2017 年 度 入 学 試 験 問 題

化　　学

（試験時間　13：15～14：45　90 分）

1．この問題冊子が，出願時に選択した科目のものであることを確認のうえ，解答してください。

2．解答用紙には，記述解答用紙とマーク解答用紙の 2 種類がありますので注意してください。

3．解答は，必ず解答欄に記入およびマークしてください。解答欄以外への記入およびマークは無効となりますので注意してください。

4．解答は，ＨＢの鉛筆またはシャープペンシルを使用し，訂正する場合は，プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に，マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。

5．解答用紙を折り曲げたり，汚したりしないでください。また，マーク解答用紙を記述解答用紙の下敷きに使用しないでください。

6．解答用紙には，必ず受験番号と氏名を記入およびマークしてください。

7．マーク解答用紙への受験番号の記入およびマークは，コンピュータ処理上非常に重要なので，誤記のないよう特に注意してください。

問題Ⅰの解答は，マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題Ⅱ，Ⅲ，Ⅳの解答は，記述解答用紙の解答欄に書きなさい。必要な場合は，次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.00，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0，Na = 23.0，Al = 27.0，P = 31.0，S = 32.1，K = 39.1，Ar = 40.0，Ca = 40.1，I = 127，Ba = 137

気体定数：$R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)

ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

アボガドロ定数：$N_A = 6.02 \times 10^{23}$/mol

Ⅰ　以下の問い(1)～(8)の解答は，それぞれの解答群のどれに該当するか。番号を選んでマークしなさい。(40 点)

(1) 同じ元素でも原子核の質量が異なるいくつかの同位体を持つ場合がある。それらの同位体を区別するため，原子番号と質量数を元素記号の横に書き，例えば${}^{4}_{2}\mathrm{He}$のように表す。

放射性の同位体は何らかの粒子を放出したり吸収したりすることにより，原子番号や質量数を変えることがある。例えば，${}^{40}_{19}\mathrm{K}$の場合には，(a)原子の内側の軌道にある電子（eで表す）が原子核に引き込まれて陽子（pで表す）の1つをe＋p→nの式にしたがって中性子（nで表す）に変えてしまう反応と，逆に(b)原子核にある中性子の1つがn→p＋eの式にしたがって陽子に変わり，電子を原子核の外に放出する反応の2つが可能である。

${}^{40}_{19}\mathrm{K}$から上記(a)，(b)の反応によりできる原子核の組み合わせとして正しいものを，以下の解答群から1つ選びなさい。どちらの反応でも陽子や中性子が原子核の外に飛び出すことはない。

［解答群］

① ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$のみ　② ${}^{40}_{18}\mathrm{K}$のみ　③ ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$のみ

④ ${}^{40}_{18}\mathrm{K}$と${}^{40}_{20}\mathrm{K}$　⑤ ${}^{40}_{19}\mathrm{Ar}$と${}^{40}_{20}\mathrm{K}$　⑥ ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$と${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$

⑦ ${}^{39}_{18}\mathrm{Ar}$と${}^{41}_{20}\mathrm{Ca}$　⑧ ${}^{41}_{19}\mathrm{K}$と${}^{39}_{20}\mathrm{K}$

(2) 放射性同位体が崩壊するとき，一定時間の間に崩壊する原子の数は原子の存在量に比例する。その結果，まだ崩壊していない原子の数は半減期と呼ばれる時間が経過するごとにもとの$\frac{1}{2}$に減少する。仮に半減期が10年の放射性同位体X，半減期が20年の放射性同位体Y，および半減期が30年の放射性同位体Zがあったとする。

ある時点でX，Y，Zの存在量が1 molずつであったとき，この時から60年後にも崩壊せずに残っているX：Y：Zの物質量の比として正しいものを，以下の解答群から1つ選びなさい。ただし，X，Y，Zの崩壊で生成する同位体はどれもX，Y，Zとは異なるものとする。

[解答群]

① 1：2：3　② 1：2：4　③ 1：4：8

④ 1：4：16　⑤ 1：8：16　⑥ 1：8：32

⑦ 1：16：32　⑧ 1：16：64

(3) グルコース（$C_6H_{12}O_6$）4.50 g を，水 100 g に溶解させた水溶液の凝固点は −0.463℃であった。この結果を用いて算出される水のモル凝固点降下はいくらか。最も近いものを，以下の解答群から１つ選びなさい。

［解答群］

① 0.125 K・kg/mol　② 0.562 K・kg/mol　③ 1.02 K・kg/mol

④ 1.26 K・kg/mol　⑤ 1.85 K・kg/mol　⑥ 2.33 K・kg/mol

⑦ 2.65 K・kg/mol　⑧ 3.02 K・kg/mol

(4) 濃度 0.20 mol/L の水酸化バリウム水溶液 25 mL に，ある量の二酸化炭素を吹き込むと，それはすべて白色沈殿の生成に使われた。この溶液をしばらく置いた後，ろ過を行い，沈殿とろ液 25 mL を完全に分離させた。このろ液の内 10 mL をビーカーに移した後，0.10 mol/L の塩酸で中和滴定を行ったところ 24 mL を要した。

最初に吹き込んだ二酸化炭素の物質量はいくらか。最もふさわしいものを，以下の解答群から 1 つ選びなさい。

［解答群］

① 1.0×10^{-3} mol　② 2.0×10^{-3} mol　③ 3.0×10^{-3} mol

④ 4.0×10^{-3} mol　⑤ 5.0×10^{-3} mol　⑥ 6.0×10^{-3} mol

⑦ 7.0×10^{-3} mol　⑧ 8.0×10^{-3} mol

(5) 図1は，メタンの3つの水素原子を置換基X，Y，Zで置き換えた化合物の立体構造を示している。ここで水素（H）は紙面の奥に，Xは紙面の手前，Y，Zおよび炭素（C）は紙面上にある。

図2に示したL-アラニンの鏡像異性体の立体構造としてふさわしいものを，以下の解答群から1つ選びなさい。

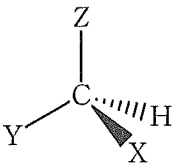


図1

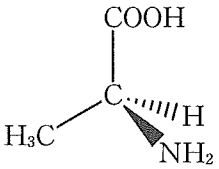
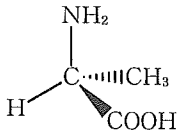
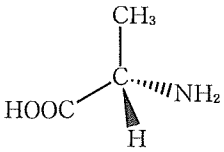


図2

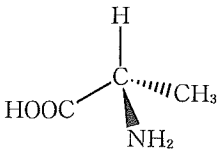
［解答群］



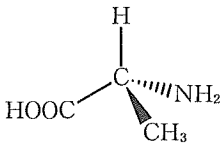
①



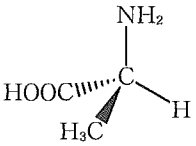
②



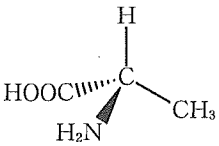
③



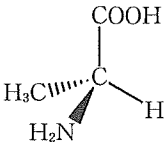
④



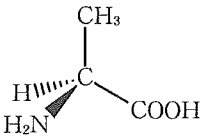
⑤



⑥



⑦



⑧

(6) 温度 0℃，圧力 1.0×10^5 Pa でエチレン 4.0 L とアセチレン 1.0 L を容積 5.0 L の容器に入れて混合した。ここに，水素を導入し，容器内の全圧力を 1.0×10^6 Pa とした。

触媒を用いて，水素をエチレンとアセチレンの混合気体に完全に付加させると容器内の全圧力は何 Pa となるか。最もふさわしい数値を，以下の解答群から 1 つ選びなさい。

［解答群］

① 4.0×10^5　② 4.8×10^5　③ 5.6×10^5　④ 6.4×10^5

⑤ 7.2×10^5　⑥ 8.0×10^5　⑦ 8.8×10^5　⑧ 9.6×10^5

(7) 濃度 0.10 mol/L の硫酸ナトリウム水溶液 10 mL を過剰量のスルホ基をもつ陽イオン交換樹脂に通して得られた水溶液を中和するには，0.10 mol/L の [(a)] が [(b)] mL 必要である。また，濃度 0.10 mol/L の硫酸ナトリウム水溶液 10 mL を過剰量のアルキルアンモニウム基の水酸化物をもつ陰イオン交換樹脂に通して得られた水溶液を中和するには，0.10 mol/L の [(c)] が [(d)] mL 必要である。[(a)] ～ [(d)] に入る語句や数値の正しい組み合わせを，以下の解答群から 1 つ選びなさい。

［解答群］

	(a)	(b)	(c)	(d)
①	塩酸	10	NaOH 水溶液	10
②	塩酸	10	NaOH 水溶液	20
③	塩酸	20	NaOH 水溶液	10
④	塩酸	20	NaOH 水溶液	20
⑤	NaOH 水溶液	10	塩酸	10
⑥	NaOH 水溶液	10	塩酸	20
⑦	NaOH 水溶液	20	塩酸	10
⑧	NaOH 水溶液	20	塩酸	20

(8) フェノール，ニトロベンゼン，サリチル酸，アニリンをジエチルエーテルに溶かした混合溶液に塩酸を加えてかくはん後静置したところ，[(a)] の塩は水層-1に，[(b)] と [(c)] と [(d)] はエーテル層-1（ジエチルエーテル溶液の部分）に含まれていた。水層-1とエーテル層-1を分液ロートで分離した。[(b)] と [(c)] と [(d)] を含むエーテル層-1に水酸化ナトリウム水溶液を加えてかくはん後静置すると，[(b)] の塩と [(c)] の塩は水層-2に，[(d)] はエーテル層-2に含まれていた。水層-2とエーテル層-2を分液ロートで分離した後，水層-2に炭酸ガスを十分吹き込み，ジエチルエーテルを加えてかくはん後静置したところ，[(b)] はエーテル層-3に，[(c)] の塩は水層-3に含まれていた。芳香族化合物 [(a)] ～ [(d)] について，最もふさわしい組み合わせを解答群から1つ選びなさい。

［解答群］

	(a)	(b)	(c)	(d)
①	サリチル酸	アニリン	フェノール	ニトロベンゼン
②	サリチル酸	ニトロベンゼン	アニリン	フェノール
③	フェノール	ニトロベンゼン	サリチル酸	アニリン
④	フェノール	ニトロベンゼン	アニリン	サリチル酸
⑤	フェノール	アニリン	ニトロベンゼン	サリチル酸
⑥	アニリン	フェノール	サリチル酸	ニトロベンゼン
⑦	アニリン	フェノール	ニトロベンゼン	サリチル酸
⑧	アニリン	サリチル酸	フェノール	ニトロベンゼン

II　次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。(20 点)

水分子のO原子は2組の非共有電子対を持ち，液体状態では隣り合う水分子のH原子との間に水素結合を生ずる。O原子と共有結合した2個のH原子もそれぞれ隣り合う水分子のO原子と水素結合できる。したがって，1個の水分子は合せて最大 [(a)] 本の水素結合を周囲の分子との間に形成することができる。そのため水分子どうしの結びつきは強く，大気圧（101 kPa）の下で水は100℃という高い沸点を示す。

アンモニアの場合はH原子が各分子に3個あるのに対して，水素結合の相手となるN原子の非共有電子対は1組しかない。そのため，アンモニア分子は液体状態で1つの分子が周囲の分子と作る水素結合の数は平均して水の場合ほど多くはない。そのため分子どうしを結びつける力は水の場合より弱く，大気圧の下での液体の沸点は−33.4℃であり，水の沸点と比べてかなり低い。

しかし，温度を下げなくても，高い圧力の下ではアンモニアは液化しやすく，例えば20℃でも気体に860 kPaの圧力をかければ凝縮して液体となる。耐圧容器を用いれば，大量の液体アンモニアを室温で保管することができる。液体アンモニアの密度は20℃で0.612 g/cm^{3}なので，例えば体積1000 mLの液体アンモニアにはH原子が質量にして [(b)] g含まれる計算である。この値は−253℃の低温の下に置かれた液体水素1000 mLに含まれるH原子の質量に比べても大きい。

近年，水素エネルギーの利用が注目を集めているが，さまざまな方法でつくられた水素をH_2ガスの形でなく，窒素と反応させてNH_3とし，さらにそれを液化して輸送・保管することも安全確保のために有力な手段だと考えられている。消費地まで液体で運んでから気体にし，触媒を用いてNH_3の分解反応を行えば，容易にH_2を取り出すことができる。

さらには，(c)アンモニアを直接燃焼させて，(d)生じた熱エネルギーを発電に用いる試みも行われている。

問い

(1) [(a)] に入る数を整数値で書きなさい。

(2) [(b)] に入る数値を有効数字3桁で求めなさい。

(3) 下線部(c)の反応式を NH_3 1 mol あたりの式で書きなさい。ただし，反応物も生成物もすべて気体であり，**N 原子はすべて N_2 になるものとする。**

(4) 下線部(d)の燃焼熱を NH_3 1 mol あたりの値として，有効数字3桁で求めなさい。ただし，H_2O（気体），NH_3（気体）の生成熱はそれぞれ 241.8 kJ/mol，および 46.1 kJ/mol である。

III　次の文章を読み，問い(1)～(4)に答えなさい。(20点)

窒素（N），カリウム（K）と並び肥料の3要素の1つであるリン（P）は，自然界に単体としては存在しない。このため，リンの単体はリン鉱石に含まれるリン酸カルシウム（$Ca_3(PO_4)_2$）を原料として次の工程により得られている。

1．(a)リン酸カルシウムを，コークス（C）および石英（SiO_2）と約1500℃で反応させると，ケイ酸カルシウム（$CaSiO_3$）が生成し，このとき，一酸化炭素（CO）と気体状のリン（P_4）が発生する。

2．生成した気体状のリンを水中で凝縮させると黄リンが得られる。

3．得られた黄リンを鉄製の釜に入れ，空気を遮断して純窒素中で約250℃の温度で20～30時間加熱すると赤リンが得られる。

リンを肥料として使用する場合，リンを含み，かつ，水に可溶な化合物が必要となるが，その条件を満たす化合物として，水に可溶なリン酸二水素カルシウム（$Ca(H_2PO_4)_2$）が挙げられる。(b)この化合物はリン酸カルシウムと硫酸を反応させて得ることができる。

問い

(1)　下線部(a)で示される反応は以下の反応式でしめされる。反応式の係数(ア)～(ウ)を書きなさい。

$$\boxed{(ア)}\ Ca_3(PO_4)_2 + \boxed{(イ)}\ SiO_2 + \boxed{(ウ)}\ C \rightarrow \boxed{(イ)}\ CaSiO_3 + \boxed{(ウ)}\ CO + P_4$$

(2)　下線部(a)で示される反応において，石英 SiO_2 の役割として適切なものを，以下の解答群から１つ選び，番号を解答欄に書きなさい。

［解答群］

①　酸化剤　　②　還元剤　　③　触媒　　④　①～③のいずれでもない

(3)　下線部(b)の反応式を書きなさい。

(4)　質量パーセント濃度 80.0％のリン酸カルシウムを含むリン鉱石 1.00 kg を処理して，リン酸二水素カルシウムに変化させるには，質量パーセント濃度 60.0％の硫酸が何 kg 必要か。有効数字２桁で答えなさい。なお，鉱石中の不純物は硫酸とは反応しないものとする。

IV　次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。(20 点)

アミド結合を１つ持つ鎖式有機化合物**A**に濃塩酸を加えて加水分解した後，中和すると化合物**B**（分子式：$C_3H_7NO_2$）と化合物**C**（分子式：$C_4H_6O_5$）ができる。化合物**B**は不斉炭素原子がないアミノ酸で，化合物**C**は不斉炭素原子を１つもつジカルボン酸である。化合物**C**を濃硫酸で加熱すると分子内で脱水反応が起こり，異性体の混合物として化合物**D**と化合物**E**が生成する。この混合物を 160℃で加熱すると化合物**D**から環状の化合物**F**が得られるが，化合物**E**は変化しない。

問い

化合物**B**～**F**の構造式を書きなさい。不斉炭素原子には＊印を付けなさい。なお，構造式は図１の例にしたがって書くこと。

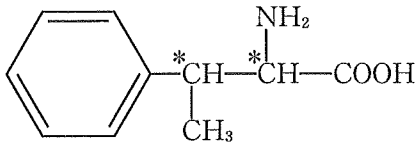


図１　構造式の例