

2019年度一般入学試験問題

理 科

(物理, 化学, 生物より2科目選択)

【注意事項】

1. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、問題冊子と答案用紙(物理, 化学, 生物の答案用紙すべて)の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. 選択する2科目の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。
4. 問題冊子には、物理計5問、化学計3問、生物計6問の問題が、それぞれ物1~物6ページ、化1~化6ページ、生1~生13ページに記載されています。落丁、乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には、必ず鉛筆(黒「HB」「B」程度)またはシャープペンシル(黒「HB」「B」程度)を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし、解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 問題冊子および答案用紙はどのページも切り離してはいけません。
9. 問題冊子および答案用紙を持ち帰ってはいけません。

受験番号	
------	--

化 学

[問1] 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$, $Fe=56$ とする。

鉄は硬くて高い融点をもつ金属であり、古くより機械や道具などの材料として使われてきた。鉄の製錬には [A] を主成分とする赤鉄鉱が原料として使われる。赤鉄鉱を含む鉄鉱石、コークス、石灰石を溶鉱炉に入れ、熱風を吹き込みながら高温に加熱すると、コークスやコークスより生じた一酸化炭素によって [A] が還元され、[B] と FeO を経て鉄(Fe)が得られる。この鉄は [ア] と呼ばれ、約4%の炭素や不純物を含み、硬くてもろい。

[ア] を別の炉で融解させ酸素を吹き込むと、炭素の含有量は約0.02～2%まで減少する。このようにして得られた鉄は [イ] と呼ばれる。

[A] を両性の金属元素 [C] の単体と混合して点火すると、(a)発熱しながら激しく反応し、融解した鉄が得られる。この方法は小規模な鉄の製錬に用いられ、レールの溶接などに利用される。また、このとき鉄と共に得られる物質は、ルビーやサファイアの主成分としても知られている。

鉄はさびやすいので、鉄の表面に他の金属でめっきを施したり、鉄を他の金属と混ぜて合金にすることがある。例えば、鉄を両性の金属元素 [D] でめっきしたものをタンといい、その (b)表面に傷がついても、内部の鉄がさびにくいという性質がある。鉄にクロムとニッケルを混ぜた合金は [ウ] と呼ばれ、さびにくく加工もしやすいために、身の回りの様々なところで使われている。

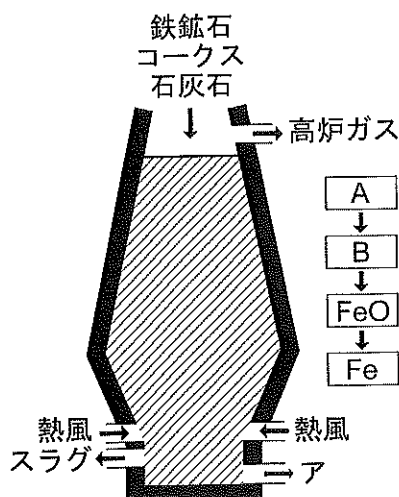


図 鉄の製錬

設問

- (1) $\boxed{\text{A}}$, $\boxed{\text{B}}$ に当てはまる化学式を書け。
- (2) 鉄の製錬で, ① $\boxed{\text{A}} \rightarrow \boxed{\text{B}}$, ② $\boxed{\text{B}} \rightarrow \text{FeO}$, ③ $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ の各反応が, いずれも一酸化炭素による還元で進行するものとして, ①~③をそれぞれ化学反応式で書け。
- (3) $\boxed{\text{A}}$ と $\boxed{\text{B}}$ の混合物 944 g を一酸化炭素で完全に還元したところ, 672 g の純粋な鉄 (Fe) が得られた。混合物中の $\boxed{\text{A}}$ と $\boxed{\text{B}}$ の質量はそれぞれ何 g か。答えは有効数字 2 桁で書き, 計算の過程も記すこと。
- (4) $\boxed{\text{イ}}$ の性質として当てはまるものを, 次の a~d から 1 つ選び, 記号で書け。
a. 硬くてもろい b. 硬くて強い
c. 柔らかくてもろい d. 柔らかくて強い
- (5) $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ウ}}$ に当てはまる語句を書け。
- (6) 下線部 (a) の反応を, 化学反応式で書け。
- (7) 文中の $\boxed{\text{C}}$ と $\boxed{\text{D}}$ について, 次の (i), (ii) に答えよ。
(i) $\boxed{\text{C}}$ と $\boxed{\text{D}}$ の単体にそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えると, いずれの場合も気体が発生した。このとき起こった反応を, それぞれ化学反応式で書け。
(ii) 6.0 mol の $\boxed{\text{C}}$ の単体に過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると, 気体が発生して単体は全て溶解した。同じ温度, 圧力で, このときに発生した気体と同じ体積の気体が発生させるためには, 10.0 mol の $\boxed{\text{D}}$ の単体に, 6.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を何 L 加えればよいか。答えは有効数字 2 桁で書け。
- (8) 下線部 (b) の理由を, 簡潔に説明せよ。

[問2] 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。ただし、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)とする。

理想気体では、圧力 P 、体積 V 、温度 T 、物質質量 n の間に状態方程式 $PV = nRT$ が成り立つ。図1の曲面 S は、1 mol の理想気体の P 、 V 、 T の関係を立体的に表したものである。A、B、Cは、それぞれ、圧力、体積、温度のいずれかを表しており、曲面 S 上の直線 D は、シャルルの法則を表している。

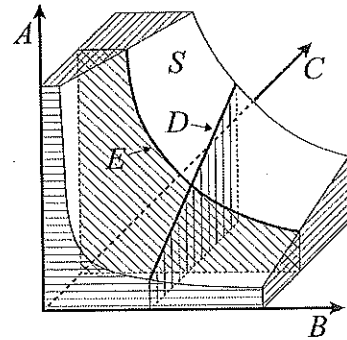


図1. 理想気体の圧力、体積、温度の関係

一方、実在気体では理想気体の状態方程式は成り立たない。実在気体では、分子間に引力が働くために、理想気体よりも圧力が **ア** なり、分子が体積を持つために、理想気体より気体全体の体積が **イ** なる。これらを補正すると、実在気体の振る舞いはファンデルワールスの状態方程式①で表すことができる。ただし、 a 、 b はそれぞれ「分子間力」と「分子の体積」の効果を補正するための定数である。

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad \dots \text{①}$$

状態方程式から導かれる式②の Z の値は、理想気体では常に1となる。

$$Z = \frac{PV}{nRT} \quad \dots \text{②}$$

式①に従う実在気体の Z は、 a 、 b 、 n 、 R 、 T 、 V を用いると式③で表され、 Z の値は1からずれる。

$$Z = \frac{V}{\text{ウ}} - \frac{na}{\text{エ}} \quad \dots \text{③}$$

図2は、ある温度における理想気体と実在気体 L、M、N の Z の値と圧力 P の関係を表している。圧力が大きくなると分子どうしが接近し、分子間力が大きくなる。そのため、分子間力の影響が大きな実在気体では、分子が互いに引き合うので Z の値が1より小さくなる。さらに加圧すると、分子自身の体積の影響によって実在気体の Z の値は1より大きな値となる。

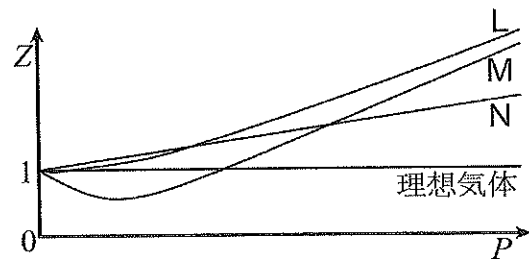


図2. Z の値と圧力 P の関係

設 問

(1) ア ~ エ に当てはまる語句や文字式を書け。

(2) 図 1 の曲面 S 上の曲線 E で表される法則の名称を書け。

(3) 図 1 の曲面 S 上における A, B, C の関係について、正しい記述を次の a ~ e からすべて選び、記号で答えよ。

- a. A と B が同時に大きくなるときには、常に C も大きくなる。
- b. B と C が同時に大きくなるときには、常に A も大きくなる。
- c. A が一定であれば、 B と C の比は常に一定である。
- d. B が一定であれば、 A と C の積は常に一定である。
- e. A と B の積は常に一定である。

(4) 1.0 mol のジエチルエーテルを容積 10 L に固定した密封容器に入れ、100 °C から 0 °C までゆっくりと温度を変化させた。気体のジエチルエーテルが理想気体として振る舞うとすると、気体の状態 (A, B, C) を表す点は、はじめは図 1 の曲面 S の上を移動する。しかし、温度が低くなると容器内に液体が生じ、その点は曲面 S から大きく外れる。100 °C から 0 °C まで温度を変化させたときの、容器内のジエチルエーテルの B と C の変化をグラフに表せ。ただし、 B を横軸、 C を縦軸にとり、それぞれの軸には適当な目盛りと単位を記入すること。なお、ジエチルエーテルの蒸気圧は表 1 の値を用いよ。

表 1. ジエチルエーテルの蒸気圧

温度 [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
蒸気圧 [$\times 10^5$ Pa]	0.25	0.39	0.59	0.86	1.2	1.7	2.3	3.1	4.0	5.2	6.6

(5) 図 2 の実在気体 L, M, N は、水素、窒素、メタンのいずれかである。表 2 の a, b の値を参考にして、L, M, N をそれぞれ分子式で書け。

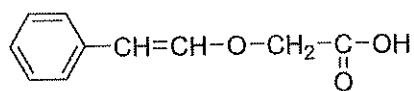
表 2. 式①の a と b の値

気体	a [Pa · L ² / mol ²]	b [L / mol]
水素	25,000	0.027
窒素	140,000	0.039
メタン	230,000	0.043

[問3] 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。

(例)

ただし、原子量はH=1.0, C=12, O=16とし、
構造式は例にならって書け。なお、(2), (3)に関



炭素, 水素, 酸素のみからなり, ベンゼン環を1つ含む化合物Aがある。Aを用いて下記の実験を行った。

実験1 1.00 molのAが完全燃焼すると, 10.0 molの二酸化炭素と5.00 molの水が生成した。

実験2 8.90 mgのAを加水分解すると, 6.46 mgのカルボン酸Bが得られた。これは, 理論上Aから得られるBの85.0%に相当する量であった。

実験3 98.8 mgのBを中和するのに, 0.100 mol/Lの炭酸水素ナトリウム水溶液が6.50 mL必要であった。

実験4 1.00 gのBに十分な量の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱すると, 化合物Cが生成した。Cの重さを測定しようとしたところ, 過ってCの一部をこぼしてしまった。残ったCの量を測定すると0.86 gであった。

実験5 Bを加熱すると, Bより分子量の小さな化合物Dが得られた。Dに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると溶解し, 塩酸を加えることで再びBが得られた。

実験6 Cを融点より高い温度で加熱すると酸無水物Eが得られた。Eは, ナフタレンを酸化バナジウム(V)を触媒として高温で空気酸化しても得られた。

設 問

- (1) C と E の名称と構造式を書け。
- (2) 実験 3 の結果から、B の価数を n (自然数) として B の分子量を n を用いて表せ。
- (3) 実験 4 の結果で得られた C の残量から、B の分子量を決定せよ。
- (4) 化合物 A, B, D の構造式を書け。
- (5) B の異性体の 1 つである化合物 F には不斉炭素原子が 1 つある。F に塩化鉄 (III) 水溶液を加えると青紫～赤紫色を呈した。また、F のベンゼン環の水素原子を 1 つだけニトロ基で置換すると、2 種類の生成物が得られた。化合物 F として考えられるもののうち、いずれか 1 つの構造式を書け。