２０２７年度〈一般公募制〉

適性検査Ⅱ　100点満点

【問題冊子】（１～８ページ）

（注　意）

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後、問題冊子のページ数（１～８ページ）を確認すること。
3. 各ページの余白を下書きに使用してもよい。
4. **試験時間**　11：30～12：30
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

下書き用（採点しない）

【Ⅰ】次の記述を読み，問１～５の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし，0℃，1.013×10^5 Pa における気体 1 mol の体積は 22.4 L とし，原子量はH＝1.0，C＝12.0，N＝14.0，O＝16.0 とする。

（33 点）

窒素Nとリンpは元素の周期表の１５族の元素であり，原子は〔ア〕個の価電子をもつ。

気体の窒素N_2は，空気中に体積で約78%含まれ，常温では安定であるが，高温では酸素O_2や水素H_2と反応する。例えば，自動車のエンジンなどで物質が燃焼すると，高温となった空気中の窒素は酸化され，窒素酸化物とよばれる大気汚染物質となりヒトの健康に悪影響を及ぼす。一方，窒素と水素を原料とし，四酸化三鉄Fe_3O_4を触媒に用いる〔イ〕法でつくられるアンモニアNH_3は，窒素肥料や硝酸HNO_3などの原料として利用される。硝酸は，染料，肥料，医薬品の製造や合成に使用され，(a) 工業的には，白金を触媒としてアンモニアを空気中の酸素と反応させる工程から始まる〔ウ〕法により生産される。硝酸は，強酸であるとともに酸化力が強い。(b) 銅との反応において，濃硝酸は二酸化窒素，希硝酸は一酸化窒素を発生させる。

リンの同素体には，(c) 赤リンと黄リンなどがあり，それぞれ異なった特徴をもつ。リンの単体を空気中で燃やすと，十酸化四リンP_4O_{10}の白煙が生じる。十酸化四リンには吸湿性があり，空気中に放置すると，水分を吸収して溶ける潮解性がある。十酸化四リンを水に溶かして加熱すると，リン酸H_3PO_4が得られる。(d) リン酸水溶液を電解液とし，触媒作用をもつ多孔質の金属膜を電極とした電池を，リン酸型燃料電池という。

問１〔ア〕に入る最も適当な数値を，〔イ〕および〔ウ〕に入る最も適当な語句を記せ。

問２ 下線部(a)の工業的製法では，硝酸はアンモニアを原料として下記①～③の工程により製造される。

工程①：白金Ptを触媒としてアンモニアを一酸化窒素NOにする。

工程②：$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

工程③：$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$

これら①～③の工程は，次式のようにまとめることができる。

$$NH_3 + 2O_2 \longrightarrow HNO_3 + H_2O$$

（ⅰ） 工程①の化学反応を反応式で記せ。

（ⅱ） 0℃，1.013×10^5 Pa において 500 L のアンモニアを原料としたとき，この工業的製法により質量パーセント濃度が 63.0%の硝酸（密度 1.40 g/cm^3）を最大で何 L 得られるか。答は四捨五入して小数第１位まで記せ。

問３　下線部(b)について，次の問に答えよ。

（ｉ）　濃硝酸と銅の化学反応の反応式を記せ。

（ii）　一酸化窒素および二酸化窒素について，それぞれの気体を集めるための方法として適切なものはどれか。該当する解答欄の語句を○で囲め。

問４　下線部(c)について，赤リンは常温で自然発火しないが，黄リンは空気中で自然発火する。黄リンの実験室における一般的な保存方法を記せ。

問５　下線部(d)に関連して，リン酸型燃料電池の構成は，電池式で以下のように表すことができる。

$$(-)\ H_2 \mid H_3PO_4\ aq \mid O_2\ (+)$$

（ｉ）　負極と正極でおこる反応を，それぞれ電子e^-を含むイオン反応式で記せ。

（ii）　この電池を 20 A で 3860 秒間放電したとき，生じる水は何 g か。答は四捨五入して小数第１位まで記せ。ただし，ファラデー定数 F は 9.65×10^4 C/mol とする。

【Ⅱ】次の記述を読み，問１～３の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし，大気圧は 1.01×10^5 Pa，絶対零度 0 K は－273℃とし，気体定数 R は 8.3×10^3 Pa・L/(K・mol)とする。また，原子量は H＝1.0，C＝12.0，O＝16.0，Na＝23.0，Cl＝35.5 とする。（33 点）

物質の三態には，固体，液体，気体の状態があり，温度や圧力を変えると状態が相互に変化する。このことを状態変化という。また，温度と圧力に応じて，純物質がどの状態をとるかを示した図を物質の状態図という。図１と図２はそれぞれ水と二酸化炭素の状態図である。状態図において，３つの状態は点Xを中心とした３本の曲線で分けられており，点Xを〔ア〕とよぶ。(a) 液体が気体になる状態変化を蒸発，気体が液体になる状態変化を凝縮という。また，固体から直接気体になる状態変化を〔イ〕という。

状態を分ける境界線上の温度と圧力では，そこで分けられる２つの状態が共存する。曲線XYは〔ウ〕曲線とよばれる。〔ウ〕曲線が途切れた点Y以上の温度や圧力では，物質は液体とも気体とも区別のつかない状態となる。この状態の物質は〔エ〕とよばれる。

一方，混合物は純物質と異なる状態変化を示す。例えば，不揮発性物質を溶かした希薄溶液の凝固点は，純溶媒の凝固点よりも低くなる。この現象を (b) 凝固点降下という。

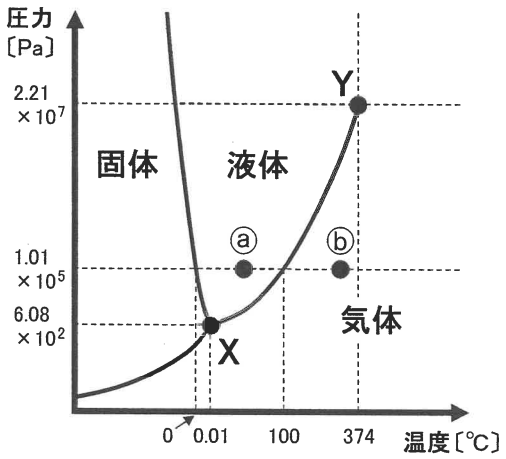


図１　水の状態図

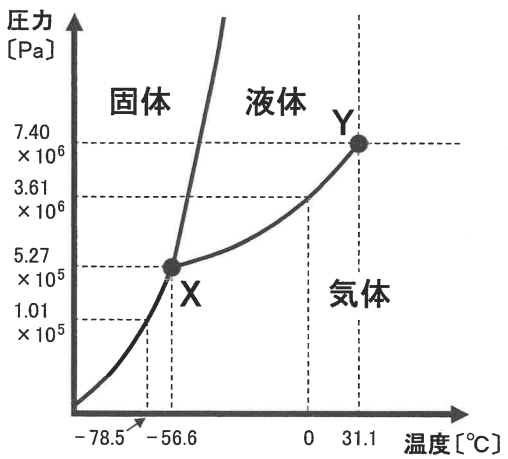


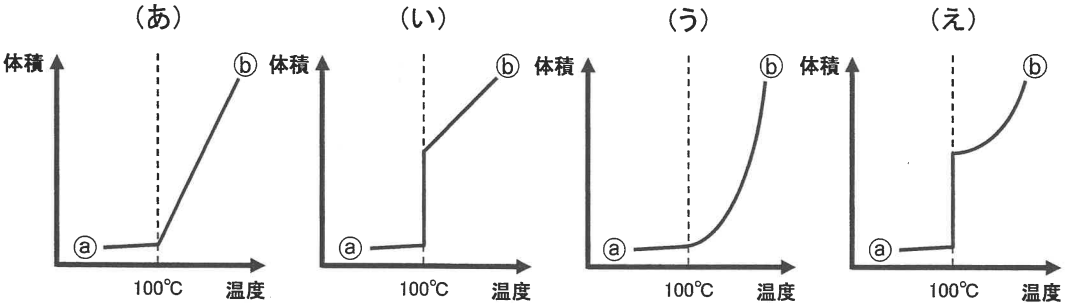
図２　二酸化炭素の状態図

問１〔ア〕～〔エ〕に入る最も適当な語句を記せ。

問２ 下線部(a)に関連して，次の問に答えよ。

（ｉ） 圧力を大気圧に保ったまま，水 18 g を 60℃から 100℃にし，その後すべてを 100℃の気体に変化させるのに必要な熱量は何 kJ か。答は四捨五入して小数第１位まで記せ。ただし，水の液体状態での比熱（1 g の物質の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量）は 4.2 J/(g・K)とし，温度が変化しても同じ値とする。また，100℃での水の蒸発エンタルピーを 41 kJ/mol とする。

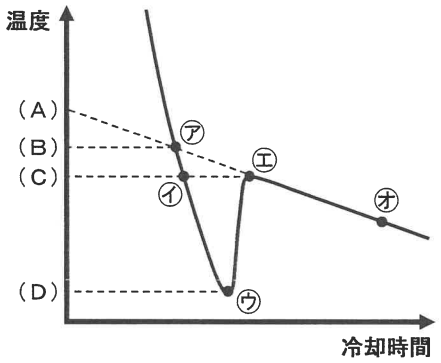
（ii） 図１において点ⓐから点ⓑへと圧力一定でゆっくり加熱したとき，温度に対する体積の変化の特徴を表す図として最も適当なものを次の（あ）～（え）より１つ選び，記号を記せ。



（iii） 真空状態にある容積 2.0 L の容器に 88 g のドライアイス（固体の二酸化炭素）を入れて密閉し，温度を 0℃に保ったまま十分な時間が経過すると，(c) 容器内の二酸化炭素はすべて気体として存在した。このときの容器内の圧力は $p \times 10^{n}$ [Pa] であった。p に入る数値（$1 \leqq p < 10$）を四捨五入して小数第１位まで記せ。また，n に入る数値を整数値で記せ。ただし，本問において二酸化炭素は理想気体としてふるまうものとする。

（iv） （iii）の計算結果をもとに，下線部(c)の理由を記せ。

問３ 下線部(b)に関連して，ある濃度の塩化ナトリウム NaCl水溶液を冷却したところ，過冷却の状態がみられた。右図は，その冷却時間と温度の関係を示した冷却曲線である。次の問に答えよ。



（i） 水の凝固が始まるのはどこか。点㋐～㋓より１つ選び，記号を記せ。

（ii） このNaCl水溶液の凝固点はどれか。図の（A）～（D）より１つ選び，記号を記せ。

（iii） 点㋓から点㋔の範囲において，温度が徐々に低下している理由を記せ。

（iv） 水 250 g に 0.585 g のNaClを溶かした水溶液の凝固点は何℃か。答は四捨五入して小数第２位まで記せ。ただし，NaClはすべて水に溶解し，完全に電離しているものとする。また，大気圧における水の凝固点は 0℃，モル凝固点降下は 1.85 K・kg/mol とする。

【Ⅲ】次の記述を読み，問１～５の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし，原子量はH＝1.0，C＝12.0，O＝16.0 とする。有機化合物の構造式は解答冊子の解答欄の上に示す例にならって記せ。（34 点）

アルカンは，単結合のみからなる鎖式飽和炭化水素であり，炭素原子の数を n とすると，分子式が一般式〔ア〕で表される。また，アルカンの分子から水素原子１個を除いてできる炭化水素基を〔イ〕基という。アルカンは安定で反応性に乏しく，常温付近では多くの試薬に対して反応しない。しかし，(a) アルカンと塩素の混合物に光（紫外線）を当てると反応がおこる。アルカンの例としてあげられる (b) メタンは，酢酸ナトリウムを水酸化ナトリウムとともに加熱すると得られる。

一方，環状構造を含む飽和炭化水素をシクロアルカンといい，化学的性質はアルカンと似ており，一般的に反応性は乏しい。しかし，(c) シクロアルカンの中には化学的に不安定で，臭素と反応するものがある。

炭素原子間に二重結合を１個もつ鎖式不飽和炭化水素をアルケンといい，炭素原子間に三重結合を１個もつ鎖式不飽和炭化水素をアルキンという。アルケンやアルキンは，アルカンと異なり不飽和結合を有するため，付加反応がおこる。炭素数が〔ウ〕個以上のアルケンには，二重結合が回転できないことによって生じる立体異性体が存在することがある。このように，二重結合に対する置換基の空間配置が異なる立体異性体を〔エ〕という。

問１〔ア〕には最も適当な n を用いた一般式を，〔イ〕および〔エ〕には最も適当な語句を，〔ウ〕には最も適当な数値を記せ。

問２ 下線部(a)に関連して，次の問に答えよ。

（ｉ） メタンに塩素を混ぜて紫外線を当てると，メタンの１つの水素原子が塩素原子に置き換わり，クロロメタンが生じた。この化学反応の反応式を記せ。

（ii） プロパンを用いて，以下の実験操作を行った。化合物Ⓐ～Ⓓの構造式を記せ。

操作①: プロパンに塩素を混ぜて紫外線を当てると，プロパンの１つの水素原子が塩素原子に置き換わり，分子式がC_3H_7Clで表される２種類の化合物ⒶとⒷが生成した。その後，ⒶとⒷを分離した。

操作②: Ⓐに塩素を混ぜて紫外線を当てると，Ⓐの１つの水素原子が塩素原子に置き換わり，分子式が$C_3H_6Cl_2$で表される２種類の化合物ⒸとⒹが得られた。

操作③: Ⓑに塩素を混ぜて紫外線を当てると，Ⓑの１つの水素原子が塩素原子に置き換わり，Ⓒを含む３種類の化合物が得られた。

操作① プロパン ＋ 塩素 $\xrightarrow{\text{紫外線}}$ Ⓐ ＋ Ⓑ

操作② Ⓐ ＋ 塩素 $\xrightarrow{\text{紫外線}}$ Ⓒ ＋ Ⓓ

操作③ Ⓑ ＋ 塩素 $\xrightarrow{\text{紫外線}}$ Ⓒを含む3種類の化合物

問３ 下線部(b)について，この化学反応の反応式を記せ。

問４ 下線部(c)について，シクロプロパンに臭素を反応させたところ開環し，分子式が$C_3H_6Br_2$で表される化合物が得られた。この化学反応の反応式を記せ。ただし，有機化合物は構造式で記せ。

問５ 白金触媒の存在下，水素H_2と 3 mL の鎖式不飽和炭化水素Ⓔを混合すると反応が完全に進行し，飽和炭化水素が得られた。このとき，3 mL の水素が消費された。なお，Ⓔ，水素，および酸素はすべて気体として存在し，理想気体としてふるまうものとする。また，気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。

（ｉ） Ⓔの分子式を，n を用いた一般式で記せ。ただし，n は 2 以上とする。

（ii） 7 mL のⒺを完全燃焼させたとき，42 mL の酸素O_2が消費された。Ⓔの分子式を記せ。

下書き用（採点しない）