

必要ならば以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Cu=63.5

$\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{5}=2.24$, $\sqrt{7}=2.65$

アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa · L/(K · mol)

化学（マーク解答問題）

〔I〕 次の（1）～（10）の文中，（ A ），（ B ），（ C ）にもっとも適合するものを，それぞれ A 群， B 群， C 群の（イ）～（ホ）から選び，マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

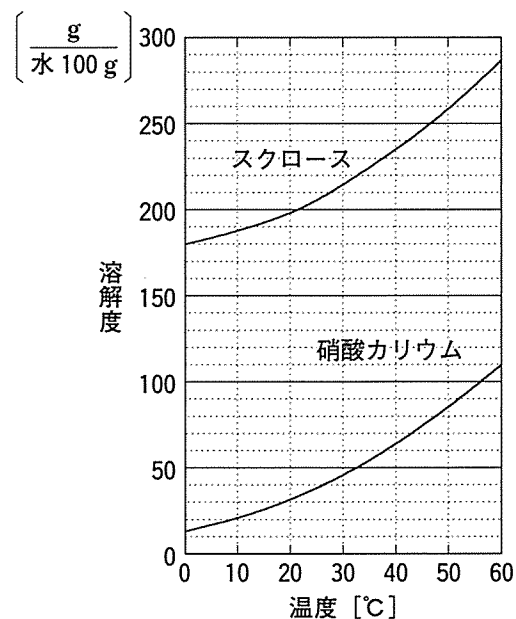
（1）クロム原子の酸化数が（ A ）のクロム酸イオンを含む水溶液を酸性にすると，（ B ）を生じる。濃アンモニア水に塩化アンモニウムを溶かした溶液で濡らしておいたろ紙の中央に，濃アンモニア水に溶かしたクロム酸銅(Ⅱ)溶液を一滴たらした。このろ紙の左右に直流の電圧をかけると，陰極の方に（ C ）が移動する。

- | | | | | | |
|----|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------|--------|
| A： | （イ） +3 | （ロ） +4 | （ハ） +5 | （ニ） +6 | （ホ） +7 |
| B： | （イ） 黄色の $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | （ロ） 赤橙色の $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | （ハ） 暗緑色の Cr^{3+} | | |
| | （ニ） 黄色の CrO_4^{2-} | （ホ） 赤橙色の CrO_4^{2-} | | | |
| C： | （イ） $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ | （ロ） $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | （ハ） Cr^{3+} | | |
| | （ニ） CrO_4^{2-} | （ホ） $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | | | |

（2）片側を閉じた十分に長いガラス管の内部を水銀で満たし，水銀だめの中で倒立させた。この水銀柱の真空部分を水蒸気で飽和させると，27℃，1気圧において，水銀柱の高さは 7.30×10^2 mm であった。27℃における水の飽和蒸気圧は（ A ） kPa である。27℃で，水素が圧力 3.0×10 kPa で詰められた耐圧容器 X（容積 2.0 L）と，酸素が圧力 4.0×10 kPa で詰められた耐圧容器 Y（容積 3.0 L）が，コック Z で連結されている。温度を 27℃で一定に保ったまま，コック Z を開けて二つの気体を混合すると，混合気体の全圧は（ B ） kPa となった。この混合気体に電気火花を点火して反応させたのち，容器の温度を 27℃にすると，容器内の全圧は（ C ） kPa となった。

- | | | | | | |
|----|----------|---------|--------|----------|---------|
| A： | （イ） 0.96 | （ロ） 4.0 | （ハ） 30 | （ニ） 97.3 | （ホ） 730 |
| B： | （イ） 14 | （ロ） 35 | （ハ） 36 | （ニ） 70 | （ホ） 142 |
| C： | （イ） 18 | （ロ） 22 | （ハ） 24 | （ニ） 30 | （ホ） 95 |

(3) 右図は硝酸カリウムとスクロースの水に対する溶解度曲線である。硝酸カリウムにスクロースが混入した粉末 80 g を、100 g の水に入れて40℃まで温めたところ、硝酸カリウムだけが6 g 溶け残った。このことから、この粉末 80 g 中のスクロースの量は (A) g とわかった。次に、溶け残った硝酸カリウムを濾過したあとのろ液を 10℃まで冷やすと、硝酸カリウムだけが (B) g 析出してきた。10℃に保ったまま析出物をすべて溶解させるためには、水を少なくとも (C) g 加える必要がある。ただし、硝酸カリウムとスクロースは互いの溶解度に影響を与えないものとする。



- A : (イ) 1 (ロ) 10 (ハ) 20 (ニ) 30 (ホ) 64
 B : (イ) 21 (ロ) 33 (ハ) 44 (ニ) 50 (ホ) 59
 C : (イ) 55 (ロ) 110 (ハ) 220 (ニ) 330 (ホ) 440

(4) ブレンステッドによる酸と塩基の定義では、「酸とは相手に (A) を与える物質であり、塩基とは (A) を受け取る物質である」とされる。ここで酢酸 (CH_3COOH) とトリクロロ酢酸 (CCl_3COOH) について比較すると、水素原子に比べて塩素原子は (B) ので、トリクロロ酢酸の分子内で電子は塩素原子に引きつけられる傾向があるため、トリクロロ酢酸から (A) が放出されやすくなる。25℃の水溶液では、強酸であるトリクロロ酢酸の電離定数 K_a は 2.0×10^{-1} mol/L、弱酸である酢酸の K_a は 2.7×10^{-5} mol/L であった。それぞれの 1.0×10^{-2} mol/L 水溶液を調製した場合、(A) の濃度は (C) となった。

- A : (イ) e^- (ロ) H^+ (ハ) H_2 (ニ) OH^- (ホ) O_2
 B : (イ) 原子半径が大きい (ロ) 電気陰性度が大きい (ハ) 電子親和力が小さい
 (ニ) 電子数が多い (ホ) 陽子数が少ない
 C : (イ) トリクロロ酢酸で 3.1×10^{-3} mol/L, 酢酸で 1.9×10^{-4} mol/L
 (ロ) トリクロロ酢酸で 3.1×10^{-3} mol/L, 酢酸で 5.1×10^{-4} mol/L
 (ハ) トリクロロ酢酸で 2.0×10^{-3} mol/L, 酢酸で 2.7×10^{-7} mol/L
 (ニ) トリクロロ酢酸で 9.5×10^{-3} mol/L, 酢酸で 5.1×10^{-4} mol/L
 (ホ) トリクロロ酢酸で 9.5×10^{-3} mol/L, 酢酸で 1.9×10^{-4} mol/L

(5) 銅 12.7 g が希硝酸とすべて反応すると、標準状態で (A) L となる気体を生じる。この気体は (B) であり、反応により生じた気体中の窒素原子の酸化数は反応前後で (C) 。

- A : (イ) 1.49 (ロ) 2.24 (ハ) 2.99 (ニ) 4.48 (ホ) 8.96
 B : (イ) N_2 (ロ) NH_3 (ハ) NO (ニ) NO_2 (ホ) N_2O_4
 C : (イ) 5 減少する (ロ) 3 減少する (ハ) 1 減少する
 (ニ) 増減しない (ホ) 3 増加する

(6) 銅は優れた電気伝導性と熱伝導性を持ち、広く利用されている。溶鉱炉で黄銅鉱から鉄や硫黄分を除くと粗銅が得られる。次に、(A)として電気分解を行うと、純度 99 %程度の粗銅から純度 99.99 %以上の純銅を得ることができる。この電解精錬の過程で、金や銀が(B)として得られる。電解精錬により 1g の純銅を得るには、副反応が起きない場合、(C)の電気量が必要である。

- A : (イ) 粗銅板を陽極, 純銅板を陰極 (ロ) 純銅板を陽極, 粗銅板を陰極
(ハ) 粗銅板を陽極, 純金板を陰極 (ニ) 純金板を陽極, 粗銅板を陰極
(ホ) 粗銅板を陽極, 粗銅板を陰極
- B : (イ) 陽極の下に不溶性の塩 (ロ) 陽極の下に単体
(ハ) 陰極の下に不溶性の塩 (ニ) 陰極の下に単体
(ホ) 電解液中にイオン
- C : (イ) $1.6 \times 10^{-2} \text{ C}$ (ロ) $3.2 \times 10^{-2} \text{ C}$ (ハ) $7.6 \times 10^2 \text{ C}$
(ニ) $1.5 \times 10^3 \text{ C}$ (ホ) $3.0 \times 10^3 \text{ C}$

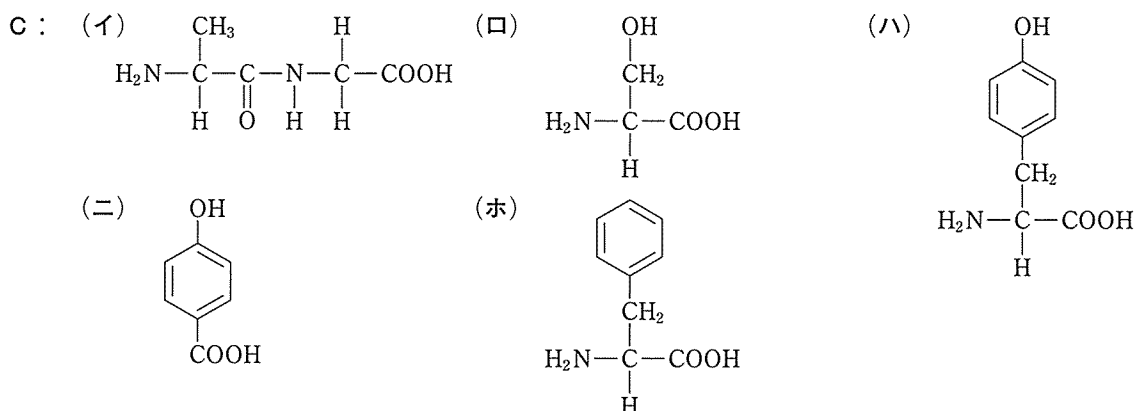
(7) 安息香酸と 2-ナフトールの混合物から、両者を分離する。まず混合物を(A)に溶かし、分液ろうとに移す。そこへ(B)を入れて十分に振り混ぜて静置する。その結果、(C)両者を分離できる。

- A : (イ) アセトン (ロ) ジエチルエーテル (ハ) ジクロロメタン
(ニ) フェノール (ホ) メタノール
- B : (イ) 1.0 mol/L 塩酸 (ロ) 飽和塩化アンモニウム水溶液
(ハ) 飽和塩化ナトリウム水溶液 (ニ) 飽和炭酸水素ナトリウム水溶液
(ホ) 1.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液
- C : (イ) 安息香酸のアンモニウム塩が上層に移動し
(ロ) 安息香酸のアンモニウム塩が下層に移動し
(ハ) 安息香酸のナトリウム塩が下層に移動し
(ニ) 2-ナフトールのナトリウム塩が上層に移動し
(ホ) 2-ナフトールのナトリウム塩が下層に移動し

(8) タケノコの表面に付いていた白い粉から、主成分として化合物Xを分離することができた。化合物Xにニンヒドリン水溶液を加えてあたためると紫色を示したが、化合物Xに水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)水溶液を少量加えても赤紫色を示さなかった。したがって、化合物Xは(A)と判断された。化合物Xに濃硝酸を加えて熱すると(B)色を示し、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色を示した。また、化合物Xを塩化鉄(III)水溶液に入れると紫色を示した。これらの性質より、化合物Xの構造式として当てはまるのは(C)である。

A : (イ) アゾ化合物 (ロ) アミノ酸 (ハ) アルコール
(ニ) カルボン酸 (ホ) ペプチド

B : (イ) 黄 (ロ) 青 (ハ) 赤 (ニ) 黒 (ホ) 緑



(9) ステアリン酸 $C_{17}H_{35}COOH$, オレイン酸 $C_{17}H_{33}COOH$, リノール酸 $C_{17}H_{31}COOH$, リノレン酸 $C_{17}H_{29}COOH$ の混合物と、グリセリンを反応させた。得られた油脂の混合物から油脂Yを分離精製した。油脂Y 0.200 mol に対して触媒存在下、過剰量の水素を反応させたところ、標準状態で 26.9 L の水素が付加したことから、この油脂Yの1分子中には合計(A)個の二重結合があることがわかった。油脂Yを構成する脂肪酸の組み合わせとして(B)組の可能性があり、油脂Yの可能な構造異性体が2種類の場合、それを構成する脂肪酸は(C)である。

A : (イ) 2 (ロ) 3 (ハ) 6 (ニ) 10 (ホ) 12

B : (イ) 1 (ロ) 2 (ハ) 3 (ニ) 4 (ホ) 5

C : (イ) ステアリン酸とリノレン酸
(ロ) オレイン酸とリノール酸
(ハ) ステアリン酸, オレイン酸とリノレン酸
(ニ) ステアリン酸, リノール酸とリノレン酸
(ホ) オレイン酸, リノール酸とリノレン酸

(10) 酢酸ビニルを付加重合させて得たポリ酢酸ビニルを、水酸化ナトリウムで(A)すると、ポリビニルアルコールになる。これを繊維状に固めたものにホルムアルデヒド水溶液を作用させて(B)すると、ビニロンができる。ポリビニルアルコール 88 g からビニロン 93 g が生成したとすると、ポリビニルアルコール中のヒドロキシ基のうち約(C)%が反応したことになる。

A : (イ) 還元 (ロ) けん化 (ハ) 酸化 (ニ) 脱水 (ホ) 中和

B : (イ) アセタール化 (ロ) アセチル化 (ハ) アミド化
(ニ) エステル化 (ホ) 酸化

C : (イ) 20 (ロ) 30 (ハ) 40 (ニ) 50 (ホ) 60

化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

- (1) 原子番号は同じでも、中性子の数が異なるため質量数が異なる原子どうしを、互いに同位体であるという。同位体の中には、原子核が不安定で、放射線を放出して別の原子核に変わるものがある。このような同位体を (A) 同位体という。例えば、炭素には¹⁴Cが存在し、(B) とよばれる放射線を放出しながら¹⁴Nになる。時刻 t における¹⁴Cの数 N_t は、 $t = 0$ での数を N_0 とすると

$$N_t = N_0 e^{-kt}$$

で表される。ここで、 k は定数である。¹⁴Cがはじめの半分の量になるのに要する時間を半減期といい、¹⁴Cの半減期は5730年である。¹⁴Cは年代測定に利用されている。¹⁴Cがはじめの半分の量になるのに要する時間を半減期(問3)とよばれる放射線を放出しながら¹⁴Nになる。時刻 t における¹⁴Cの数 N_t は、 $t = 0$ での数を N_0 とすると

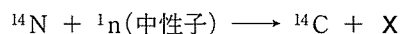
大気中の¹⁴Nに宇宙線によって生じた中性子が衝突すると¹⁴Cが生成し、逆に、¹⁴Cは自然に¹⁴Nに変化するので、大気中には全炭素原子に対して¹⁴Cが一定の割合(存在比)で含まれている。¹⁴CはCO₂として光合成により植物に取り込まれるが、植物が枯れると¹⁴Cは取り込まれなくなり、減少してゆく。したがって、¹⁴C存在比から、年代を推定することができる。(問5)

問1 (A) と (B) にあてはまる語句を答えなさい。

問2 ¹⁴Cの陽子と中性子の数を答えなさい。

問3 半減期を k で表しなさい。

問4 この変化は以下の式で表される。Xとして適切な語句を答えなさい。



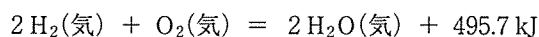
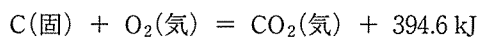
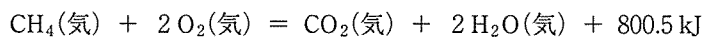
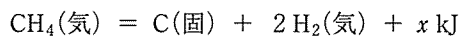
問5 ある遺跡から見つかった木片の¹⁴C存在比は、生きている木の¹⁴C存在比の $\frac{1}{8}$ であった。この木片は、何年前に枯れた木のものと推定されるか、答えなさい。

- (2) 炭素の同素体として黒鉛とダイヤモンドが知られている。これらの他にも炭素原子60個からなる球状分子の(C) や、カーボンナノチューブ、グラフェンなども発見され、ナノカーボン材料と呼ばれて盛んに研究されている。これらのナノカーボン材料では(D) と同様に炭素原子がとなりあう3個の炭素原子と共有結合している。グラフェンは(D) の一層分と同じ構造を持つため、表面積が非常に大きい。カーボンナノチューブやグラフェンは、炭素を含む気体を原料に金属触媒を用いて合成することができる。(問7, 8, 9) これら以外にも多様な炭素材料があり、従来から幅広い分野で利用されてきた。例えば(E) は強度や弾性に優れていて(F) という特徴をいかしてスポーツ用品や航空機などに、(G) は(H) という特徴をいかして脱臭剤や吸着剤などに利用されている。

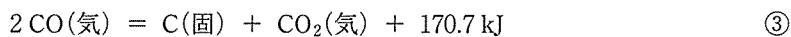
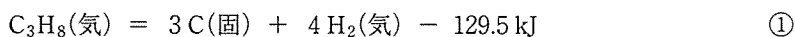
問6 (C) , (D) に適切な語句を答えなさい。なお、(D) は問6の下線で示された範囲の語句から選びなさい。

問7 グラフェンを構成する炭素原子の六員環構造の一辺の長さは0.142 nmである。グラフェン1 gあたりの表裏の合計面積 (m²) を有効数字2桁で求めなさい。

問8 CH₄も、カーボンナノチューブやグラフェンの原料となる。1000 Kにおける固体炭素に関する以下の熱化学方程式を参考にして、 x の値を求めなさい。



問9 固体炭素の生成反応として、①、②、③なども知られている。①、②、③の反応の平衡を考えたとき、高温で生成系が有利になる反応と、高压で生成系が有利になる反応の番号を、それぞれについて全て答えなさい。



問10 (E), (F), (G), (H) にあてはまる最も適切な語句を、以下の (イ) ~ (ヲ) の中から一つずつ選び、記号で答えなさい。

(イ) 黒鉛粒子

(ロ) ダイヤモンド粒子

(ハ) すず

(ニ) 炭素繊維

(ホ) 活性炭

(ヘ) コークス

(ト) 軽い


(チ) 重い

(リ) 多孔質

(ヌ) 緻密

(ル) 絶縁性

(ヲ) 半導体性

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。なお、構造式を書く場合、ベンゼン環は  のように書きなさい。

(1) 構造の異なる有機化合物A～Gがある。これらの構造を調べるために、実験1～8を行った。なお、化合物A～Gの分子式はいずれもC₉H₁₂Oであり、ベンゼン環を含む化合物であることがわかっている。

実験1：化合物A～Gのジエチルエーテル溶液にナトリウムを加えると、いずれの溶液からも気体が発生した。

実験2：化合物A～Gに対して水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると、化合物B、Gの場合のみ特有の臭気のある黄色沈殿が生じた。

実験3：化合物A～Gのクロロホルム溶液に平面偏光を通過させたところ、化合物A、B、C、Gの溶液が平面偏光を回転させる性質（旋光性）を示した。また、化合物A、B、C、Gに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えるといずれも反応した。反応後の生成物に関して、化合物Cから得られた生成物には旋光性があったが、化合物A、B、Gから得られた生成物に旋光性はなかった。

実験4：化合物A～Gに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、化合物Eの場合のみ呈色した。

実験5：化合物A、Bを酸性条件下で加熱したところ、いずれからも化合物Hが得られた。

実験6：化合物D、Eに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えたが、酸化反応は進行しなかった。

実験7：化合物Eを強い酸化剤で酸化したところ、化合物Iが得られた。さらに化合物Iを、触媒量の酸存在下でメタノールと反応させたところ、サリチル酸メチルが得られた。

実験8：化合物Fに対して過マンガン酸カリウム水溶液を加えて十分に加熱したところ、カルボキシ基を3つ有する化合物が得られた。

問1 実験1で反応した化合物A～Gに共通して含まれている官能基の名称と、発生した気体の名称を書きなさい。

問2 上記の実験より得られる情報から、化合物C、Dの構造式を書きなさい。

問3 上記の実験より得られる情報から、化合物Fとして何種類の構造が考えられるかを書きなさい。

問4 実験5で進行した反応の名称と、化合物Hの構造式を書きなさい。

問5 実験7で化合物Iからサリチル酸メチルが得られる反応式を書きなさい。なお、化合物Iとサリチル酸メチルは構造式で書きなさい。

問6 化合物Gとして考えられる化合物の構造式を全て書きなさい。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

(2) 炭素、水素、酸素からなる有機化合物Xがある。化合物Xを29 mg 取り、酸素を十分に通じながら完全燃焼させると二酸化炭素44 mg と水9.0 mg が生成した。また、別の実験から化合物Xの分子量が100以上で140以下であることがわかった。さらに、化合物Xには異性体の化合物Yが存在し、触媒の存在下で化合物Xと化合物Yに水素を作用させると同一の有機化合物を生じた。また、化合物Xを徐々に160℃まで加熱していくと分子内で脱水し、酸無水物として化合物Zが生じた。

問7 化合物Xの分子式を書きなさい。

問8 化合物Yの構造式を書きなさい。

問9 化合物Zの構造式を書きなさい。

問10 下記の説明文を読み、(イ)、(ロ)にあてはまる適切な語句を答えなさい。

化合物Xと化合物Yでは、両者とも分子間に(イ)が形成されるため、融点は比較的高い。しかし、化合物Xでは分子内にも(イ)が形成されるため、分子間での(イ)の数が相対的に少なくなる。したがって、化合物Xの方が化合物Yより融点が低い。一方、化合物Xと化合物Yでは水への溶解度が異なり、その要因の一つとして分子の(ロ)の違いが考えられる。すなわち、分子全体を考えると、化合物Xについては電荷の偏りが生じているが、化合物Yについては電荷の偏りが無い。水分子には(ロ)があるため、分子として(ロ)のある化合物は水に溶けやすい。したがって、化合物Xは水によく溶けるが、化合物Yは水に溶けにくい。

[以下余白]