化学基礎・化学

問題は第３問まであります

必要であれば，次の値を用いよ。また，指示がない場合，気体は理想気体として扱ってよい。

アボガドロ定数：$N_A = 6.02 \times 10^{23}$ /mol　　水のイオン積：$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)^2
気体定数：$R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(mol·K)　　ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol
標準状態(0℃，1.013×10^5 Pa)における理想気体のモル体積：22.4 L/mol

原子量：H＝1.0，He＝4.0，Li＝7.0，Be＝9.0，B＝10.8，C＝12.0，N＝14.0，O＝16.0，
F＝19.0，Ne＝20.2，Na＝23.0，Mg＝24.0，Al＝27.0，Si＝28.0，P＝31.0，S＝32.0，
Cl＝35.5，Ar＝40.0，K＝39.0，Ca＝40.0，Sc＝45.0，Ti＝48.0，V＝51.0，Cr＝52.0，
Mn＝55.0，Fe＝56.0，Co＝58.9，Ni＝58.7，Cu＝64.0，Zn＝65.0，Br＝80.0，Ag＝108，
Cd＝112，Sn＝119，I＝127，Ba＝137，Hg＝200，Pb＝207

(解答上の注意)

1．数値を答える場合は，次の指示に従うこと。

・解答欄が 60.61 $\times 10^{62}$，0.63 64，65.66，67 68 の形式の場合には，数値は四捨五入して，有効数字 2 桁で求めよ。

・解答欄が 70.71 72 $\times 10^{73}$，74.75 76，77 78.79 の形式の場合には，数値は四捨五入して，有効数字 3 桁で求めよ。

なお，67，77 は 10 の位を，60，65，68，70，74，78 は 1 の位を，61，63，66，71，75，79 は小数第 1 位を，64，72，76 は小数第 2 位を，62，73 は底 10 に対する指数の 1 の位を表すものとする。

2．化学式を答える場合は，次の指示に従うこと。

・化学式が C_4H_8O のとき，解答欄が $C_{80}H_{81\,82}O_{83}$ の形式の場合には，解答は以下のようになる。

80＝④，81＝⑩，82＝⑧，83＝①

3．特に指示がない場合は，同じ選択肢を重複して使用してもよい。

第１問　次の設問に答えよ。

問１　天然の塩素には，質量数 35 の塩素原子が 75%，質量数 37 の塩素原子が 25%の割合で存在する。よって，1.0 mol の塩素分子には最も質量の小さい塩素分子が［1］.［2］$\times 10^{[3][4]}$ 個含まれる。［1］～［4］に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。

解答番号［1］～［4］

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問２　ある濃度の水酸化ナトリウム水溶液の pH を測定したところ 12.0 であった。水溶液の密度を 1.0 g/cm^3 とすると，水酸化ナトリウムの質量パーセント濃度は［5］.［6］$\times 10^{-[7]}$% である。［5］～［7］に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。

解答番号［5］～［7］

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問３　酸化還元反応であるものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号［8］**

① $KOH + HCl \longrightarrow KCl + H_2O$
② $NaHCO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + CO_2 + H_2O$
③ $AgNO_3 + HCl \longrightarrow AgCl + HNO_3$
④ $SO_2 + H_2O_2 \longrightarrow H_2SO_4$
⑤ $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$
⑥ $FeS + H_2SO_4 \longrightarrow H_2S + FeSO_4$

問４　硫酸銅(Ⅱ)水溶液 200 mL に白金電極を用いて 0.50 A の電流を通じたところ，32 分 10 秒ですべての銅(Ⅱ)イオンが銅となって陰極に析出した。次の問(ⅰ),(ⅱ)に答えよ。

(ⅰ) 電気分解前の水溶液に含まれていた硫酸銅(Ⅱ)のモル濃度は［9］.［10］$\times 10^{-[11]}$mol/L である。［9］～［11］に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。

解答番号［9］～［11］

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

（ii）陽極で発生した気体の質量は[12][13]mg である。[12]，[13]に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号**[12]，[13]

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問5　6.0 g の非電解質 A を水に溶かして全量 200 mL の水溶液を調製した。27℃においてこの水溶液の浸透圧を測定したところ 4.15×10^5 Pa であった。非電解質 A の分子量は[14][15][16]である。[14]～[16]に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号**[14]～[16]

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問6　2.0 L の容器に水素 5.0 mol とヨウ素 4.0 mol を入れて T〔℃〕に保ったところ，可逆反応 H_2(気) ＋ I_2(気) $\rightleftarrows$ 2HI(気) が平衡状態となり，容器内のヨウ化水素は 6.0 mol であった。次の問(ⅰ),(ⅱ)に答えよ。

（ⅰ）T〔℃〕における平衡定数は[17][18]である。[17]，[18]に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号**[17]，[18]

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

（ⅱ）平衡状態となったのち，容器に水素 1.0 mol とヨウ化水素 1.0 mol を加えた。容器内でおこる現象として適切なものを，次の選択肢①～⑤のうちから一つ選べ。　**解答番号**[19]

① 正反応のみが進行する。
② 逆反応のみが進行する。
③ 平衡が右に移動する。
④ 平衡が左に移動する。
⑤ 平衡は移動しない。

問７　次の選択肢①～⑧のうち，理想気体の状態方程式に最もよく従う気体およびその条件の組み合わせとして適切なものを一つ選べ。　**解答番号** 20

	気体	**温度**	**圧力**
①	水素	低温	低圧
②	水素	低温	高圧
③	水素	高温	低圧
④	水素	高温	高圧
⑤	アンモニア	低温	低圧
⑥	アンモニア	低温	高圧
⑦	アンモニア	高温	低圧
⑧	アンモニア	高温	高圧

第２問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

硫酸は(1)接触法により製造されており，さまざまな化学工業分野で用いられている重要な化合物である。通常，質量パーセント濃度 96～98%の濃硫酸として用意し，(2)必要に応じて希釈してから反応に利用する。硫酸を利用したいくつかの反応を以下に示す。なお，反応(D)では触媒として硫酸を用いている。

$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2$ … 反応(A)

$Cu + 2H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$ … 反応(B)

$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HCl$ … 反応(C)

$HCOOH \longrightarrow CO + H_2O$ … 反応(D)

$C_6H_6 + H_2SO_4 \longrightarrow C_6H_5SO_3H + H_2O$ … 反応(E)

問１　下線部(1)の接触法において，二酸化硫黄を酸化して三酸化硫黄を得る反応では，ある金属Ｍの酸化物(組成式M_2O_5)が触媒として用いられている。触媒化合物中の金属原子Ｍの酸化数として適切なものを，次の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

① ＋1　② ＋2　③ ＋3　④ ＋4　⑤ ＋5

⑥ －1　⑦ －2　⑧ －3　⑨ －4　⑩ －5

問２　下線部(2)について，実験室で濃硫酸を水でうすめる際には，ガラス棒でかき混ぜながら，［ a ］の［ b ］に少しずつ［ c ］を加えていく必要がある。文中の［ a ］～［ c ］に入る語句として適切なものを，次の選択肢①～④のうちからそれぞれ一つ選べ。なお，同じ選択肢を重複して使用してはならない。

［ a ］＝**解答番号** 2

［ b ］＝**解答番号** 3

［ c ］＝**解答番号** 4

① 多量　② 少量　③ 濃硫酸　④ 水

問３　反応(A)～(D)で発生する気体から水蒸気を取り除いて乾燥させる場合，乾燥剤として濃硫酸を使用することができるか。適切なものを，次の選択肢①，②のうちからそれぞれ一つ選べ。

反応(A)＝**解答番号** 5

反応(B)＝**解答番号** 6

反応(C)＝**解答番号** 7

反応(D)＝**解答番号** 8

① 使用できる　② 使用できない

問４　反応(A)，反応(B)および反応(E)で用いる硫酸は希硫酸と濃硫酸のどちらであるか。適切なものを，次の選択肢①～③のうちからそれぞれ一つ選べ。　反応(A)＝**解答番号** 9
反応(B)＝**解答番号** 10
反応(E)＝**解答番号** 11

① 希硫酸　② 濃硫酸　③ どちらでもよい

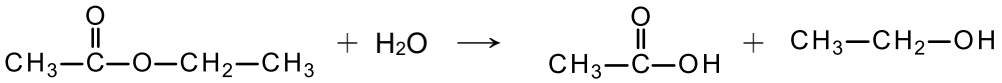
問５　反応(A)～(D)において，硫酸のどのような性質が利用されているか。適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。　反応(A)＝**解答番号** 12
反応(B)＝**解答番号** 13
反応(C)＝**解答番号** 14
反応(D)＝**解答番号** 15

① 強酸性　② 酸化作用　③ 風解性
④ 脱水作用　⑤ 吸湿性　⑥ 不揮発性

第３問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

［Ⅰ］

［ a ］と［ b ］が脱水縮合して生じる化合物をエステルという。分子量の小さいエステルは芳香をもつ液体であり，香料として用いられる。エステルに希塩酸などの強酸を加えて加熱すると，エステル化の逆向きの反応がおこり，［ a ］と［ b ］が生じる。これをエステルの［ c ］という。この反応の一例を次に示す。



化合物 A　　化合物 B　　化合物 C

また，エステルに水酸化ナトリウムのような強塩基の水溶液を加えて加熱すると，［ a ］の塩と［ b ］が生成する。このような塩基を用いたエステルの［ c ］を特に［ d ］という。オリーブ油などの油脂を［ d ］すると，グリセリンとともにさまざまな［ a ］の塩の混合物が得られる。

問１　文中の［ a ］～［ d ］に入る語句として適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちからそれぞれ一つ選べ。なお，同じ選択肢を重複して使用してはならない。

［ a ］＝解答番号［ 1 ］
［ b ］＝解答番号［ 2 ］
［ c ］＝解答番号［ 3 ］
［ d ］＝解答番号［ 4 ］

① アルコール　② エーテル　③ アルデヒド　④ カルボン酸
⑤ 加水分解　⑥ 弱酸の遊離　⑦ けん化　⑧ 乳化

問２　化合物 A～C の名称として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちからそれぞれ一つ選べ。なお，同じ選択肢を重複して使用してはならない。

A＝解答番号［ 5 ］
B＝解答番号［ 6 ］
C＝解答番号［ 7 ］

① ジエチルエーテル　② ギ酸　③ エタノール
④ 酢酸　⑤ メタノール　⑥ 酢酸メチル
⑦ エチルメチルエーテル　⑧ 酢酸エチル　⑨ ギ酸メチル

問３　下線部について，この混合物の水溶液の性質として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから二つ選べ。なお，解答の順序は問わない。　**解答番号**[８]，[９]

① 中性を示す。
② 酸性を示す。
③ 強い酸化作用を示す。
④ 溶液中に会合コロイドが生じている。
⑤ 硫化水素を通じると黒色沈殿が生じる。
⑥ 塩化カルシウムを加えると沈殿が生じる。

［Ⅱ］

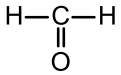
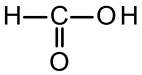
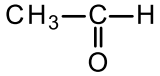
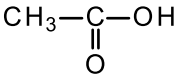
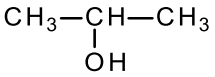
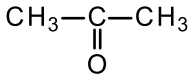
炭素，水素，酸素のみからなる有機化合物Xがあり，分子量が90～110程度であることが分かっている。20.4 mgのXを完全に燃焼させたところ，二酸化炭素が44 mg，水が18 mg生じた。Xに希塩酸を加えて温めると分解され，化合物YとZが得られた。Yの水溶液に青色リトマス試験紙を浸すと赤色に変化した。また，Y の水溶液にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めると銀が析出した。Z は液体の化合物であり，金属ナトリウムを加えると水素が発生した。

問４　化合物 X の分子式は $C_{10}H_{11\,12}O_{13}$ である。10 ～ 13 に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号** 10 ～ 13

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0

問５　化合物Yの構造として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 14

① 
② 
③ 
④ 
⑤ 
⑥ 

問６　化合物Zとして考えられる構造異性体はいくつあるか。適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 15

① 2	② 3	③ 4	④ 5
⑤ 6	⑥ 7	⑦ 8	⑧ 9

問７　化合物Ｚの構造を特定するためにおこなう実験とその結果の記述の組み合わせとして適切なものは，次の４つの実験の中にいくつあるか。適切なものを，下の選択肢①～④のうちから一つ選べ。該当するものがない場合は⑤を選べ。　**解答番号16**

［実験］

・二クロム酸カリウム水溶液を用いて酸化すると，酸性を示す化合物が得られた。これによりＺの構造が特定できる。
・平面偏光をあてて旋光性の有無を調べたところ，不斉炭素原子をもつことがわかった。これによりＺの構造が特定できる。
・水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めると，独特の臭いをもつ淡黄色沈殿が生じた。これによりＺの構造が特定できる。
・触媒を用いて分子内で脱水したところ，炭素鎖に枝分かれをもつアルケンが得られた。これによりＺの構造が特定できる。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 該当なし