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。

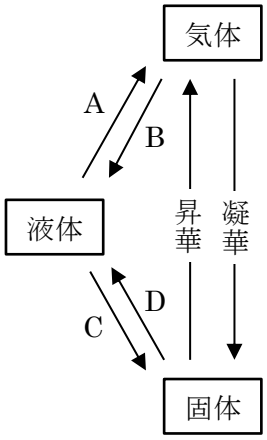
・化学式が C_4H_8O のとき，解答欄が $C_{80}H_{81\,82}O_{83}$ の形式の場合には，解答は以下のようになる。

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　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

物質の状態は温度や圧力によって変化する。(1)固体では粒子が互いに強く結合しており，熱運動しているものの，相互の位置関係は変化しない。液体では粒子は互いに緩く結合しているものの，熱運動により絶えず相互の位置関係が変化している。(2)気体では粒子間の結合が完全に切断され，一つ一つの粒子は自由に熱運動している。そのため，(3)固体や液体と比べて気体の体積は非常に大きくなる。一般に，一定圧力のもとで固体を加熱していくとまず液体となり，さらに加熱すると気体になる。しかし，(4)圧力によっては固体から直接気体へと変化することもある。これらの状態変化の模式図を右に示す。



問１　図中の状態変化 A～D を表す用語として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。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 凝縮　② 凝固　③ 蒸発
④ 融解　⑤ 凝析　⑥ 溶解

問２　下線部(1)について，次の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。

(ⅰ) 硫酸ナトリウムの結晶において，構成粒子の一つである SO_4^{2-} では酸素原子と硫黄原子が［ a ］で結びついており，さらに SO_4^{2-} と Na^+ は［ b ］で結びついている。文中の［ a ］，［ b ］に入る語句として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。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

① 金属結合　② イオン結合　③ 配位結合
④ 水素結合　⑤ 共有結合　⑥ ファンデルワールス力

（ii）マグネシウムの結晶は常温常圧において六方最密構造をとる。1個のマグネシウム原子は他のいくつの原子と結合しているか。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 7**

① 2　② 4　③ 6　④ 8
⑤ 10　⑥ 12　⑦ 14　⑧ 16

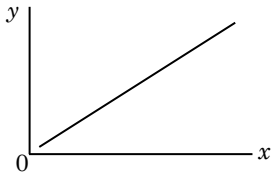
問3　下線部(2)について，次の問(i)，(ii)に答えよ。

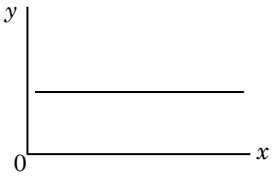
（i）0℃の酸素ガス中では，酸素分子は平均してどのくらいの速さ〔m/s〕で運動しているか。最も適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。 **解答番号 8**

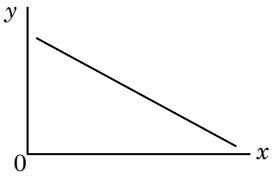
① 3　② 20　③ 80
④ 400　⑤ 2000　⑥ 6000

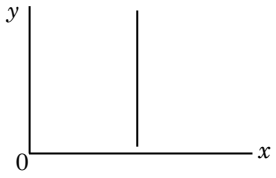
（ii）温度や体積を変えられる容器に一定量の酸素を入れて実験をおこなった場合，次のような条件において x と y の関係はどのようになるか。適切なグラフを，下の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。なお，同じ選択肢を重複して使用してもよい。

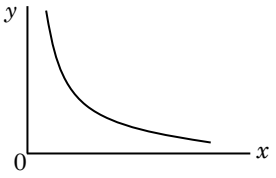
・温度を一定としたときの圧力(x)と体積(y)の関係 **解答番号 9**
・圧力を一定としたときの絶対温度(x)と体積(y)の関係 **解答番号 10**
・温度を一定としたときの圧力(x)と圧力×体積(y)の関係 **解答番号 11**

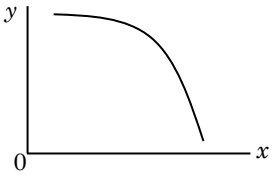
①


②


③


④


⑤


⑥


問４　下線部(3)について，次の問(ⅰ),(ⅱ)に答えよ。

(ⅰ) 液体状態の水素の密度は 0.071 g/cm^3 である。よって，2.0 L の液体状態の水素の物質量は 12 13 mol 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

(ⅱ) 2.0 L の液体水素が 27℃，1.0×10^5 Pa の下で気体状態になったとすると，その体積は液体と比べて 14 . 15 $\times10^{16}$ 倍となる。 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５　下線部(4)について，1.0×10^5 Pa の下で昇華する性質をもつ物質は次の語群の中にいくつあるか。適切なものを，下の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。該当するものがない場合は⑦を選べ。　**解答番号** 17

［語群］水，ドライアイス（二酸化炭素），二酸化窒素，塩素，臭素，ヨウ素

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 該当なし

第２問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

アルミニウムは 13 族の金属元素であり，その原子は［ a ］殻に［ b ］個の価電子をもつ。価電子を放出して陽イオンになりやすいため，単体は天然に存在せず，おもに鉱石として地殻中に存在する。地殻を構成する元素の中では，質量比で酸素，［ c ］についで３番目に多い。

アルミニウムの単体は［ d ］によって製造される。まず，原料である［ e ］から不純物を取り除いて［ f ］（純粋な酸化アルミニウム）を精製する。これを約 1000℃で融解した［ g ］に溶かし，炭素電極を用いて電気分解することで，陰極においてアルミニウムが生成する。このとき，陽極では炭素がイオン化して(1)一酸化炭素や二酸化炭素が発生する。

金属アルミニウムは空気中に放置すると表面に緻密な酸化被膜を生じるため，内部まで酸化が進行しない。この状態を(2)不動態という。また，アルミニウムは塩酸や希硫酸に溶けるとともに，(3)水酸化ナトリウム水溶液に対しても錯イオンを形成しながら溶ける。

問１　文中の［ a ］，［ b ］に入る語句として適切なものを，次の選択肢①～⑩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 ］

① K	② L	③ M	④ N	⑤ 1
⑥ 2	⑦ 3	⑧ 4	⑨ 5	⑩ 6

問２　文中の［ c ］に入る語句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［ 3 ］

① 水素	② 窒素	③ 硫黄
④ 鉄	⑤ ケイ素	⑥ 塩素

問３　文中の［ d ］に入る語句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［ 4 ］

① 接触法	② ハーバー・ボッシュ法	③ アンモニアソーダ法
④ 電解精錬	⑤ 溶融塩電解	⑥ イオン交換膜法

問４　文中の［ e ］～［ g ］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。　［ e ］＝解答番号［5］
［ f ］＝解答番号［6］
［ g ］＝解答番号［7］

① 磁鉄鉱　② テルミット　③ 閃亜鉛鉱　④ アルミナ
⑤ 氷晶石　⑥ 輝銀鉱　⑦ セッコウ　⑧ ボーキサイト

問５　下線部(1)について，次の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。

(ⅰ) 一酸化炭素について述べた次の文(A)～(C)を読み，下の選択肢①～⑦のうちから，記述が正しい文の記号だけがすべて含まれているものを一つ選べ。なお，記述の正しい文が一つもないときには該当なしの⑧を選べ。　解答番号［8］

［文］
(A) 高温では還元作用を示して酸化鉄を還元する。
(B) 無色で無臭の気体である。
(C) 毒性がある。

① (A), (B), (C)　② (A), (B)　③ (B), (C)　④ (A), (C)
⑤ (A)　⑥ (B)　⑦ (C)　⑧ 該当なし

(ⅱ) 二酸化炭素について述べた次の文(A)～(C)を読み，下の選択肢①～⑦のうちから，記述が正しい文の記号だけがすべて含まれているものを一つ選べ。なお，記述の正しい文が一つもないときには該当なしの⑧を選べ。　解答番号［9］

［文］
(A) 水酸化ナトリウム水溶液に溶けにくい。
(B) 乾燥剤として酸化カルシウムを用いることができる。
(C) 石灰石を熱分解すると生じる。

① (A), (B), (C)　② (A), (B)　③ (B), (C)　④ (A), (C)
⑤ (A)　⑥ (B)　⑦ (C)　⑧ 該当なし

問６　下線部(2)について，アルミニウムは濃硝酸に加えた場合も不動態となって溶けない。同様に濃硝酸には不動態をつくるため溶けない金属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** 10

① 鉄　② 銅　③ 銀
④ 白金　⑤ 金　⑥ 亜鉛

問７　下線部(3)の反応を表す次の化学反応式中の空欄に入る係数として適切なものを，下の選択肢①～⑨のうちからそれぞれ一つ選べ。係数が１の場合は①を選べ。

解答番号 11 ～ 15

$$\boxed{11}\mathrm{Al} + \boxed{12}\mathrm{NaOH} + \boxed{13}\mathrm{H_2O} \longrightarrow \boxed{14}\mathrm{Na[Al(OH)_4]} + \boxed{15}\mathrm{H_2}$$

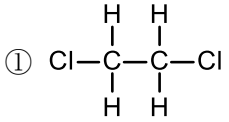
① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

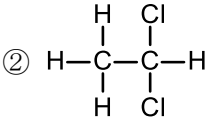
問８　アルミニウムの製造において，陰極で 5.4 kg のアルミニウムが生成し，また陽極では標準状態で 4.48×10^3 L の混合気体が発生した。このとき得られた混合気体中の一酸化炭素と二酸化炭素の物質量比として適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。なお，選択肢の比は一酸化炭素：二酸化炭素で表してある。　**解答番号** 16

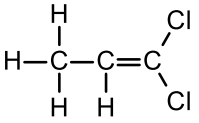
① 1 : 1　② 1 : 2　③ 2 : 1　④ 2 : 3
⑤ 3 : 2　⑥ 2 : 5　⑦ 5 : 2　⑧ 3 : 8

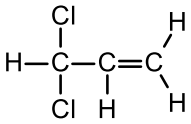
第３問　次の設問に答えよ。

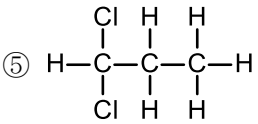
問１　1,1－ジクロロプロパンの構造として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

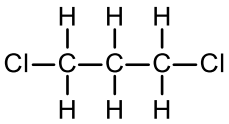
① 

② 

③ 

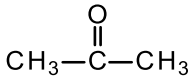
④ 

⑤ 

⑥ 

問２　エタノールと濃硫酸を混合して加熱したときに得られる化合物として適切なものを，次の選択肢①～⑨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** 2 , 3

① $CH_3—CH_3$　② $CH_2=CH_2$　③ $CH\equiv CH$

④ $CH_3—O—CH_3$　⑤ 　⑥ $CH_3—OH$

⑦ $C_2H_5—O—C_2H_5$　⑧ $C_2H_5—O—CH_3$　⑨ $C_2H_5—O—COOH$

問３　クロロベンゼンと水酸化ナトリウム水溶液を混合して高温高圧で反応させると化合物 X が得られる。さらに，X を高温高圧のもと二酸化炭素と反応させると化合物 Y が得られ，Y を希硫酸と反応させると化合物 Z が得られる。Z について述べた次の文(A)～(C)を読み，下の選択肢①～⑦のうちから，記述が正しい文の記号だけがすべて含まれているものを一つ選べ。なお，記述の正しい文が一つもないときには該当なしの⑧を選べ。　**解答番号** 4

［文］

(A) 不斉炭素原子をもつ。

(B) 水溶液は酸性を示す。

(C) メタノールと反応させると消炎鎮痛作用をもつ化合物が得られる。

① (A), (B), (C)　② (A), (B)　③ (B), (C)　④ (A), (C)

⑤ (A)　⑥ (B)　⑦ (C)　⑧ 該当なし

問４　ニトロベンゼンとフェノールを含むジエチルエーテル溶液に塩酸を加えて水層Ａとエーテル層に分離した。次に，このエーテル層に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたのち，水層Ｂとエーテル層Ｃに分離した。ニトロベンゼンとフェノールは主にＡ～Ｃのいずれに含まれているか。適切な組み合わせを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。　**解答番号 5**

	ニトロベンゼン	フェノール
①	A	A
②	A	B
③	A	C
④	B	A
⑤	B	B
⑥	B	C
⑦	C	A
⑧	C	B
⑨	C	C

問５　分子式 C_7H_7Br で表される芳香族化合物にはいくつの異性体が存在するか。適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。　**解答番号 6**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

問６　赤銅色の銅線をガスバーナーの炎に入れて熱すると，［ a ］が生じて表面が黒色に変化した。この銅線を熱い状態のまま試験管に入れたメタノールに近づけたところ，表面が［ b ］，試験管から刺激臭をもつ気体が発生した。この気体は［ c ］である。文中の［ a ］～［ c ］に入る語句として適切なものを，次の選択肢①～⑨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 7**
［ b ］＝**解答番号 8**
［ c ］＝**解答番号 9**

① 酸化銅(Ⅰ)　② 酸化銅(Ⅱ)　③ 硫化銅(Ⅱ)
④ 赤褐色に変化し　⑤ 燃焼して炎をあげ　⑥ 赤銅色に戻り
⑦ ホルムアルデヒド　⑧ ギ酸　⑨ アセトン

問7　鎖式不飽和炭化水素 A は炭素数が 4 であることがわかっており，一定量の A を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 176 mg と水 54 mg が得られた。2.7 g の A にニッケルを触媒として水素を付加させる場合，すべて飽和炭化水素に変換するために必要な水素の物質量は 0.[10][11] mol である。[10]，[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[10]，[11]

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