

1. 次の文章を読み、問に答えなさい。

〔I〕

生体内で起こるさまざまな化学反応は、37℃付近という比較的穏やかな条件下で進行する。  
[ア] は生体内で働く触媒である。肝臓や血液などに含まれる [ (1) ] は、[ア] の一種であり、[a] を分解して酸素と [b] を生成させる。実験室では、酸化マンガン(IV)を触媒とし、[a] を分解して酸素を発生させることができる。

硝酸  $\text{HNO}_3$ 、リン酸  $\text{H}_3\text{PO}_4$  のように、分子中に酸素を含む酸を [イ] という。塩素を中心原子とした [イ] の場合、塩素と結合した酸素の数が多いほど、水溶液の酸性は [ウ] くなる。塩素を中心原子とした [イ] のうち、塩素と結合した酸素の数が最も少ない [c] は一般に漂白剤の主成分として使われている。

酸素に紫外線が当たると、酸素の同素体である [d] が発生する。[d] は分解しやすく、強い酸化作用を示す。このため、飲料水の殺菌や繊維の漂白などに用いられる。① [d] は水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を [エ] 色に変化させる。

酸素と同族元素である [オ] は、単体として火山地帯で多く産出される。[オ] の水素化合物には [カ] 作用があるため、ヨウ素と反応するとヨウ化水素が生じる。[オ] の水素化合物と鉛イオンが反応した場合、[キ] 色の沈殿が生じる。この反応は②タンパク質中の [オ] を含むアミノ酸の検出にも使われる。また、[オ] の二酸化物は、水と反応して [e] となるため、大気中に放出されると酸性雨の原因の一つになる。

問1 [ア] ~ [キ] に入る適切な語を解答用紙に書きなさい。

問2 [a] ~ [e] に入る化合物の化学式を解答用紙に書きなさい。

問3 [ (1) ] に入る語を下から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。

- 1 アミラーゼ      2 カタラーゼ      3 トリプシン      4 ペプチダーゼ  
5 リパーゼ

問4 下線部①について、[d] とヨウ化カリウムと水が反応するときの化学反応式を解答用紙に書きなさい。

問5 下線部②に該当するものを下から選び、その番号をマークシートの [ (2) ] にマークしなさい。

- 1 アラニン                      2 グルタミン酸              3 システイン  
4 フェニルアラニン              5 リシン

〔Ⅱ〕

隔膜型ガルバニ電池式センサーを使うと、水中に溶解している酸素の量を測定できる。この装置の正極には金、負極には鉛が電極として使われており、内部は水酸化カリウム水溶液で満たされている。また、装置下部には正極と接した隔膜があり、外部から隔膜を透過してきた酸素はすべて正極で反応する仕組みになっている。図1に示すように、水槽に試料水を加え、隔膜型ガルバニ電池式センサーを入れて試料水に溶解している酸素量を測定することにした。

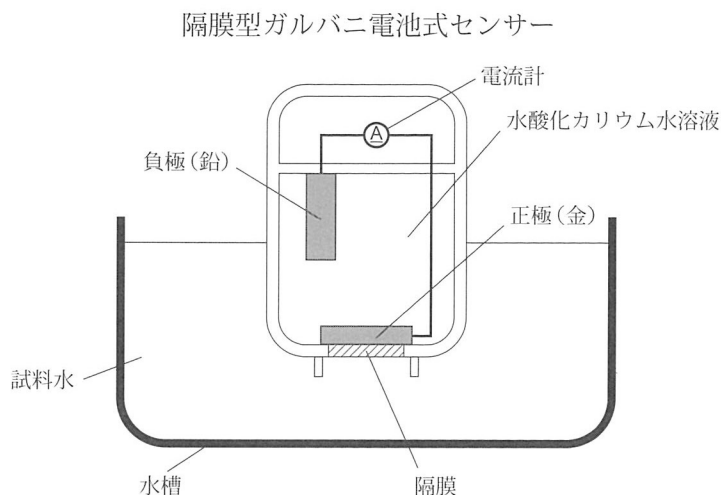
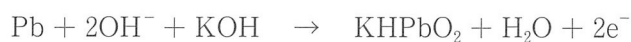


図 1

問6 隔膜型ガルバニ電池式センサーの負極でおこる反応は、以下の式で表すことができる。



正極でおこる反応を、上の式にならって解答用紙に書きなさい。

問7 試料水を隔膜型ガルバニ電池式センサーで1分間測定したところ、平均8.0 mAの電流が流れていた。このとき、隔膜を透過した酸素の量は  $\boxed{(3)}.\boxed{(4)} \times 10^{-\boxed{(5)}} \text{g}$  である。  
 $\boxed{(3)} \sim \boxed{(5)}$ に入る適切な数字を、マークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(3)}$ には0でない数字が入る。

2. 次の文章を読み、問に答えなさい。

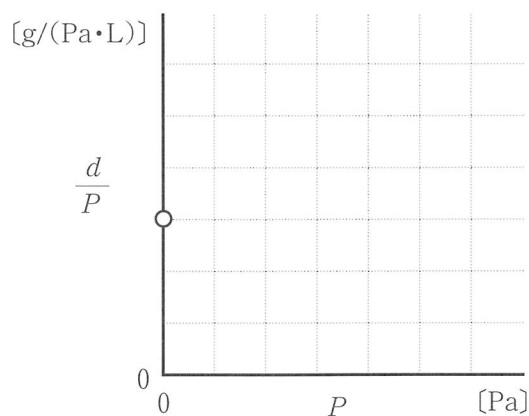
気体の密度は、温度や圧力によって変化する。理想気体において、一定物質量の気体の密度は、温度が一定のとき圧力  $P$  に  し、圧力が一定のとき絶対温度  $T$  に  する。この気体の分子量  $M$  は、密度  $d$  [g/L]、温度  $T$  [K]、圧力  $P$  [Pa]、気体定数  $R$  [Pa・L/(K・mol)] を用いて、 $M =$   と表すことができる。

一方、実在気体は、温度が低いほど、また圧力が高いほど、理想気体から外れたふるまいをする。  
① 実在気体と理想気体の分子量が同じであるとするとき、実在気体の密度は、温度が低いほど理想気体の密度より  くなり、圧力が高いほど理想気体の密度より  くなる。

問1  ,  に入る適切な語を解答用紙に書きなさい。

問2  に入る適切な式を解答用紙に書きなさい。

問3 一定物質量の理想気体における、一定温度での気体密度  $d$  と圧力  $P$  の比 ( $d/P$ ) を縦軸、 $P$  を横軸として、両者の関係を表すグラフを解答用紙に描きなさい。ただし、圧力  $P$  を限りなく 0 に近づけたときの  $d/P$  をグラフ中の白丸 (○) で表す。



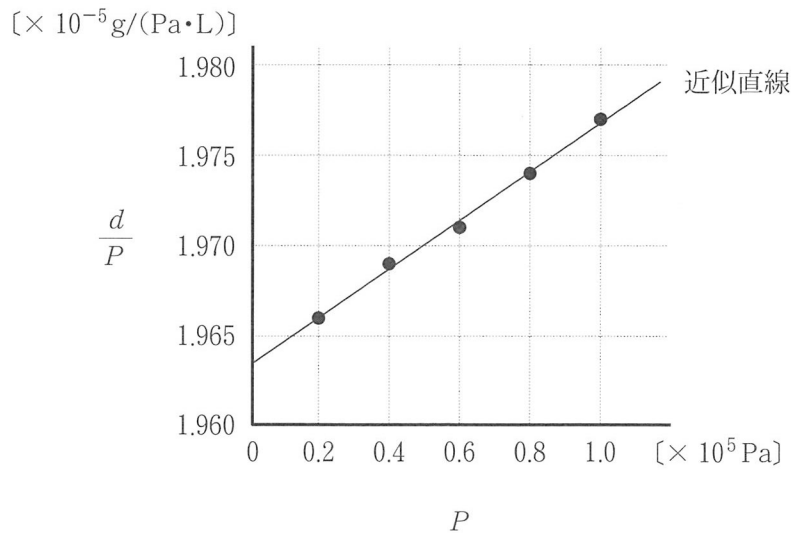
問4 問3におけるグラフの白丸 (○) の  $d/P$  の値を、分子量  $M$ 、温度  $T$ 、気体定数  $R$  で表し、解答用紙に書きなさい。

- 問5 下線部①について、, に入る適切な語を解答用紙に書きなさい。また、同じ分子量の理想気体に比べて、実在気体の密度が、i)「温度が低いほど理想気体の密度よりくなる」、ii)「圧力が高いほど理想気体の密度よりくなる」理由を、それぞれ40～60字で解答用紙に書きなさい。ただし、以下の[ ]内の語句からそれぞれ2つ以上を用いることとする。i)とii)の説明に、同じ語句を用いても良い。

[分子の体積, 気体の体積, 質量, 分子量, 物質量, 熱運動, 分子間力]

- 問6 温度  $T_1$  [K] において、一定物質量の実在気体の圧力  $P$  を  $2.000 \times 10^4$  Pa から  $1.000 \times 10^5$  Pa まで変化させて、 $d/P$  [g/(Pa·L)] の値を求める実験を行い、その結果を以下のグラフに示した。グラフ内の実線は、データの近似直線である。理想気体の状態方程式を用いて実在気体の分子量をできるだけ正確に求めるにはどのようにすればよいか、計算方法とその理由を40～60字で解答用紙に書きなさい。ただし、以下の[ ]内の語をすべて使うこととする。

[圧力, 温度  $T_1$ , 気体定数, 近似直線]

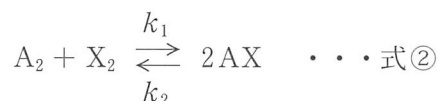


3. 次の文章を読み、問に答えなさい。気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、反応前後の温度は同一とする。

原子 A, 原子 X からなる 2 原子分子の気体  $A_2$  と気体  $X_2$  を混合し、体積が変化しない密閉容器に入れて加熱すると、式①の反応が起こり、気体 AX が生成した。



この反応において、温度  $T_1$  [K] で式②の平衡状態が成立する。このとき、平衡定数  $K$  は、正反応の反応速度定数  $k_1$ 、逆反応の反応速度定数  $k_2$  を用いると、式③で表される。一方、平衡状態の  $A_2$ ,  $X_2$ , AX のモル濃度をそれぞれ  $[A_2]$ ,  $[X_2]$ ,  $[AX]$  とすると、これらを用いて平衡定数  $K$  を式④で表すことができる。



$$K = \boxed{\text{ア}} \quad \dots \text{式③}$$

$$K = \boxed{\text{イ}} \quad \dots \text{式④}$$

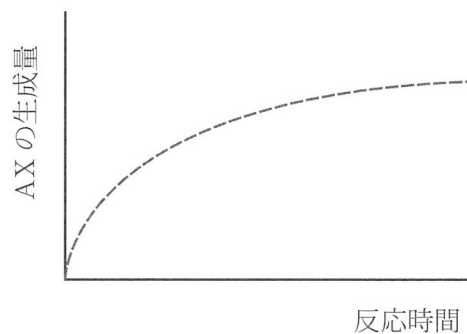
温度  $T_2$  [K] において、 $A_2$  の分圧と  $X_2$  の分圧が等しく、AX の分圧が全圧の半分で平衡状態になったとき、 $k_1 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$  であった。このとき  $k_2 = \boxed{(6)} \cdot \boxed{(7)} \times 10^{-\boxed{(8)}} \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$  である。

温度  $T_3$  [K] において、平衡定数  $K$  は 20 であった。また、 $A_2$ ,  $X_2$ , AX の反応開始時の濃度はそれぞれ  $4.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ ,  $2.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ ,  $1.1 \text{ mol/L}$  であった。式④の右辺に、 $A_2$ ,  $X_2$ , AX の反応開始時のそれぞれのモル濃度を代入した値  $Q$  は  $\boxed{(9)}\boxed{(10)}$  である。このとき、反応がどちらに進行するかは、 $Q$  と  $K$  の大小関係から予想でき、 $\boxed{(11)}$ 。

温度  $T_4$  [K] において、式②の  $K$  の値は 25 であった。また、 $A_2$ ,  $X_2$ , AX の反応開始時の濃度はそれぞれ  $3.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ ,  $3.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ ,  $6.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  であった。このとき、同温度において、平衡に達したときの  $A_2$  および  $X_2$  の濃度は  $\boxed{(12)} \cdot \boxed{(13)} \times 10^{-\boxed{(14)}} \text{ mol/L}$ , AX の濃度は  $\boxed{(15)} \cdot \boxed{(16)} \times 10^{-\boxed{(17)}} \text{ mol/L}$  となった。

- 問1 式①の熱化学方程式を解答用紙に書きなさい。ただし、A-A 結合、X-X 結合、A-X 結合の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol, 151 kJ/mol, 299 kJ/mol とする。

- 問2 式①の反応について、温度 300 K における反応時間と AX の生成量との関係を下のグラフに示した。この反応条件を、次の i), ii) のように変更したときの、反応時間と AX の生成量との関係を、解答用紙のグラフに実線で描きなさい。



- i) 活性化エネルギーを小さくする触媒を加えたとき
- ii) 反応温度を 400 K に上昇させたとき

問3  ,  に入る適切な式を解答用紙に書きなさい。

問4  ~  に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 には 0 でない数字が入る。

問5  に入る適切な文を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。

- 1  $Q < K$  であることから、 $A_2$  と  $X_2$  を生成する方向に進んだ
- 2  $Q > K$  であることから、 $A_2$  と  $X_2$  を生成する方向に進んだ
- 3  $Q < K$  であることから、AX を生成する方向に進んだ
- 4  $Q > K$  であることから、AX を生成する方向に進んだ
- 5  $Q = K$  であることから、見かけ上進行しなかった

問6  ~  に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 ,  には 0 でない数字が入る。

4. 次の文章を読み、間に答えなさい。

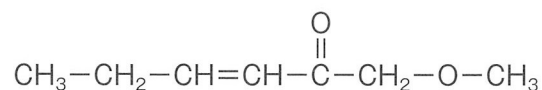
分子式  $C_4H_8O_2$  の化合物 A ~ H がある。これらの化合物の炭素鎖は枝分かれしていない。 下表に化合物 A ~ H の性質，反応の結果を示した。

化合物	化合物の性質，反応の結果
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液は酸性を示した。</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>水酸化ナトリウム水溶液と反応させると，加水分解が進行した。反応終了後，反応溶液を酸性にしてから酸化すると，最終的に 1 mol の B に対して単一のカルボン酸が 2 mol 生成した。</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>銀鏡反応が進行した。</li> <li>水酸化ナトリウム水溶液と反応させると，加水分解が進行した。</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>フェーリング液を還元した。</li> <li>鎖状構造であるが，酸素原子を含む 5 つの原子で構成される環状構造との平衡状態にある。</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mol をオゾン分解*したところ，単一のカルボニル化合物が 2 mol 生成した。</li> </ul>
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>オゾン分解*し，生じたカルボニル化合物を還元したところ，グリセリンとメタノールが生成した。</li> </ul>
G	<ul style="list-style-type: none"> <li>カルボニル基を持たない。</li> <li><math>-CH_3</math> の構造を持たない。</li> <li>オゾン分解*を受けなかった。</li> <li>過剰量の二クロム酸カリウム水溶液と反応させると，分子式 <math>C_4H_6O_2</math> のケトンが生成した。</li> </ul>
H	<ul style="list-style-type: none"> <li>水酸化ナトリウム水溶液と反応しなかった。</li> <li>二クロム酸カリウム水溶液と反応しなかった。</li> <li>オゾン分解*を受けなかった。</li> <li>炭素原子に結合している炭素原子，水素原子，酸素原子のそれぞれの数は，全ての炭素原子において等しかった。</li> </ul>

\*オゾン分解：アルケンの二重結合を切断して 2 つのカルボニル化合物にする反応

問 化合物 A ~ H の構造式を，記入例にならって解答用紙に描きなさい。

構造式記入例



5. 次の文章を読み、問に答えなさい。

合成繊維の原料として用いられる  $\epsilon$ -カプロラクタムは、カルボキシ基とアミノ基が分子内で縮合したラクタムの一種である。①  $\epsilon$ -カプロラクタムに水を加えて熱すると、環内のアミド結合が切れて重合が進み高分子化合物  が生じる。このような重合法を  重合とよぶ。

である  は、図1に示す  $\beta$ -ラクタム構造をもつ。 は、ある種のタンパク質中のセリンのヒドロキシ基と反応することが知られている。その際、②  $\beta$ -ラクタムのアミド結合が切れると同時に、セリンのヒドロキシ基とのエステル結合が作られる。

また天然には、③ 鎖状のペプチドの末端のアミノ基ともう一方の末端のカルボキシ基が分子内で縮合した環状のペプチドが存在する。

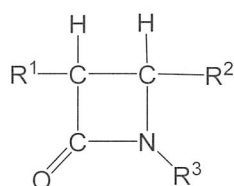


図1  $\beta$ -ラクタム

問1 ,  に入る適切な語を解答用紙に書きなさい。

問2  に入る適切な語を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。

- 1 解熱鎮痛剤    2 抗がん剤    3 抗生物質    4 消毒薬    5 麻酔薬

問3  に入る適切な語を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。

- 1 アスピリン    2 アセトアミノフェン    3 クレゾール    4 ニトログリセリン  
5 ペニシリンG

問4 下線部①について、 $\epsilon$ -カプロラクタムは工業的にはベンゼンから製造される。Z [kg] のベンゼンから  は理論的に何kg生成するか。生成する  の平均重合度を n とし、Z および n を使用した式を解答用紙に書きなさい。ただし、ベンゼンに含まれる炭素原子は全て  $\epsilon$ -カプロラクタムに用いられるものとする。

問5 下線部②の記述を参考に、 $\beta$ -ラクタムがセリンのヒドロキシ基と反応した後の構造式を解答用紙に描きなさい。その際、 $\beta$ -ラクタムは図1の構造式を用い、セリンは R-OH と略しなさい。



問6 下線部③の環状のペプチドは、人工的に合成することができる。次の文章中の〔20〕～〔30〕にあてはまる数字を、マークシートにマークしなさい。ただし、〔28〕には0でない数字が入る。

グリシンとアラニンを原料に使い環状ジペプチドを合成する。このとき、合成できる環状ジペプチドは、光学異性体を区別して数えると、グリシンのみが縮合して生成するものは1種類、グリシンとアラニンが縮合して生成するものは〔20〕〔21〕種類ある。また、アラニンのみが縮合して生成するものは〔22〕〔23〕種類ある。

同様に、グリシンとアラニンのみで構成される環状トリペプチドは、光学異性体を区別すると〔24〕〔25〕種類考えられる。これら環状トリペプチドのうち、アラニン〔26〕分子とグリシン〔27〕分子が縮合したものを1.0 g量り取り完全燃焼させたところ、標準状態で0.90 Lの二酸化炭素と〔28〕.〔29〕 $\times 10^{-〔30〕}$  gの水が生成した。