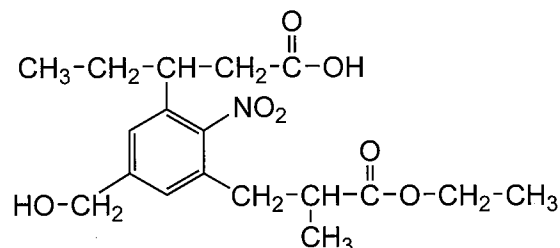


1. ～ 5. の各問に答えなさい。

必要があれば、原子量を $H = 1$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $P = 31$, $S = 32$, $K = 39$, $Cl = 35.5$, $I = 127$ とし, $0^{\circ}C = 273\text{ K}$ として計算しなさい。気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とし, 標準状態は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 273 K として計算しなさい。また, 気体はすべて理想気体とする。構造式は右図の例にならって記入しなさい。



1. 炭素と炭化水素に関する次の文章を読み, 問 1 ～ 問 5 に答えなさい。

炭素は周期表第 (1)(2) 属の典型元素であり, 原子番号は 6 である。同じ (1)(2) 属の非金属元素として ア がある。炭素に比べ ア はイオン化エネルギーが イ 。自然界において炭素原子には 3 種類の同位体が存在し, それぞれ異なる質量をもつ。質量数 (3)(4) の炭素は存在比が 98.93% であり, 原子質量の基準として用いられる。質量数 (5)(6) の炭素は自然界には微量しか存在しない放射性同位体であり, 放射線を放出した後, ウ に変化する。この同位体は放射線を放出して一定の割合で減少していく。この性質を利用して, 古代遺跡などの年代を知ることができる。質量数 (7)(8) の炭素は存在比が 1.07% であり, 安定な同位体である。

炭素の単体には多くの同素体が知られている。黒鉛の炭素原子は エ を基本とする平面構造をとる。層と層の間は オ で結合しているため薄片にはがれやすく, ①電気伝導性をもつ。また, ダイヤモンド中の炭素原子は周囲の炭素原子と共有結合し, カ 構造をとる。これらの他にも C_{60} などの分子式をもつ球状の分子である キ と呼ばれる同素体も存在する。

一方, 炭化水素はエネルギー源として利用される。メタンハイドレートはメタン分子を水分子が囲んだ氷状の固体物質であり, 「燃える氷」と呼ばれる。②メタンは石油などに比べて燃焼時の二酸化炭素排出量が低い。そのため, メタンハイドレートは次世代の燃料と期待され, 現在商業化にむけて多くの研究・開発が進められている。

問1 ～ にあてはまる適切な数字をマークしなさい。

問2 ～ に入る適切な語を下記の語群から選び、番号を2桁でマークしなさい。ただし、同じ語は1回だけ使用できるものとする。

ア イ ウ エ
オ カ キ

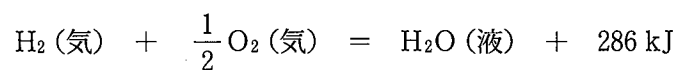
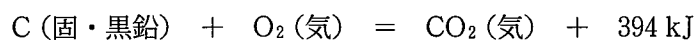
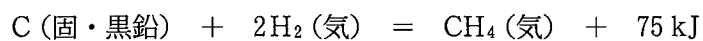
- | | | | |
|---------------|-----------|-----------|--------|
| 01 亜鉛 | 02 アモルファス | 03 硫黄 | 04 大きい |
| 05 カーボンナノチューブ | | 06 共有結合 | 07 ケイ素 |
| 08 コークス | 09 自由電子 | 10 正三角形 | 11 正方形 |
| 12 正四面体 | 13 正六角形 | 14 正六面体 | 15 小さい |
| 16 窒素 | 17 配位結合 | 18 非共有電子対 | |
| 19 ファンデルワールス力 | | 20 フラレン | 21 ホウ素 |
| 22 リン | | | |

問3 下線部①において、黒鉛が電気伝導性をもつ理由を15文字以内で書きなさい。

問4 容積 5.0 L の気密容器に、メタンハイドレート 2.0 cm³ と完全燃焼に必要な量の酸素を入れ、完全燃焼させた後、(a) 27℃ で平衡状態にした。以下の1)～4)に答えなさい。ただし、メタンハイドレートの固体の密度は 0.91 g/cm³、27℃ での水の飽和水蒸気圧は 3.5×10^3 Pa とする。液体の体積、および液体に対する気体 (H₂, O₂, CO₂) の溶解は、無視できるものとする。

- 1) メタンハイドレートが燃焼するときの化学反応式を書きなさい。ただし、メタンハイドレートの化学式は $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$ で表される。
- 2) メタンハイドレート 2.0 cm³ の完全燃焼に必要な酸素の物質量 (mol) を求め、有効数字2桁で答えなさい。
- 3) 下線部 (a) の状態における容器内の圧力 (Pa) を求め、有効数字2桁で答えなさい。
- 4) 下線部 (a) の状態において、容器内に液体として存在する水の質量 (g) を求め、有効数字2桁で答えなさい。

- 問5 メタンハイドレートは常温常圧下では気化してメタンになる。下線部②について、メタンと石油の成分であるデカン $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ (液)をそれぞれ燃焼させて等しい熱量を得るとき、デカンの燃焼時に生じる CO_2 の物質量はメタン燃焼時の何倍になるか。有効数字2桁で答えなさい。ただし、デカンの燃焼熱を6778 kJ/molとし、下記の熱化学方程式を参考にしなさい。



2. 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

狭心症の治療薬や爆薬として用いられる化合物 A は、グリセリンを硫酸存在下で硝酸と脱水反応させることで得られる。化合物 A を得るために必要となるグリセリン、硫酸、硝酸、さらに硝酸製造の原料となるアンモニアの製造法について、下の表にまとめた。

原料	製造法
グリセリン	油脂を <input type="text" value="ア"/> することで得る。
硫酸	工業的製造法は <input type="text" value="イ"/> 法と呼ばれる。 <input type="text" value="ウ"/> を触媒として二酸化硫黄を空气中高温で酸化して三酸化硫黄とし、冷却後に三酸化硫黄を水と反応させることで得る。
硝酸	工業的製造法は <input type="text" value="エ"/> 法と呼ばれる。まず、① <input type="text" value="オ"/> を触媒としてアンモニアを空气中高温で酸化して一酸化窒素とする。冷却後に②一酸化窒素をさらに酸化して二酸化窒素とし、③二酸化窒素を水と反応させることで硝酸を得る。硝酸と共に④発生する気体は製造工程で再利用される。
アンモニア	工業的製造法は <input type="text" value="カ"/> 法と呼ばれる。 <input type="text" value="キ"/> を触媒として窒素と水素を高温・高圧で直接反応させることで得る。

問1 化合物Aの名称と構造式を書きなさい。なお、構造式は3ページにある解答例にならって書きなさい。

問2 ～ に入る最も適切な語を下記の語群から選び、番号を2桁でマークしなさい。ただし、同じ語は1回だけ使用できるものとする。

ア イ ウ エ
 オ カ キ

- | | | |
|----------------|----------|----------------|
| 01 アンモニアソーダ | 02 エステル化 | 03 オストワルト |
| 04 クメン | 05 けん化 | 06 酸化バナジウム (V) |
| 07 酸化マンガン (IV) | 08 接触 | 09 鉄 |
| 10 乳化 | 11 白金 | 12 ハーバー・ボッシュ |

問3 下線部①～③に示した硝酸の製造工程のうち、下線部④の気体が再利用されるのはどの工程か。①～③のうち適切な番号を選び、マークシート解答欄の にマークしなさい。

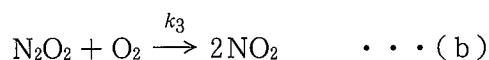
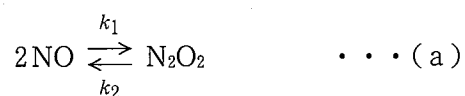
問4 ある金属を濃硝酸あるいは希硝酸と反応させたところ、それぞれ異なる窒素酸化物を得た。

1) 本反応に使用された金属として適切なものを下から選び、その番号をマークシート解答欄の (38) にマークしなさい。

1 Ag 2 Al 3 Au 4 Fe 5 Pt

2) 1) で選択した金属と、濃硝酸あるいは希硝酸との反応について、それぞれの化学反応式を書きなさい。

問5 下線部②に示した製造工程の反応は、次の2段階の反応からなるとされている。この反応の反応速度に関する次の文章について、ク ～ セ に入る最も適切な式を書きなさい。ただし、 k は反応速度定数とする。



(a) の右向き反応速度 v_1 、(a) の左向き反応速度 v_2 、(b) の反応速度 v_3 は反応速度式で表すとそれぞれ ク、ケ $\times [\text{N}_2\text{O}_2]$ 、コ $\times [\text{N}_2\text{O}_2]$ となる。 N_2O_2 の生成速度と消費速度が等しいとき、

$$[\text{N}_2\text{O}_2] = \text{ サ } \quad \dots \text{I}$$

となる。ただし、本反応では コ は ケ と比較して非常に小さいため、I 式は

$$[\text{N}_2\text{O}_2] = \text{ シ } \quad \dots \text{II}$$

と近似することができ、II 式を用いることで

$$v_3 = \text{ ス }$$

と表される。そのため、一酸化窒素および酸素の濃度を共に2倍にした場合、 NO_2 の生成速度は セ 倍に上昇すると考えられる。

問6 エ 法によって濃硝酸(質量パーセント濃度70%、密度1.4 g/cm³)10 Lを製造するのに必要なアンモニアの質量(kg)を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、原料であるアンモニアは100%反応するものとする。

3. L-アスコルビン酸に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

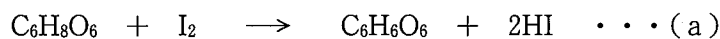
L-アスコルビン酸はビタミンCとして知られ、レモン、アセロラ、キウイなどの果物や、ピーマン、キャベツ、ブロッコリーなどの野菜に多く含まれている。清涼飲料水には、「ビタミンC入り」と表示されているものがある。ビタミンC入り清涼飲料水に含まれるL-アスコルビン酸を、以下の方法で定量することにした。

1) 清涼飲料水 5 mL, 1%メタリン酸($[\text{HPO}_3]_n$) 10 mL, 0.1 mol/Lヨウ化カリウム 5 mLを で正確に量り、コニカルビーカーに入れた。さらに、駒込ピペットでデンプン水溶液を 5 滴加えた。

2) 0.001 mol/Lヨウ素酸カリウム(KIO_3)を から滴下し、わずかに 色になったところを終点とした。その時のヨウ素酸カリウムの滴下量を記録した。

3) 以上の実験を 3 回行い、ヨウ素酸カリウムの滴下量の平均値を測定値とした。

① メタリン酸は水溶液中ではリン酸として存在し、ヨウ素酸カリウムおよびヨウ化カリウムと反応してヨウ素を生成する。L-アスコルビン酸($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)には還元作用があり、ヨウ素と反応してL-デヒドロアスコルビン酸($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$)に変化する。



コニカルビーカー内のL-アスコルビン酸が消費されるとヨウ素が残るので、あらかじめデンプン水溶液を加えておけばヨウ素とデンプンが反応して 色に呈色し、滴定の終点を知ることができる。

問1 ～ に入る最も適切な語を下記の語群から選び、番号を2桁でマークしなさい。ただし、同じ語は1回だけ使用できるものとする。

ア イ ウ

- | | | | |
|---------|------------|-----------|------------|
| 01 赤 | 02 黄 | 03 駒込ピペット | 04 橙 |
| 05 ビーカー | 06 ビュレット | 07 分液ロート | 08 ホールピペット |
| 09 紫 | 10 メスシリンダー | 11 メスフラスコ | |

問2 下線部①の化学反応式を解答欄に書きなさい。

問3 問2と(a)の反応式を用い、滴定実験の反応を一つの化学反応式として解答欄に書きなさい。

問4 文章中の方法でL-アスコルビン酸を定量したところ、滴定に要したヨウ素酸カリウムの量は15.0 mLだった。清涼飲料水100 mLに含まれるL-アスコルビン酸量(mg)を求め、小数点以下第1位を四捨五入して答えなさい。ただし、実験で使用したメタリン酸、ヨウ化カリウム、デンプン水溶液に不足はないものとする。

4. 異なる構造を持つ化合物 A ～ H について次の文章を読み、問 1 ～ 問 7 に答えなさい。

化合物 A, B, C および D は解熱鎮痛剤として広く使われている。化合物 A は塩化鉄 (Ⅲ) 水溶液と反応して紫色を呈した。化合物 B の溶液をガスバーナーで熱した銅線につけて再度ガスバーナーの炎で熱したところ、青緑色の炎色反応が見られた。化合物 C は水素、炭素、酸素のみから構成される化合物で、分子内に不斉炭素原子を 1 つ有するため、互いに光学異性体の関係にある 2 種類の立体異性体が存在する。一方、化合物 D はアスピリンと呼ばれ、アルカリ性条件で加熱すると化合物 d が生成した。

化合物 E は細菌の発育を阻害する効果を持つ。化合物 E の希塩酸溶液を冷やしながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加え、その後ナトリウムフェノキシドの水溶液を添加すると橙色の化合物 e が析出した。

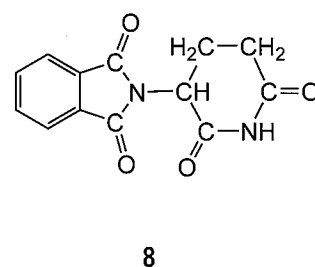
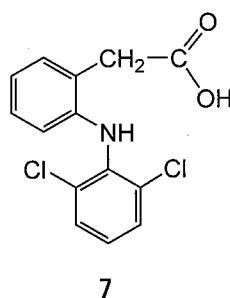
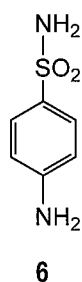
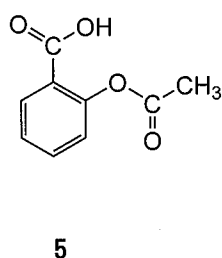
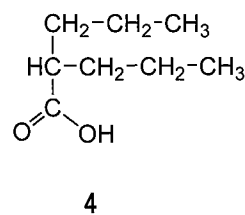
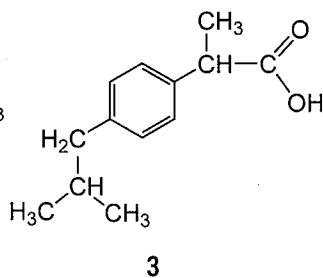
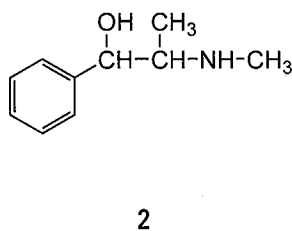
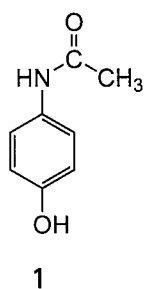
化合物 F はかつて鎮静薬として用いられていたが、催奇性が問題になった医薬品である。化合物 F は不斉炭素原子を 1 つ有するため、2 種類の光学異性体が存在する。

化合物 G は麻黄 (マオウ) と呼ばれる生薬の主要成分で、気管支拡張作用を持つ。化合物 G の分子内には不斉炭素原子が 2 つ存在する。

化合物 H は抗てんかん薬として用いられ、分子内には不斉炭素原子は存在しない。

問 1 化合物 A ～ H に当てはまる構造式を以下に示す 1 ～ 8 からそれぞれ選び、番号をマークしなさい。ただし、同じ構造式は 1 回だけ使用できるものとする。

A	(45)	B	(46)	C	(47)	D	(48)
E	(49)	F	(50)	G	(51)	H	(52)

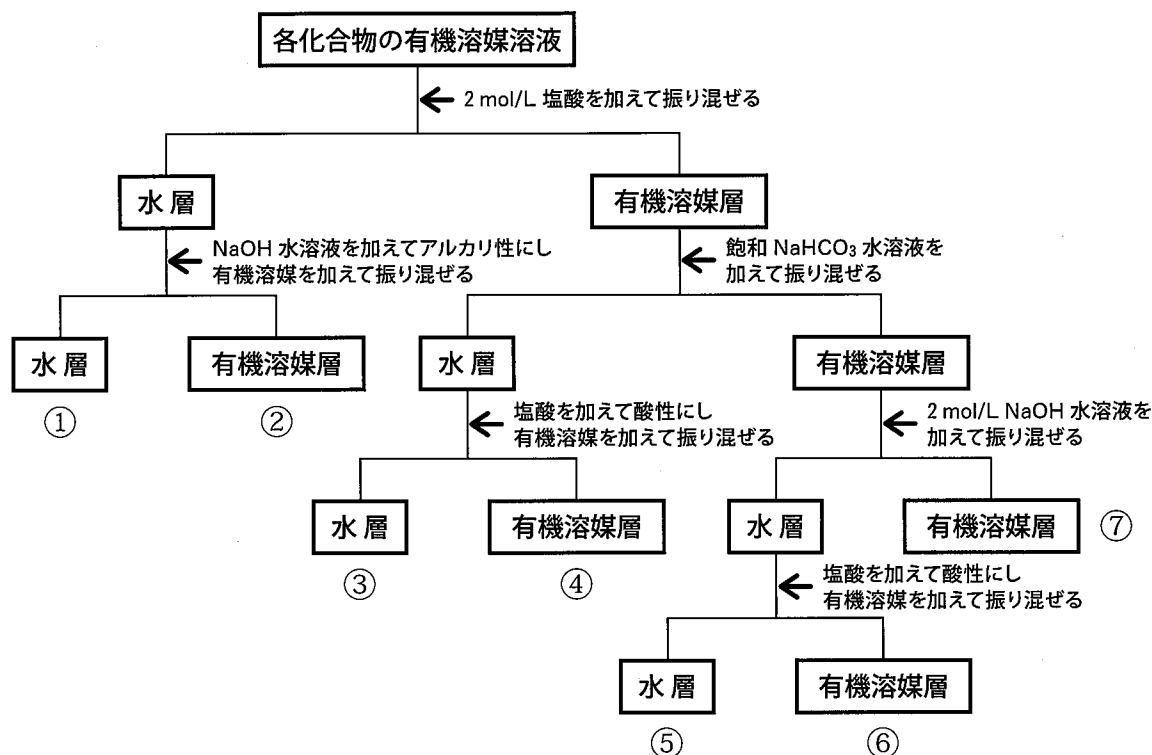


問2 問1の1, 2および3の構造式で示される化合物を, 水とは混ざり合わない適切な有機溶媒に溶かし, 以下のような分離操作を行った。それぞれの化合物は主に①～⑦のどこに含まれると考えられるか。番号をマークしなさい。

1 (53)

2 (54)

3 (55)



問3 互いに光学異性体の関係にある2種類の化合物の性質として, 必ず一致するものは以下のどれか。当てはまる記号を以下の(ア)～(カ)から2つ選びなさい。

- (ア) 融点 (イ) 味 (ウ) 密度 (エ) におい
(オ) 薬としての作用の強さ (カ) 毒性の強さ

問4 1) 化合物 dの名称を書きなさい。

2) 化合物 d 1.0 g と無水酢酸 1.0 g を硫酸酸性条件で反応させたところ, 再び化合物Dが生成した。得られる化合物Dの質量は最大で何 (g) になるか。小数点以下第1位まで答えなさい。

問5 化合物 eの構造式を書きなさい。なお, 構造式は3ページにある解答例にならって書きなさい。

問6 化合物A～Hについて各化合物 100 mg ずつ使用して元素分析を行った。その際に生じた窒素ガスの体積が最も大きくなる化合物の記号を答えなさい。また、生じた窒素ガスの標準状態における体積 (mL) を求め、小数点以下第1位まで答えなさい。なお、元素分析において、Cは CO_2 として、Hは H_2O として、Nは N_2 として測定した。

問7 元素分析で化合物D 100 mg から生成した二酸化炭素ガスを、1.0 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液 50 mLに通し全て吸収させた。その後、フェノールフタレイン溶液を1滴加え、1.0 mol/Lの硫酸を滴下していったところ、赤色が消えるまでx mLを要した。さらにメチルオレンジ溶液を1滴加え、再び1.0 mol/Lの硫酸をy mL滴下したところで赤色を呈した。x (mL) 及び y (mL) を小数点以下第1位まで答えなさい。なお、使用した水酸化ナトリウムの純度は100%とする。

5. 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。なお、構造式は3ページにある解答例にならって書きなさい。

分子式 $C_5H_{10}O_2$ で表されるエステルには、立体異性体をそれぞれ別のものとして考えると a 種類の異性体がある。これらのエステルのうちいくつかは、加水分解することにより同一のカルボン酸を与える。

あるエステルを加水分解すると、アルコール A と酢酸が生成した。このアルコール A を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化して得られる物質は、酸性を示さず、銀鏡反応も示さなかった。

別のエステルを加水分解すると、アルコール B とカルボン酸 C が生成した。このアルコール B を、水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と作用させると特異臭のある黄色い沈殿が得られた。一方、得られたカルボン酸 C に濃硫酸を加えて熱すると、水と一酸化炭素を生じた。

さらに、別のエステルからは加水分解することによりアルコール D が生成した。このアルコール D に二クロム酸カリウム水溶液を作用させてもアルデヒドあるいはケトンや、カルボン酸への変化はみられなかった。

問1 a に入る数字を答えなさい。

問2 分子式 $C_5H_{10}O_2$ で表されるエステルを加水分解してできるカルボン酸の構造式をすべて書きなさい。

問3 問2のうち、元のエステルの異性体の数が最も多いカルボン酸の名称を答えなさい。

問4 アルコールA、BおよびDの構造式を書きなさい。なお、不斉炭素原子がある時はその原子を○で囲みなさい。

問5 分子式 $C_5H_{10}O_2$ のエステルを加水分解して得られるカルボン酸 528 mg を取り、0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ、60 mL を必要とした。考えられる元のエステルの構造式をすべて書きなさい。

問6 分子式 $C_5H_{10}O_2$ のエステルを加水分解して得られるアルコール 230 mg を取り、乾燥したエーテル中で金属ナトリウムと反応させたところ、標準状態で 56 mL の水素が発生した。考えられる元のエステルの構造式をすべて書きなさい。