分析】と【中和滴定】の実験を行った。

【元素分析】

図Iの装置を用いて化合物A 45.0 mgを燃焼させたところ、吸収管(I)中の(ア)に吸収された(イ)は27.0 mg、吸収管(II)中の(ウ)に吸収された(エ)は66.0 mgであった。



図I 元素分析の装置

【中和滴定】

操作1：化合物A 2.50 gを水に溶かして、500 mLの化合物A水溶液を調製した。

操作2：中和滴定に用いる水酸化ナトリウム標準溶液の正確な濃度を求めるために、0.0500 mol/Lのシュウ酸標準溶液 10.00 mLを(オ)ではかりとり、(カ)に移した。ここに指示薬として(キ)溶液を2, 3滴加えた。次いで漏斗を用いて(ク)に水酸化ナトリウム標準溶液を充填したのち直ちに滴定したところ、中和するまでに水酸化ナトリウム標準溶液 10.42 mLを要した。

操作3：操作2でシュウ酸標準溶液のかわりに化合物A水溶液 10.00 mLを用いて同様に中和滴定したところ、中和するまでに水酸化ナトリウム標準溶液 5.78 mLを要した。

- 問 1 【元素分析】の空欄 ~ にあてはまる物質名を記せ。
- 問 2 図 I の元素分析の装置で酸化銅(II)を使う理由を記せ。
- 問 3 図 I の元素分析の装置で を よりも試料側に配置する理由を記せ。
- 問 4 【中和滴定】の空欄 ~ にあてはまる実験器具名または指示薬名を記せ。
- 問 5 操作 2 で、シュウ酸標準溶液を用いて水酸化ナトリウム標準溶液の濃度を求める必要がなぜあるのか、その理由を記せ。
- 問 6 化合物 A の組成式を求めよ。また、計算過程も記すこと。
- 問 7 化合物 A の分子式を求めよ。また、計算過程も記すこと。
- 問 8 化合物 A の構造式を記せ。また、不斉炭素原子の右肩に*印を付けよ。

II

次の気体の状態方程式に関する文章を読み、以下の問1～問8に答えよ。

理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ は、複数の経験法則を組み合わせられて作られた。ここで、 P は圧力 (Pa)、 V は体積 (L)、 n は物質量 (mol)、 R は気体定数 ($8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{K}\cdot\text{mol}$)、 T は絶対温度 (K) である。上述の経験法則には、**(ア)** の法則と **(イ)** の法則、およびアボガドロの法則が含まれる。**(ア)** の法則では、図 II-1 の破線で示すように物質量 n と温度 T が一定のとき、圧力 P は、体積 V に反比例する。**(イ)** の法則では、図 II-2 の破線で示すように物質量 n と圧力 P が一定ならば、体積 V は、絶対温度 T に比例する。**(ア)**・**(イ)** の法則では、図 II-3 の破線で示すように、物質量 n と体積 V が一定ならば、圧力 P は、絶対温度 T に比例する。しかし、実在気体では図 II-2 の実線で示すように、A 点から温度を下げると、温度が飽和蒸気圧となる B 点に到達して凝縮がはじまる。さらに、温度を下げると気体はすべて液体となる C 点に到達するが、理想気体のように C' 点には進まない。続けて、温度をさらに下げると液体の体積はより小さくなる。

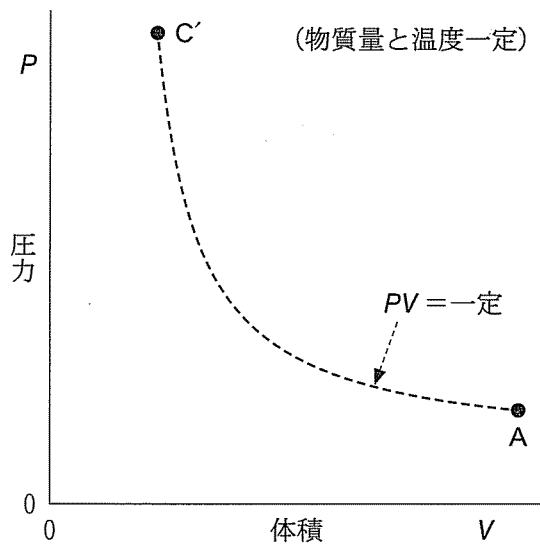


図 II-1 体積 V と圧力 P の関係

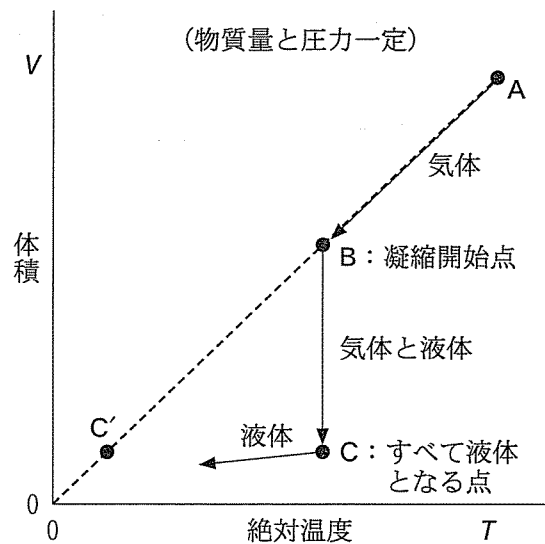


図 II-2 絶対温度 T と体積 V の関係

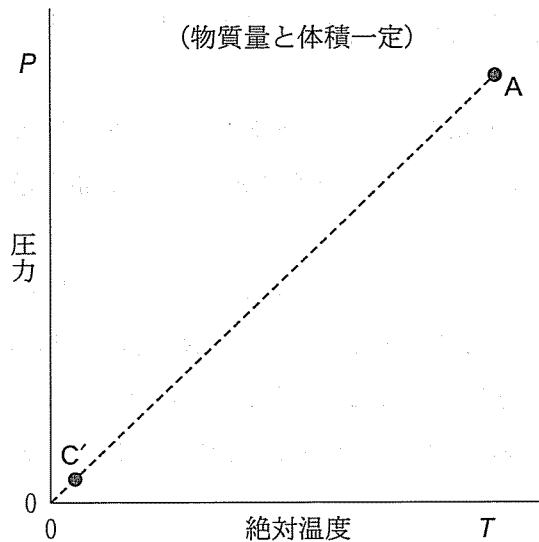


図 II-3 絶対温度 T と圧力 P の関係

図 II-4 は、理想気体 (ideal gas) と実在気体 (real gas) の、温度一定における PV/nRT と圧力の関係を示している。ここでは、理想気体の $P_i V_i / nRT$ を Z_i とし、実在気体の $P_r V_r / nRT$ を Z_r とする。 Z_i は圧力によらず 1 であるが、 Z_r は圧力により異なる。実在気体の圧力 P_r は、分子間力によって分子同士が引き合うため、理想気体の圧力 P_i に比べて小さくなる。その効果は、気体分子の密度 n/V_r の 2 乗に比例する。そこで、その比例定数を a とすると、理想気体の圧力 P_i は、 $P_i = P_r + an^2/V_r^2$ と補正できる。また、理想気体の体積 V_i は、気体分子が自由に動ける体積のことであるから、実在気体の体積 V_r と比べると気体分子の占める体積の分だけ減少する。この減少する体積を排除体積とよび、1 mol 当たりの排除体積を b とすると、理想気体の体積 V_i は、 $V_i = V_r - nb$ と補正できる。 a と b は、気体分子固有のファンデルワールス定数である。これらの補正を理想気体の状態方程式に導入したものが次式のファンデルワールスの状態方程式である。

$$(P_r + an^2/V_r^2)(V_r - nb) = nRT$$

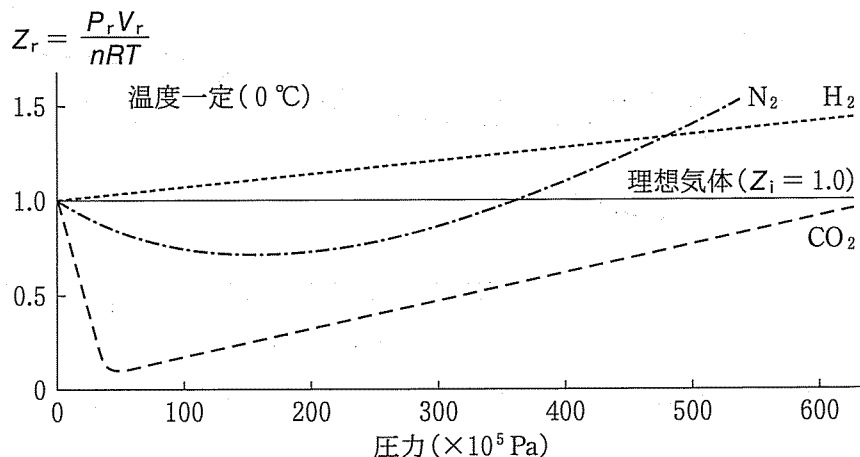


図 II-4 水素、窒素、二酸化炭素の圧力変化にともなう Z_r の変化

問 1 本文中の空欄 (ア) と (イ) にあてはまる語句を、それぞれ答えよ。

問 2 理想気体として、水素 1.0 mol が 300 K で、10 L または 0.10 L の容器に封入されたときの圧力 P_i を、有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。また、計算過程も記すこと。

問 3 実在気体として、水素 1.0 mol が 300 K で、10 L または 0.10 L の容器に封入されたときの圧力 P_r と Z_r を、ファンデルワールスの状態方程式を用いて有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。また、計算過程も記すこと。ただし、水素の a は $2.5 \times 10^4 (\text{Pa} \cdot \text{L}^2/\text{mol}^2)$ 、および b は $0.027 (\text{L}/\text{mol})$ の値をそれぞれ用いて計算せよ。さらに、 Z_r が容器の体積により異なる理由を 100 字程度で記せ。

問 4 実在気体として、二酸化炭素 1.0 mol が 300 K で、0.10 L の容器に封入されたときの圧力 P_r と Z_r をファンデルワールスの状態方程式を用いて有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。また、計算過程も記すこと。ただし、二酸化炭素の a は $3.6 \times 10^5 (\text{Pa} \cdot \text{L}^2/\text{mol}^2)$ 、および b は $0.043 (\text{L}/\text{mol})$ を用いて計算せよ。

問 5 問 4 で求めた二酸化炭素の Z_r の値は、問 3 で求めた同条件の水素の Z_r の値に比べて、 Z_i の値 1.0 とのずれが大きくなった。その理由を 100 字程度で記せ。

問 6 図 II-5 の曲線 (i)~(iii) はメタンの異なる 3 つの温度での圧力変化にともなう Z_r の変化を示している。温度が 200 K, 300 K, 400 K にあてはまる Z_r の曲線を、それぞれ記号 (i)~(iii) で答えよ。

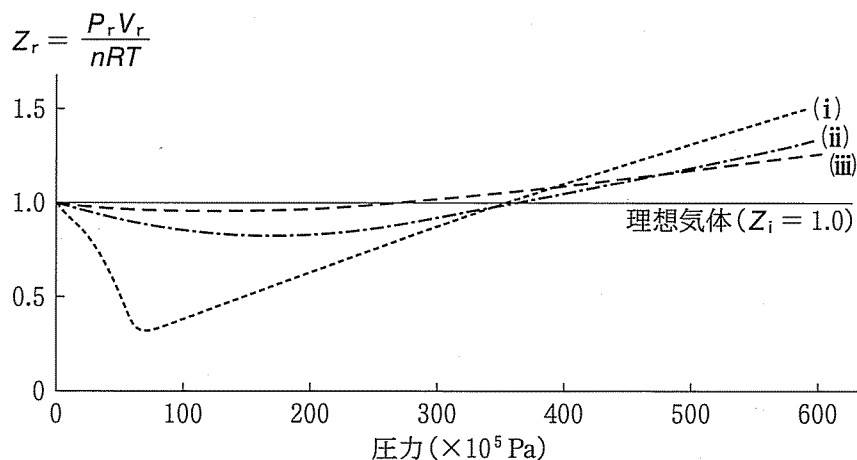


図 II-5 200 K, 300 K, 400 K におけるメタンの圧力変化にともなう Z_r の変化

問 7 下線部(め)について、実在気体では A 点から体積を小さくすると、圧力が飽和蒸気圧となる B 点に到達すると凝縮がはじまる。さらに、体積を小さくすると気体はすべて液体となる C 点に到達し圧力は急激に上昇するが、理想気体のように C' 点には進まない。この実在気体の状態変化のようすを、解答欄の図 II-1 に実線で記せ。また、図には、気体と液体の区別および B 点と C 点分かるように図 II-2 にならって記せ。

問 8 下線部(い)について、実在気体では A 点から温度を低下させると、圧力は絶対温度に比例して減少し、圧力が飽和蒸気圧に到達した B 点から凝縮がはじまる。さらに温度を低下させても、飽和蒸気圧曲線に従って蒸気圧が低下し液体が増加するため、C 点に向かって推移するが、理想気体のように C' 点には進まない。この実在気体の状態変化のようすを、解答欄の図 II-3 に実線で記せ。また、図には、気体と液体の区別および B 点と C 点ならびに飽和蒸気圧曲線が分かるように図 II-2 にならって記せ。

Ⅲ 次の窒素および窒素の化合物に関する文章を読み、以下の問1～問10に答えよ。

窒素(N_2)は、空気の約78%(体積)を占める無色・無臭の気体である。一般に反応性に乏しく安定であるが、空気中での火花放電や高温高压条件下で一部が酸素と反応し、いくつかの窒素酸化物をつくる。これらは総称してノックス(NO_x)と呼ばれ、ディーゼルエンジンなどの排気ガス中にも含まれる物質で、光化学スモッグや酸性雨などの環境を汚染する原因となっている。そこで、これらの窒素酸化物の性質を調べるため、次の操作1～操作8の実験を行った。

操作1：銅片に希硝酸を注ぎ、生じた窒素酸化物Aの気体を、置換で捕集した。

操作2：銅片に濃硝酸を注ぎ、生じた窒素酸化物Bの気体を、置換で捕集した。

操作3：窒素酸化物Aの気体を空気と接触させると色の気体が生じた。

操作4：窒素酸化物Bの気体を室温で水と反応させると、窒素酸化物Aと窒素化合物Xが生じた。

操作5：一方、窒素酸化物Bの気体を氷冷しながら水と反応させると、窒素化合物Xと窒素化合物Yが生じた。

操作6：操作5で生じた窒素化合物Yのナトリウム塩の水溶液に、氷冷しながらアニリンなど芳香族アミンの塩酸溶液を加えると、化の反応により塩が生じた。

操作7：操作6で生じた塩にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えるとの反応により化合物が生じて発色した。

操作8：尿素の水溶液を、ディーゼルエンジンから出る高温の排気ガス中に噴霧すると、尿素と水が反応して完全にアンモニアとに熱分解した。このとき、生じたアンモニア^(a)と排気ガス中の窒素酸化物Bが完全に反応して窒素と水に分解された。

問1 上の文章中の空欄～にあてはまる語句を答えよ。

問2 窒素酸化物Aと窒素酸化物Bの物質名を答えよ。

問3 操作2の銅と同様に濃硝酸を加えたとき窒素酸化物Bの気体が生じるものを、下の5種類の金属の中から2つ選び、それぞれ元素記号で答えよ。

5種類の金属：水銀，鉄，アルミニウム，ニッケル，銀

問4 問3の5種類の金属の中には、強力な酸化力をもつ濃硝酸にも溶けないものがある。その理由を記せ。

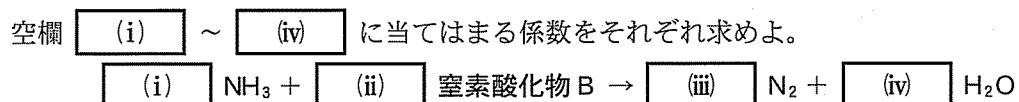
問5 操作3で起きた反応の化学反応式を記せ。

問 6 窒素化合物 X と窒素化合物 Y の物質名を答えよ。また、これらの物質の窒素 N の酸化数もそれぞれ答えよ。

問 7 操作 4 で起きた反応の化学反応式を記せ。

問 8 操作 8 で用いた尿素の示性式を記せ。

問 9 操作 8 の下線部 (a) の化学反応は下記のように進行するものとする。この化学反応式中の空欄 (i) ~ (iv) に当てはまる係数をそれぞれ求めよ。



問10 操作 8 の原理で作動する排気ガス処理機能を備えたディーゼル車において、定速で 1.0 km 走行する毎に質量パーセント濃度で 30 % の尿素の水溶液 1.0 g から生じるアンモニアと排気ガス中の窒素酸化物 B とが過不足なく完全に反応した。このとき、1.0 km 走行する毎に排気ガス中に発生していた窒素酸化物 B の物質量 (mol) を有効数字 2 桁で求めよ。また、計算過程も記すこと。