

平成 25 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(月)(情—自然) 13:45—15:00

(理・医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、55 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 15 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。

理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。

医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。

工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。

6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

II

化 学

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの5題ある。5題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄の中に書き入れよ。文字や記号はまぎらわしくないようにはっきり記せ。
- (3) アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、ファラデー定数は $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。原子量が必要なときは次の値を用いよ。
- H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Al = 27, S = 32

化学 問題 I

問 1 以下の文章(a)~(e)の中から、下線の記述が誤っているものを二つ記号で選び、それぞれそのように考える理由を、句読点を含め 50 字以内で記せ。なお、理由を記す際に、数値は用いないこと。また、文中の物質は断りが無い限りすべて気体であり、気体は理想気体としてふるまうものとする。解答する順序は問わない。

- (a) 同じ温度、同じ圧力の水素 H_2 と酸素 O_2 を混合して反応させたところ、反応後に O_2 と水 H_2O のみが確認され、その物質量の比が $\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2$ であった。この場合、混合前の H_2 と O_2 の体積は等しい。
- (b) 空気(酸素 O_2 と窒素 N_2 の分圧比は $1 : 4$)が 20°C の液体の水に接している。このとき、水中に溶けている O_2 と N_2 の物質量の比は分圧比と異なる。
- (c) 湿った空気(水蒸気を含む空気)の単位体積あたりの質量は、同じ温度、同じ圧力の乾燥空気に比べて大きい。
- (d) 表 1 から判断すると、窒素 N_2 と酸素 O_2 が反応して一酸化窒素 NO が生成する反応は吸熱反応である。
- (e) 表 2 から判断すると、酸素 O_2 が液体の水に溶解するとき、熱が吸収される。

表1 原子間の結合エネルギー

物質(気体)	結合エネルギー(kJ/mol)
O ₂	498
N ₂	946
NO	632

表2 水1Lに対する酸素の溶解度(酸素の分圧 1.01×10^5 Pa)

温度(°C)	溶解度($\times 10^{-3}$ mol)
0	2.18
20	1.38
40	1.03

問 2 実在気体に関する次の文章を読んで、設問(1)~(4)に答えよ。

物質量が 1.0 mol の気体①および気体②を用い、温度を 400 K で一定にして、圧力が 6.0×10^6 Pa 以下の範囲において圧力を変えて体積を測定した。体積 V 、圧力 P 、温度 T 、気体定数 R から

$$Z = \frac{PV}{RT}$$

の値を算出し、圧力に対して Z の値をプロットすると図 1 の結果となった。ここで、気体①、②はメタン、エタンのいずれかである。両気体とも Z の値は 1.0 より小さく、圧力が同じとき、気体①の Z の値は気体②よりも小さくなった。この理由は、気体①である ア は気体②に比べて分子量が イ ので分子間の引力が ウ からである。

また、気体①を用いて温度を 450 K に上げて、圧力を 5.0×10^6 Pa にして体積を測定し、 Z の値を求めた。このときの Z の値は、温度 400 K、圧力 5.0×10^6 Pa のときと比べて エ。さらに、気体②を用い、温度を 400 K で一定にして、圧力を 6.0×10^6 Pa より高くして体積を測定した。圧力が増加するにつれて Z の値は上昇に転じて 1.0 を超えた。

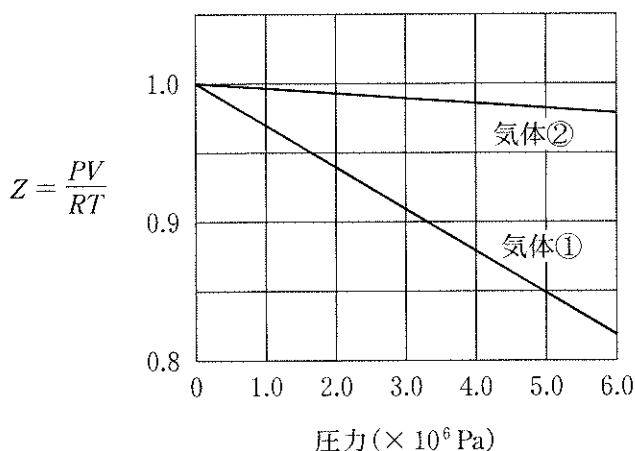


図 1 温度 400 K における Z の値に及ぼす圧力の影響

化学 問題Ⅱ

以下の設問(1)～(5)に答えよ。

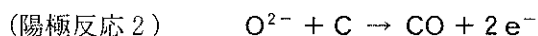
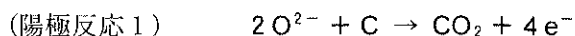
設問(1)：カリウムの原子量は 39.10 である。カリウムには質量数 39(相対質量 38.96)の同位体のほかに、質量数 41(相対質量 40.96)の同位体が天然に存在する。質量数 39 の同位体の存在比は何％か。有効数字 3 桁で記し、導出過程も示せ。

設問(2)：銅は酸化されるとき条件の違いによって、さまざまな種類の緑青(サビ)を生じることが知られている。湿った空气中に銅を放置したとき、炭酸銅(Ⅱ)と水酸化銅(Ⅱ)が物質質量比 1 : 1 で含まれる緑青が得られた。この緑青を生じる反応をひとつの化学反応式で記せ。

設問(3)：鉄は、溶鉱炉を用いて製造される。溶鉱炉の中で酸化鉄(Ⅲ)は、高温の一酸化炭素と反応して、まず ア に、さらに イ に変化して、最終的に鉄になる。物質 ア のなかには、酸化数が +2 と +3 の鉄原子が ウ : エ の比で存在する。

文中の空欄 ア , イ には、最も適切な物質を化学式で記し、空欄 ウ , エ には、最も適切な数字を最小の正の整数を用いて記せ。

設問(4)：アルミニウムは、酸化アルミニウムの融解塩電解で製造される。このとき、陽極に用いる炭素電極は、次の二つの反応によって消費される。



電解槽に 10 アンペアの一定電流を流し続けて電気分解したとき、陰極では単体のアルミニウム 216 g が得られ、陽極では気体 300 g が発生した。発生した気体が CO_2 と CO のみであったとすると、それぞれの気体の物質量は何 mol か。導出過程も記せ。また、このとき消費された炭素電極の質量は何 g で、電流を流した時間は何秒であったか。ただし、電流はすべてアルミニウムの生成に使用されたものとし、解答はすべて有効数字 2 桁で記せ。

設問(5)：アルミニウム金属片 **A** を、ガスバーナーで軽く加熱した後、その表面にナイフで十字の切れ込みを入れ、塩化水銀(Ⅱ)の飽和水溶液に浸した。しばらくすると、**A** の表面から薄片がはく離した。**A** を水溶液から取り出し、表面を水でよく洗った後に水分を拭き取ったところ、**A** の表面は銀白色の液体状の オ で薄く覆われていた。オ は、下線の操作による反応で生じた金属に、アルミニウムが溶け込んだ合金である。下線の操作で起こった反応の化学反応式を記すとともに、文中の空欄 オ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

化学 問題Ⅲ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。

気体のヨウ素 I_2 と水素 H_2 を一定温度、一定体積の容器に封入したところ、次のような反応が進みヨウ化水素 HI が生成した。なお、この反応は可逆反応である。



右向きの反応の進行による単位時間あたりの I_2 濃度の変化、すなわち I_2 の消費速度 v_1 は、反応速度定数を k_1 、 I_2 と H_2 の濃度をそれぞれ $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{H}_2]$ とすると、以下の式で表せる。

$$v_1 = - \frac{\Delta[\text{I}_2]}{\Delta t} = k_1[\text{I}_2][\text{H}_2] \quad (\text{式 1})$$

(Δt は十分小さい反応時間間隔、 $\Delta[\text{I}_2]$ は $[\text{I}_2]$ の変化量を表す。 $[\text{I}_2]$ が減少する場合、 v_1 は正の値をとる。)

HI の濃度が増加すると、左向きの反応が無視できなくなる。左向きの反応による単位時間あたりの HI 濃度の変化、すなわち HI の分解速度 v_2 は、反応速度定数を k_2 、 HI 濃度を $[\text{HI}]$ とすると、以下の式で表せる。

$$v_2 = - \frac{\Delta[\text{HI}]}{\Delta t} = k_2[\text{HI}]^2 \quad (\text{式 2})$$

($\Delta[\text{HI}]$ は $[\text{HI}]$ の変化量を表す。 $[\text{HI}]$ が減少する場合、 v_2 は正の値をとる。)

しばらくすると反応は化学平衡に達した。

化学平衡の状態では、一つの成分に注目すると、その生成速度と分解速度は等しい。したがって、 I_2 の消費速度 v_1 と HI の分解速度 v_2 の間に、

$$v_1 = \boxed{\text{ア}} \quad (\text{式 3})$$

の関係式が成り立つ。式 1 ～ 3 より反応速度定数と成分濃度の関係式

$$\frac{k_2}{k_1} = \boxed{\text{イ}} \quad (\text{式 4})$$

が得られる。ところで、反応 a の平衡定数 K は成分濃度を用いて以下の式のように表せる。

$$K = \boxed{\text{ウ}} \quad (\text{式 5})$$

式 4 と式 5 より、平衡定数と二つの反応速度定数の間には、

$$K = \boxed{\text{エ}} \quad (\text{式 6})$$

の関係式が成立することがわかる。

設問(1)：文中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{エ}}$ に入る最も適切な式を記せ。

設問(2)：ある温度における反応 a の平衡定数 K は 64 である。それぞれ $1.50 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の I_2 と H_2 を容器に封入して反応を開始したとする。反応が化学平衡の状態に達したときの I_2 濃度はいくらか。また、そのときの I_2 の消費速度 v_1 は、反応開始直後の速度の何％になるか。有効数字 2 桁で求めよ。

設問(3)：反応 a にある触媒を加えたところ、式 1 と式 2 のかたちに変化はなかったが、 k_1 の値が触媒なしの場合に比べて 4 倍になった。このとき、 k_2 は何倍になるか記せ。また、その理由を句読点を含め 25 字以内で説明せよ。

問 2 次の文章を読んで、設問(1)と(2)に答えよ。

硫酸ナトリウムの溶解度曲線は、特異な温度変化を示す(図1)。0℃から温度を上げると溶解度は上昇するが、32℃を境にして減少に転じる。32℃以下の温度の飽和水溶液からは十水和物($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)が、それ以上の温度では無水物(Na_2SO_4)が析出する。

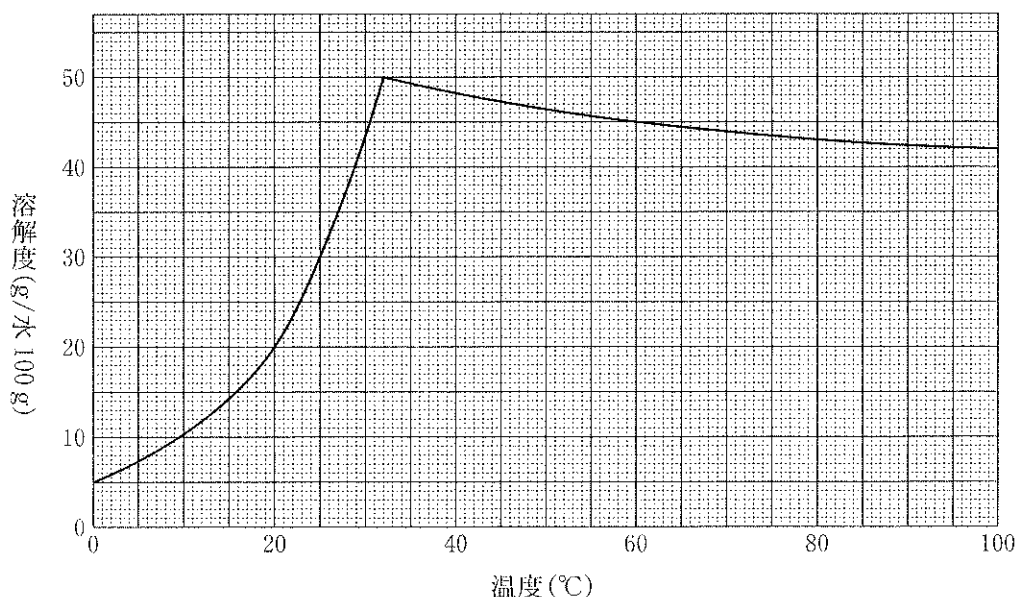


図1

設問(1)：ある質量の硫酸ナトリウム無水物を80℃の水100gに加えたところ、完全には溶けなかった。しかし、温度を下げると固体はいったんすべて溶け、その後さらに温度を下げると結晶が析出した。無水物の質量を x gとすると、このような現象が起こり得る範囲は、不等式 $a < x \leq b$ が満たされる場合である。 a と b の値を、有効数字2桁で答えよ。

設問(2)：ある高い温度で 40 g の硫酸ナトリウム無水物を水 100 g に加えたところ、完全に溶解した。その後、温度を 20 ℃ に下げて静置したところ、結晶が析出した。この結晶の質量は何 g か。導出過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

化学 問題Ⅳ

次の文章を読んで、設問(1)～(7)に答えよ。

発明家アルフレッド・ノーベルは (a) をケイソウ土に混ぜて爆薬を開発した。(a) は心臓病の薬としても知られ、硫酸の存在下、グリセリンと硝酸との反応によって合成される。グリセリンは、油脂を水酸化カリウム KOH でけん化すると得られ、けん化後の反応溶液を処理すると高級カルボン酸が生成する。一方、低級カルボン酸である酢酸を得るためには、酸触媒の存在下、酢酸エステルを加水分解するか、もしくはすべての炭素と水素が直線上に並んだ構造をもつ (b) に水を付加し、その結果得られるアルデヒドを酸化すればよい。

カルボン酸の反応性について考える。酢酸およびギ酸をそれぞれ炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 水溶液に加えると、いずれの場合も無臭の気体が発生する。0.1 mol の酢酸を 0.2 mol の水酸化ナトリウム NaOH とともにガスバーナーで加熱すると、気体である (c) が発生する。酢酸と単体ナトリウム Na を 0.1 mol ずつ混ぜ、25 °C で反応させると、0.05 mol の (d) と 0.1 mol の (e) が生成する。硬水と (e) との反応では、元素周期表 20 番目の元素との塩である (f) が生成する。空気を断って (f) を熱分解(乾留)すると、ある有機化合物と無機化合物が等物質量で得られる。一方、ギ酸は酢酸とは異なり、(g) 性を示す。触媒の存在下、不斉炭素原子をもたないケトンをギ酸や水素で (g) したところ、不斉炭素原子をもつアルコール A が得られた。このようなアルコールの光学異性体の一方のみをつくる技術は、医薬品など有用物質の生産に大きく貢献し世界を変えた。この功績によって名古屋大学の野依良治博士は 2001 年ノーベル化学賞に輝いた。

設問(1)：文中の空欄 (a) ～ (e) にあてはまる最も適切な化合物の化学式を記せ。

設問(2)：下線①に示す処理として、最も適切な方法を 10 字以内で答えよ。句読点を用いないこと。

設問(3)：下線②について，ある酢酸エステルを穏やかに加水分解したところ，アセトアルデヒドも得られた。この酢酸エステルの構造式を記せ。

設問(4)：分子式 $C_6H_{10}O_2$ で表される酢酸エステルの構造異性体のうち三つは，炭素原子間に不飽和結合がなく，不斉炭素原子をもたない。それら酢酸エステルの構造式を記せ。

設問(5)：下線③について，水溶液中における酢酸，ギ酸，および炭酸水素イオンを，酸性の強い順に左から並べよ。

設問(6)：下線④に示す反応について，文中の空欄 (f) にあてはまる最も適切な化合物を示性式で答え，化学反応式を示性式で記せ。

設問(7)：文中の空欄 (g) にあてはまる最も適切な語句を答えよ。また，下線⑤の実験で得られたアルコール A は分子式 $C_5H_{12}O$ で表され，その骨格を構成する炭素は直鎖状構造をもつ。アルコール A の構造式を答え，不斉炭素原子に*印を付けよ。

化学 問題V

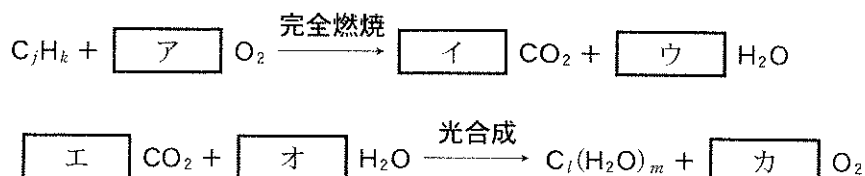
次の文章を読んで、設問(1)～(7)に答えよ。ただし、高分子の重合度 n は十分に大きく、分子式は $(X)_n$ (X は繰り返し構成単位) で表されるものとする。

現代社会は、主成分が (a) である石油から製造されるさまざまな有機化合物やそれら枯渇性資源の燃焼で得られるエネルギーによって支えられ、同時に温室効果ガスである二酸化炭素を排出し続けている。一方、植物は光合成により、二酸化炭素をデンプンやセルロースなどの (b) として固定化する。近年、二酸化炭素の排出量削減に向けて、再生可能な植物由来物質を枯渇性資源の代替とする試みがなされている。デンプンやセルロースを加水分解して得られるグルコース $C_6H_{12}O_6$ は、酵素や微生物などにより、工業的にも利用されはじめている以下の化合物 A～E へ変換される。

化合物 A は 1 価アルコールであり、燃料として直接用いられるだけでなく、脱水反応によって熱可塑性高分子の原料であるエチレンが得られる。化合物 B はヨーグルトや動物の筋肉にも含まれ、不斉炭素原子をもつ炭素数 3 のヒドロキシ酸である。B のみを縮合重合すると生分解性のポリエステルが得られる。分子式 $C_3H_8O_2$ で示される化合物 C は、二つの酸素原子が異なる炭素原子と結合した 2 価アルコールであり、ヨードホルム反応を呈さない。C とテレフタル酸から得られるポリエステル^②は、伸縮性に優れた繊維となる。化合物 D はジカルボン酸であり、二つのカルボキシル基の一方がメタノールと縮合したエステルは不斉炭素原子をもたない。化合物 E は酸化すると D になる 2 価アルコールである。D と E の縮合重合により、炭素数 8^③の繰り返し構成単位をもつ生分解性のポリエステル $(C_8H_{12}O_4)_n$ が得られる。

設問(1)：文中の空欄 (a) および (b) にあてはまる最も適切な化合物の総称を答えよ。なお、それらの組成式は一般に C_jH_k および $C_l(H_2O)_m$ (j, k, l, m は整数) でそれぞれ表される。

設問(2)：下式に示すような、 C_jH_k の完全燃焼による二酸化炭素の排出と植物の光合成による $C_l(H_2O)_m$ への固定化を考える。 j, k, l, m を用いて、空欄
ア ~ カ にあてはまる最も適切な式を記せ。



設問(3)：570 g のオクタン(分子量 114)が完全燃焼して生成する二酸化炭素を、植物が吸収してすべてセルロースとして固定化すると仮定する。生成するセルロースは何 g になるか。有効数字 3 桁で答えよ。

設問(4)：化合物 **A** および **B** の化合物名をそれぞれ記せ。

設問(5)：グリシン $CH_2(NH_2)CO_2H$ と化合物 **B** から、分子式 $C_5H_7NO_3$ で示される化合物 **F** が得られる。**F** を開環重合すると、グリシンのみから得られるポリペプチドと下線①のポリエステルそれぞれの繰り返し構成単位を交互にもつ高分子が生成する。化合物 **F** の構造式を記せ。

設問(6)：化合物 **C** および **D** の構造式をそれぞれ記せ。また、これらの化合物から得られる下線②および③のポリエステルの構造式をそれぞれ記せ。

設問(7)：下線②のポリエステルは、下線①や③のポリエステルとは異なり、植物由来の化合物 **C** だけではなく、石油由来のテレフタル酸も使用して現在は製造されている。このポリエステルの植物由来成分の割合は、質量百分率で何%か。有効数字 2 桁で答えよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)