

令和2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(火)(情—自然)

13:45—15:00

(情—コン・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、68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学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には18枚(物理3枚、化学5枚、生物4枚、地学6枚)、医学部志望者と農学部志望者には12枚(物理3枚、化学5枚、生物4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。

情報学部コンピュータ科学科志望者は、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、物理を必ず含むこと。

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箇所に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および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、はっきりとていねいに記せ。

(3) 字数を指定している設問の解答では、解答欄の1マスに一つの文字を書くこと。
句読点, 数字, アルファベットおよび記号はすべて1字とみなせ。

例) 15°C , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, ガス, 溶解, $1.0 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 。

1	5	°	C	,	M	g	(	O	H	)	2	,	ガ	ス
,	溶	解	,	1	.	0	×	1	0	-	1	P	a	。

(4) 必要なときは次の値を用いよ。

原子量 ; $\text{H} = 1.00$, $\text{C} = 12.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$

気体定数 ; $8.3 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

化学 問題 I

次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。

ケイ素 Si は地殻中で ア 番目に多い元素であり、天然では単体として存在せず多くはケイ酸塩や イ として岩石中などに存在している。イ と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 を混ぜて加熱するとケイ酸ナトリウム Na_2SiO_3 を生じる。^①一方 イ を高温でコークス(炭素)などをつかって還元すると単体の Si が得られる。単体の Si の結晶は共有結合結晶であり、図 1 に示したように、Si 原子は正四面体形に連なりながら立体構造を形づくっている。図 1 の単位格子中に、Si 原子は合計 ウ 個含まれている。単体の Si は金属に似た光沢をもっており、電気伝導性は金属と絶縁体の中間であるため エ の性質を示し、太陽電池や集積回路など我々の生活に欠かせない電子材料につかわれている。

2019 年 5 月 20 日に国際単位系(SI)である質量と物質量の基本単位(それぞれキログラムとモル)が再定義された。キログラム(kg)の従来の定義では、「国際キログラム原器(イリジウム Ir と白金 Pt からなる合金の分銅)の重さを 1 kg とする」とされていた。また、モル(mol)の従来の定義では、「質量数 12 の炭素 ^{12}C 0.012 kg の中に含まれる粒子の数(つまりアボガドロ定数)を 1 mol とする」とされていた。これに対し、新しいモルの定義では「1 mol は正確に $6.02214076 \times 10^{23}$ 個の構成粒子を含み、^③この値がアボガドロ定数(N_A)[mol]となる」となった。この N_A の値は、^④質量数 28 のケイ素 ^{28}Si の結晶をもちいた実験により算出された。このような基本単位の再定義には、日本の産業技術総合研究所が大きく貢献した。

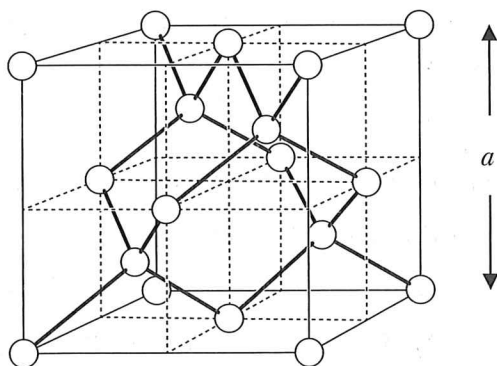


図1 Siの結晶の単位格子。○はSi原子を示しており、太い黒線で結ばれたSi原子は互いに接しているものとする。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ エ にあてはまる最も適切な数字，語句，化学式を記せ。ただし，ア と ウ には整数を，イ には化学式を，エ には語句をそれぞれ記せ。

設問(2)：下線①の反応について，化学反応式を書け。

設問(3)：モルの従来の定義と新しい定義についての下線②や③の内容と，質量数，原子量，相対質量などに関連する次の文章(A)～(D)のうち，誤っているものをすべて選び，記号で記せ。

- (A) 従来の定義や新しい定義において，質量数1の水素 ^1H の相対質量は1よりもわずかに大きい値である。
- (B) 水素の原子量は， ^1H の相対質量と同じである。
- (C) 新しい定義の導入によって， ^{12}C のモル質量は g/mol の単位で12(整数値)となった。
- (D) 従来の定義では，国際キログラム原器の重さが変化すると，アボガドロ定数も変化してしまう恐れがあった。

(次頁に続く)

設問(4)：図1のようにSiの結晶の単位格子の長さを a としたとき、 a をつかってSi原子の原子半径 r を表せ。

設問(5)：図1のSiの結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を、アボガドロ定数 N_A $[/math>mol $]$ 、Siのモル質量 M $[\text{g}/\text{mol}]$ 、単位格子の一辺の長さ a $[\text{cm}]$ をもちいて表せ。$

設問(6)：下線④に関して、 N_A を実験的に求めるために以下の実験(i)～(iii)を順に行った。本実験で計算されるアボガドロ定数 N_A $[/math>mol $]$ を有効数字3桁で求めよ。ただし、 ^{28}Si の原子量 $= 28.1$ とする。また、 $5.43^3 = 1.60 \times 10^2$ として計算せよ。$

実験(i)： ^{28}Si の純粋な結晶を作製し、重さ1.00 kgの真球に成形加工した。

実験(ii)：この ^{28}Si の真球の体積を測定し、 429 cm^3 と決定した。

実験(iii)：続いてX線をつかった結晶構造解析により、 ^{28}Si の結晶の単位格子の一辺の長さを $5.43 \times 10^{-8} \text{ cm}$ と決定した。

草 稿 用 紙

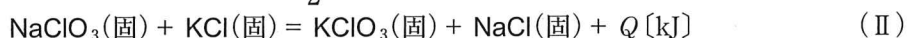
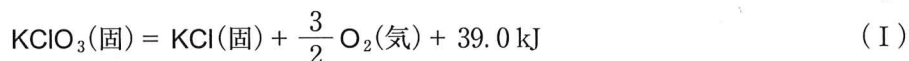
(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅱ

問1 次の文章を読んで、設問(1)～(4)に答えよ。

塩素酸カリウム KClO_3 は、花火などの助燃剤やマッチの頭薬に用いられる。
① KClO_3 は、加熱した水酸化カリウム KOH 水溶液に塩素 Cl_2 ガスを吹き込むこと
で生成する。同時に、塩化カリウム KCl と水 H_2O も生成する。酸化マンガン
(Ⅳ) MnO_2 などの触媒とともに KClO_3 を加熱すると、酸素 O_2 を発生しながら分
解する。これを熱化学方程式で書くと(Ⅰ)式となる。

KClO_3 の製造法として、塩素酸ナトリウム NaClO_3 の水溶液に KCl を混合さ
せる方法が知られている。この反応を、原料と生成物を全て固体にして記載した
熱化学方程式が(Ⅱ)式である。なお、(Ⅰ)式および下記の設問(3)と(4)における熱
量は、すべて 25°C および $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での値である。



設問(1)：下線①に関して、 KClO_3 、 Cl_2 および KCl の塩素原子 Cl の酸化数をそれ
ぞれ求めよ。

設問(2)：設問(1)で解答した Cl の酸化数を参考にして、下線①の反応を化学反応
式で記せ。

設問(3)： $\text{KCl}(\text{固})$ の生成熱は 436.7 kJ/mol である。この値と(Ⅰ)式から、 1 mol
の $\text{KClO}_3(\text{固})$ がその成分元素の単体から生成する反応を、(Ⅰ)式を参
考にして熱化学方程式で記せ。生成熱は有効数字4桁で求めよ。

設問(4)：(Ⅱ)式の反応で発生する反応熱 $Q [\text{kJ}]$ を小数第1位まで求めよ。ただ
し、 $\text{NaClO}_3(\text{固})$ の生成熱は 365.8 kJ/mol 、 $\text{NaCl}(\text{固})$ の生成熱は 411.2
 kJ/mol である。

問2 次の文章を読んで、設問(1)および(2)に答えよ。

1価のある金属イオン M^+ に水溶液中で色素 L が配位結合して錯イオン ML^+ を形成する。この時、絶対温度 T [K]において(Ⅲ)式に示す平衡状態にある。三つの物質 M^+ 、 L および ML^+ に着目して(Ⅲ)式の正反応の速度定数を実験から概算してみよう。



この反応系の絶対温度を T' から T [K]に瞬時に変化させ、この反応系が新たな平衡に達する場合を考える。絶対温度を T に変化させてからの時間を t 秒(以下 t [s])とし、その時の M^+ 、 L および ML^+ の濃度を、 $[M^+]_t$ [mol/L]、 $[L]_t$ [mol/L] および $[ML^+]_t$ [mol/L] と定める。さらに、(Ⅲ)式の正反応の速度は $[M^+]_t$ と $[L]_t$ に比例し、逆反応の速度は $[ML^+]_t$ に比例すると仮定する。絶対温度 T における正反応と逆反応の速度定数を、それぞれ k_1 [L/(mol·s)] および k_{-1} [/s] とする。

時間 t [s] 後と時間 $(t + \Delta t)$ [s] 後の間における $[M^+]_t$ の変化量を $\Delta[M^+]_t$ [mol/L] と定める。 $-\Delta[M^+]_t / \Delta t$ の Δt を限りなく 0 に近づけると、(Ⅲ)式における見かけの右向きの反応速度 $-d[M^+]_t / dt$ [mol/(L·s)] が得られる。これを k_1 、 k_{-1} 、 $[M^+]_t$ 、 $[L]_t$ および $[ML^+]_t$ を用いて表すと、

$$-\frac{d[M^+]_t}{dt} = \boxed{\text{ア}} \quad (\text{Ⅳ})$$

となる。絶対温度 T において平衡に達した時の M^+ 、 L および ML^+ の濃度を $[M^+]_{eq}$ [mol/L]、 $[L]_{eq}$ [mol/L] および $[ML^+]_{eq}$ [mol/L] と定める。ここで、 $[M^+]_t$ と $[M^+]_{eq}$ の差分を x [mol/L] と定義すると $[M^+]_t$ は

$$[M^+]_t = x + [M^+]_{eq}$$

と書ける。同様に、 $[L]_t$ と $[ML^+]_t$ は、 x と $[L]_{eq}$ または $[ML^+]_{eq}$ を用いると、

$$[L]_t = \boxed{\text{イ}}$$

$$[ML^+]_t = \boxed{\text{ウ}}$$

と書ける。絶対温度 T における(Ⅲ)式の平衡定数を K [L/mol] とする。平衡に達した時、(Ⅲ)式の正反応と逆反応の速度は等しい。したがって、 k_{-1} は K と k_1 を用いて

$$k_{-1} = \boxed{\text{エ}}$$

と書ける。 $-dx/dt$ [mol/(L·s)] は $-d[M^+]_t/dt$ に等しいので、(Ⅳ)式から $-dx/dt$ を x , k_1 , $[M^+]_{eq}$, $[L]_{eq}$ および K で表すと、

$$-\frac{dx}{dt} = \boxed{\text{オ}} x^2 + \boxed{\text{カ}} x \quad (\text{V})$$

が導かれる。ここで、 x^2 の項を無視して(V)式の微分方程式を解くと、

$$x = x_0 e^{-t/\tau}$$

$$\tau^{-1} = \boxed{\text{カ}} \quad (\text{VI})$$

が得られる。ただし、 x_0 は $t = 0$ s における x の値であり、 $t = \tau$ [s] の時に $x = x_0 e^{-1}$ となる。 τ と K は測定可能であるため、条件を選ぶことによって(VI)式から k_1 を概算できる。

なお、この測定では pH を 6 付近に調整し、0.1 mol/L の硝酸カリウム KNO_3 水溶液を用いている。この条件は、解答の導出には直接影響しないものとする。

設問(1)：文中の空欄 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{カ}}$ にあてはまる数式を記せ。

設問(2): k_1 を概算するにあたり表1の実験条件を設定した。ここで、 C_M [mol/L]はLが配位する前の M^+ の濃度を、 C_L [mol/L]はLが M^+ に配位する前のLの濃度を表している。実験を行ったところ、表1に示す K と τ を結果として得た。(VI)式を参考にして k_1 [L/(mol·s)]を有効数字1桁で求めよ。なお、 C_M は C_L に比べて著しく大きい($C_M \gg C_L$)ので、解答にあたっては下の(VII)式を用いて近似せよ。

表1 実験条件と結果

実験条件	結果
$C_M = 1.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$	$K = 6.0 \times 10^3 \text{ L/mol}$
$C_L = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$	$\tau = 2.0 \times 10^{-2} \text{ s}$
$T = 287 \text{ K}$	

$$C_M \doteq [M^+]_{eq} \gg [L]_{eq} \quad (\text{VII})$$

化学 問題Ⅲ

次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

金 Au, 銀 Ag, および銅 Cu は, 周期表の 11 族に属する金属元素である。Au の単体は化学的に安定で反応性に乏しく, 古くから装飾品として利用されてきた。Ag の単体も装飾品として利用されるが, 湿った空気中では硫化水素 H_2S と反応し, 硫化銀 Ag_2S を生じる。^① Cu の単体は, 銅鉱石から得られる粗銅の電解精錬^②で製造する。銀(I)イオン Ag^+ と銅(II)イオン Cu^{2+} は, 塩化物イオン Cl^- による塩化銀 AgCl の沈殿生成を利用して分離できる。 AgCl は, 光が当たると分解して Ag を析出する性質をもつ。^③

設問(1): Au, Ag, および Cu に関する次の(ア)～(オ)の文章のうち, 誤りを含むものをすべて選び, 記号で答えよ。

- (ア) Au は典型元素である。
- (イ) Ag の単体と Cu の単体は王水に溶けない。
- (ウ) Ag 原子の原子半径は, Cu 原子の原子半径よりも大きい。
- (エ) Au の単体の展性は, Ag の単体の展性よりも大きい。
- (オ) Au の原子番号は, Ag の原子番号よりも 18 大きい。

設問(2): 下線①の物質が水に溶けて生じる硫化物イオン S^{2-} は, 多くの金属陽イオンと反応して沈殿を生成する。亜鉛イオン Zn^{2+} を 0.10 mol/L 含む 25℃ の水溶液を H_2S で飽和させたとき, 硫化亜鉛 ZnS の沈殿生成の有無は pH に依存していた。この理由について述べた次の文章中の空欄 ア ～ エ にあてはまる最も適切な数式, 数値, または語句を記せ。

H_2S は水溶液中で次のように 2 段階で電離する。



ここで、(I)式および(II)式の電離定数はそれぞれ K_1 、 K_2 である。

(I)式および(II)式の反応を組み合わせると



となり、(III)式の電離定数 K は、 K_1 および K_2 を用いて

$$K = \boxed{\text{ア}}$$

と表される。水溶液中における H_2S 、 S^{2-} 、水素イオン H^+ 、および Zn^{2+} のモル濃度[mol/L]をそれぞれ $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、および $[\text{Zn}^{2+}]$ とすると、 $[\text{S}^{2-}]$ は K 、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、および $[\text{H}^+]$ を用いて次式で表される。

$$[\text{S}^{2-}] = \boxed{\text{イ}}$$

ここで、 ZnS の溶解度積 K_{sp} は、 25°C において $\log_{10} K_{\text{sp}} = -17.7$ とする。

$\log_{10} K_1 = -7.0$ 、 $\log_{10} K_2 = -13.9$ 、 $[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ 、 $[\text{Zn}^{2+}] = 0.10 \text{ mol/L}$ であるとき、 $[\text{Zn}^{2+}]$ と $[\text{S}^{2-}]$ の積が K_{sp} と等しくなる pH は、有効数字を2桁として $\boxed{\text{ウ}}$ である。pH が $\boxed{\text{ウ}}$ よりも低ければ、 $[\text{Zn}^{2+}]$ と $[\text{S}^{2-}]$ の積は K_{sp} よりも $\boxed{\text{エ}}$ くなるので、 ZnS は沈殿しない。

(次頁に続く)

設問(3)：下線①の物質は，設問(2)で示された性質などを利用して，金属イオンの系統分析に利用される。4種類の金属イオン Cu^{2+} ， Ba^{2+} ， Fe^{3+} ， Mn^{2+} を含む水溶液(試料溶液)に対して，次の操作1～3を順に行った。ただし，各操作における試薬の量や加熱条件は，系統分析に最適な条件に調整されているとする。

操作1：試料溶液に希塩酸を加えて酸性とした後， H_2S を通じ，生じた沈殿 A をろ過した。

操作2：操作1のろ液を煮沸して H_2S を追い出し，硝酸 HNO_3 を加えて加熱した。この溶液に塩化アンモニウム NH_4Cl とアンモニア NH_3 水を加えて弱塩基性にした後，生じた沈殿 B をろ過した。

操作3：操作2のろ液に H_2S を通じ，生じた沈殿 C をろ過した。

(i) 沈殿 A ～ C の主成分を化学式で記せ。

(ii) 操作2における HNO_3 の役割を20字以内で答えよ。

(iii) 操作2の NH_4Cl は，溶液を弱塩基性に保つために添加されている。
 NH_4Cl と NH_3 の混合水溶液のように，少量の酸や塩基を加えても pH がほぼ一定に保たれる溶液を何とよぶか答えよ。

(iv) 操作3の後に得られたろ液の炎色反応の色を，以下から選んで答えよ。

黄，赤紫，橙赤，黄緑，無色

設問(4)：下線②について、次の文章中の空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句または数値を記せ。ただし、空欄 ～ に入る語句は下の の中から選択せよ。同じ語句を2回以上用いてはならない。 の数値は有効数字1桁で求めよ。なお、原子量は $\text{Ni} = 59$, $\text{Cu} = 64$ とし、ファラデー定数を $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

ニッケル Ni と Au のみを不純物として含む粗銅板がある。粗銅板における不純物の分布は均一であるとする。硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の硫酸酸性溶液に、粗銅板と、純銅板を入れ、 $0.2 \sim 0.5 \text{ V}$ の低電圧で電気分解を行った。このとき、外部電源の 極に粗銅板を接続し、 極に純銅板を接続した。 100 A の電流で320分間電気分解したところ、粗銅板の質量が 640 g 減少し、粗銅板の下に Au が 1 g 沈殿した。また、この電気分解の間、電極での気体の発生はなかった。 Au が沈殿した理由は、 Au のイオン化傾向が Cu よりも いためである。粗銅板の質量に対する Ni の質量の割合は [%]と求められる。

設問(5)：下線③は、 AgCl が光エネルギーを吸収することで起こる化学反応である。光が関与する次の(ア)～(オ)の現象のうち、物質が光エネルギーを吸収して起こる化学反応をすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) デンプンのコロイド溶液に強い光を当てると、光の通路が輝いて見える。
- (イ) 水素 H_2 と塩素 Cl_2 の混合気体に強い光を当てると、刺激臭のある気体が発生する。
- (ウ) 太陽光をプリズムに通すと様々な色の光に分かれる。
- (エ) ルミノールを溶かした塩基性の水溶液に、過酸化水素水と触媒を加えると、青い光を発する。
- (オ) 酸素 O_2 に紫外線を当てると、特異臭のある淡青色の気体が発生する。

化学 問題IV

問1 次の文章を読んで、設問(1)～(4)に答えよ。

アルケンとは炭素原子間に二重結合を一つもつ不飽和炭化水素の総称である。最も小さいアルケンであるエチレン C_2H_4 の炭素原子間の長さは、同一炭素数のアルカンであるエタン C_2H_6 の炭素原子間の長さより ア。アルケンは二重結合の炭素原子に他の原子や原子団が結合し、単結合になる イ 反応を起こしやすい。たとえば、触媒を用いてエチレンに水を イ させると、エタノール C_2H_5OH が生じる。

①アルケンはオゾン分解すると、炭素原子間の二重結合が開裂しカルボニル化合物を与える。たとえば、アルケンAをオゾン分解すると、ウ と エ が得られる。ウ はエタノールを二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$ の硫酸酸性水溶液で反応させると得られる。エ はベンゼンと オ からフェノールを製造するクメン法という工業プロセスで副生する。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ オ にあてはまる最も適切な語句または物質の名称を記せ。

設問(2)：アルケンAの構造式を図1にならって記せ。

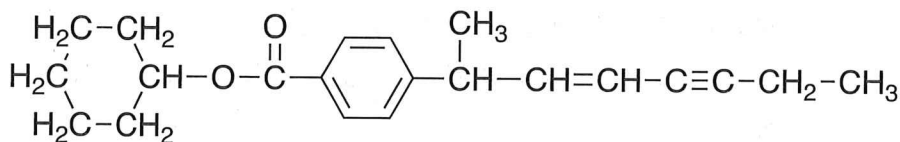


図1

設問(3)：下線①の反応を含む以下の実験 1～7 を行い，分子式 C_6H_{10} の化合物 **B** および同一分子式の化合物 **C** の構造を決定した。化合物 **B** および **C** の構造式を図 1 にならって記せ。

実験 1：白金触媒を用いて 1 mol の **B** と 1 mol の水素 H_2 を反応させると分子式 C_6H_{12} の化合物 **D** が得られ，さらに 1 mol の H_2 を反応させると分子式 C_6H_{14} の枝分かれ構造をもたない化合物 **E** が得られた。

実験 2：硫酸水銀(II)触媒を用いて 1 mol の化合物 **B** と 1 mol の水を反応させると分子式 $C_6H_{12}O$ のケトン **F** が得られた。

実験 3：1 mol の化合物 **D** をオゾン分解すると 2 mol の化合物 **G** が得られた。

実験 4：白金触媒を用いて 1 mol の化合物 **C** と 1 mol の H_2 を反応させると分子式 C_6H_{12} の化合物 **H** が得られた。化合物 **H** はこれ以上 H_2 と反応しなかった。

実験 5：1 mol の化合物 **C** をオゾン分解すると炭素鎖が枝分かれ構造をもたない化合物 **I** が 1 mol 得られた。

実験 6：化合物 **I** をアンモニア性硝酸銀水溶液に加え，加熱すると銀の析出がみられた。

実験 7：化合物 **I** をヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液に加えると，ヨードホルム反応を呈した。

(次頁に続く)

設問(4)：フェノールに関して説明した次の(ア)～(オ)の文章のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) フェノールの水溶液は弱塩基性を示す。
- (イ) フェノールを無水酢酸へ加え、加熱すると、酢酸フェニルが得られる。
- (ウ) クロロベンゼンを水酸化ナトリウム水溶液へ加え、室温でかくはんすると、フェノールが得られる。
- (エ) 塩基触媒を用いてフェノールとホルムアルデヒドを反応させ、その後加熱すると、硬化し絶縁性に優れた樹脂になる。
- (オ) フェノールの水溶液に臭素水を十分加えると、白色沈殿が生じる。

問2 次の文章を読んで、設問(1)および(2)に答えよ。

ベンゼン C_6H_6 と混酸(濃硝酸と濃硫酸の混合物)の反応により、ニトロベンゼン $C_6H_5NO_2$ が得られた。ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えて加熱し、反応が完結したことを確かめた後に、適切な実験操作を行うことでアニリン $C_6H_5NH_2$ が得られた。^②

トルエン C_7H_8 と混酸の反応により、分子式 $C_7H_7NO_2$ の芳香族化合物 **J** とその構造異性体 **K** が主に得られた。さらに **J** と混酸を反応させると、分子式 $C_7H_6N_2O_4$ の芳香族化合物 **L** とその構造異性体 **M** の混合物が得られた。一方、**K** と混酸を反応させると、**M** が主に得られた。化合物 **L** および **M** と混酸の反応では、いずれの場合も 2, 4, 6-トリニトロトルエンが生じた。化合物 **J** を中性の過マンガン酸カリウム水溶液中で加熱すると、化合物 **N** が得られた。化合物 **N** にスズと濃塩酸を加え、適切な処理を行うことで化合物 **O** が得られた。**O** の希塩酸溶液を冷やしながら亜硝酸ナトリウム水溶液に加えると、化合物 **P** が得られ、その水溶液にジメチルアニリン $C_6H_5N(CH_3)_2$ を加えると、化合物 **Q** が得られた。化合物 **Q** はメチルレッドとよばれる合成染料である。

設問(1)：下線②について，以下の実験操作を(1)→(2)→(3)→(4)の順に行うことが適切である。ある日，操作(1)を行わずに，(2)→(3)→(4)の順で操作を行ったところ，アニリンはほとんど得られなかった。以下の括弧内の語句をすべて用いて，その理由を簡潔に記せ。

【溶解性，水，ジエチルエーテル】

操作(1)：水酸化ナトリウム水溶液を反応液が塩基性になるまで加える。

操作(2)：ジエチルエーテルを加え，分液ロートに入れて振り混ぜる。

操作(3)：水層を流し出してから，ジエチルエーテル層を蒸発皿に移す。

操作(4)：ジエチルエーテルを蒸発させる。

設問(2)：化合物 **M**，**N** および **Q** の構造式を図 1 にならって記せ。

化学 問題V

次の文章(i)～(iii)を読んで、設問(1)～(8)に答えよ。

- (i) ナイロン 66 は、^①二つの化合物を脱水縮合させる縮合重合により得られる。ナイロン 6 は、^②環状構造の単量体を ア 重合することにより得られる。ナイロン 66 やナイロン 6 は、分子内に多くの イ 結合をもつポリ イ で、分子間には多くの水素結合が形成されるため、強度や耐久性に優れる。

酢酸ビニルを付加重合させてポリ酢酸ビニルを合成し、これを加水分解すると、図 1 に構造式を示した ウ が得られる。ウ を部分的にアセタール化すると、ビニロンが得られる。^③

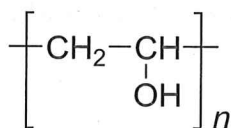


図 1.

- (ii) 生ゴムの主成分はイソプレンが付加重合したポリイソプレンである。^④ポリイソプレンには、二重結合が回転できないことに基づく幾何異性体が存在し、生ゴムのポリイソプレンは、二重結合がすべてシス形であり、弾性に富む。二重結合がトランス形のポリイソプレンは、硬い固体で弾性に乏しい。

- (iii) 分子量の異なる三つのペプチド A、B および C をそれぞれ酸によって完全に加水分解した。いずれのペプチドからも、不斉炭素原子をもたない二つのアミノ酸 d と e のみが物質量の比 1 : 1 で得られた。アミノ酸 d は、分子量が 75 の α-アミノ酸であった。アミノ酸 e は、分子量がアミノ酸 d よりも 14 大きい β-アミノ酸であった。ペプチド A、B および C の分子量は、それぞれ、274、256、146 であった。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句を記せ。ただし、ウ には物質の名称を記せ。

設問(2)：図 2 にならって下線①の二つの化合物の構造式を記せ。

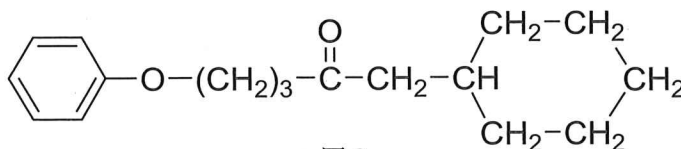


図 2

設問(3)：図 2 にならって下線②の化合物の構造式を記せ。

設問(4)：1.0 g の ウ を水に溶かし全量を 100 mL とした。この水溶液の浸透圧を 27℃ で測定したところ、 3.0×10^3 Pa であった。この ウ の平均分子量を有効数字 2 桁で求めよ。気体定数は 8.3×10^3 Pa·L/(mol·K) とする。

設問(5)：下線③に関連し、平均分子量が 8.8×10^3 の ウ をホルムアルデヒド水溶液で処理してヒドロキシ基の 20 % をアセタール化した。アセタール化後の平均分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(6)：図 1 の構造式を参考に、下線④のシス形ポリイソプレンの構造式を幾何異性体がわかるように記せ。イソプレンの構造式を図 3 に示す。ただし、平均重合度を n とする。

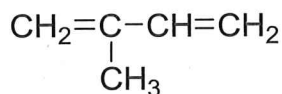


図 3

設問(7)：アミノ酸 e の構造式を記せ。

設問(8)：ペプチド A、B および C にはそれぞれ何種類の構造異性体が存在するかを答えよ。ただし、アミノ酸どうしは、すべてペプチド結合(—NH—CO—)でつながっているとす。なお、双性イオンについては考えなくてよい。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)