

1 次の問1から問3に答えよ。

問 1. から に下の(a)から(z)の中から最も適切な語句を1つずつ選び記号で答えよ。

現代文明を支えているエネルギーの多くは天然ガス、石油、石炭などの地下資源に依存している。天然ガスの主成分は である。石油は、炭素原子の数が2~40くらいまでの炭化水素の混合物である。石油を分留すると得られる を水蒸気とともに高温で熱分解するとエチレン、プロペン、 などの合成高分子の原料が得られる。エチレンが したポリエチレンは、低温ではかたいが高温ではやわらかくなる樹脂であり、 樹脂と呼ばれる。 は合成ゴムの原料になる。

一方、石炭や石油に不純物として含まれている を燃焼させると などが発生し、酸性雨の原因のひとつになっている。

- | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| (a) 硫黄 | (b) ベンゼン | (c) エタン | (d) 塩素 |
| (e) オゾン | (f) 開環重合 | (g) 重油 | (h) 共重合 |
| (i) 軽油 | (j) 原油 | (k) 窒素 | (l) 灯油 |
| (m) ナフサ | (n) 二酸化硫黄 | (o) 二酸化炭素 | (p) 二酸化窒素 |
| (q) 熱可塑性 | (r) 熱硬化性 | (s) 熱収縮性 | (t) 付加重合 |
| (u) 縮合重合 | (v) ブタジエン | (w) ブタン | (x) プロパン |
| (y) フロン | (z) メタン | | |

問 2. から に適切な語句または数字を記入せよ。なお、 には酸化または還元のどちらかを記入せよ。

水素以外の1族元素は 金属と呼ばれ、1価の陽イオンになりやすい。また、ベリリウムとマグネシウムを除いた2族元素も陽イオンとなり易く、 金属と呼ばれる。周期表の ~ 族の元素は遷移元素と呼ばれ、すべて金属元素で化合物やイオンには有色のものが多し。金属元素の単体が水溶液中で陽イオンとなる性質の強さを、その金属の という。 の大きい金属ほど されやすい。ある金属が希硫酸に溶けるかどうかはその金属の が より大きい小さいかできる。

問 3. から に適切な数字を記入せよ。計算結果が整数にならない場合は小数点以下第1位まで求めよ。

- (1) 水素 H_2 、ヨウ素 I_2 、ヨウ化水素 HI の結合エネルギーはそれぞれ436 kJ/mol, 151 kJ/mol, 299 kJ/molである。1 molの H_2 と1 molの I_2 がすべて反応して HI が生成するとき kJの熱量が発生する。

- (2) 0.1 mol/l の水酸化ナトリウムの水溶液の pH は である。
- (3) 標準状態において、5.6 l の水素を完全燃焼させるのに必要な酸素の体積は l である。
- (4) 平均分子量 63,000 のポリプロピレンの平均重合度は である。
- (5) 氷酢酸の 25°C における比重を 1.05, 酢酸の濃度を 99.5% とすると、モル濃度は mol/l である。
- (6) ある油脂 50.0 g をけん化するのに、水酸化ナトリウム 10.6 g を必要とした。この油脂の分子量は である。

2 次の文を読み、以下の問1から問6に答えよ。計算結果は、有効数字2桁で示せ。

私たちの身のまわりのありふれた物質として、アルミニウムと塩化ナトリウムをとりあげよう。アルミニウム原子は 個の電子をもち、最外殻電子の数は 個である。アルミニウムの固体は結晶として存在しているが、最外殻電子は、特定のアルミニウム原子には固定されず、結晶中を動き回っている。このような電子を、 電子という。この電子を媒介としたアルミニウム陽イオン間の結合が金属結合であり、金属のいろいろな性質の原因となっている。たとえば、アルミニウムは柔らかく、展性、延性を示す。アルミニウムは水には溶けないが、酸の水溶液にも塩基の水溶液にも溶解する。このように、酸とも塩基とも反応する元素を 元素という。

一方、塩化ナトリウムの固体は、ナトリウムイオンと塩化物イオンが交互に、そして3次元的に規則正しく配列した結晶として存在している。結晶は、ナトリウムイオンと塩化物イオンの間に働く電気的な引力による結合、すなわち 結合により保たれており、最近接のナトリウムイオンと塩化物イオンの距離は 2.8×10^{-8} cm である。このような結晶を、 結晶という。塩化ナトリウムの結晶は、硬くてもろく、ある程度以上の力に対しては壊れる。また、塩化ナトリウムは水に溶解する。

問 1. , に適切な数字を、 , , には適切な語句を記入せよ。

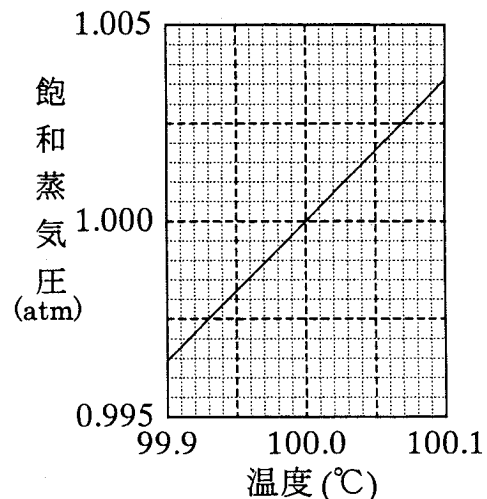
問 2. 塩化ナトリウムの結晶の密度 (g/cm^3) を求めよ。ただし、ここではナトリウムと塩素の原子量はそれぞれ 23 と 36 とせよ。

問 3. 下線部(a)の記述について、アルミニウムが希塩酸および水酸化ナトリウム水溶液に溶解するときの化学反応式をそれぞれ記せ。

問 4. 下線部(b)の理由を3行以内で説明せよ。

問 5. 右図は純粋な水の蒸気圧曲線である。0.050 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液 400 ml が示す蒸気圧曲線を予想し、図に書き加えよ。なお、水のモル沸点上昇は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ であり、水溶液の密度は 1.0 g/cm^3 とせよ。また、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。

問 6. (1) 問5の水溶液を、陽極、陰極に白金電極を用いて電気分解した。電気を流し始めたときに、陽極、陰極で起こる反応をそれぞれ化学反応式で示せ。



(2) この電気分解において、終了時までには $9.65 \times 10^3 \text{C}$ の電気量の電気を流した。陽極、陰極に発生する気体を別々に捕集したとき、 0°C 、 1 atm における気体の体積(l)の合計を計算せよ。途中の計算経過も示せ。

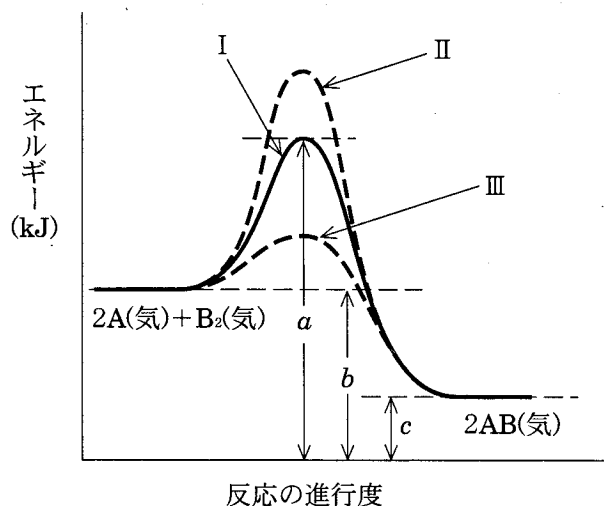
なお、気体と電極との反応や気体の水への溶解は無視できるものとし、また気体はすべて理想気体として扱えるものとする。

問6の解答欄は解答用紙の裏面にある。

3 化学反応の速度と平衡に関する以下の問1から問3に答えよ。

問1. 次の反応, $2A(\text{気}) + B_2(\text{気}) \rightarrow 2AB(\text{気})$ の反応速度 v は $v = k[A]^2[B_2]$ で表されるもの

とする。 k は反応速度定数である。反応の進行に伴うエネルギー変化が右図中の I の曲線で示されており, a, b および c の値は絶対値で表してあるものとする。



- (1) この反応の活性化エネルギーはどう表されるか。
- (2) この反応は発熱反応か, 吸熱反応か。
- (3) 触媒を用いてこの反応の速度が大きくなった場合, エネルギー変化は図中の I, II, III のどの曲線で表されるか。
- (4) $[A]$ の減少速度は $[B_2]$ の減少速度の何倍か。
- (5) 反応開始時点でのそれぞれの濃度(初期濃度)が, $[A]_0 = 2.5 \text{ mol/l}$, $[B_2]_0 = 1.0 \text{ mol/l}$ のとき, 反応開始直後の反応速度は $2.4 \times 10^{-3} \text{ mol/l}\cdot\text{s}$ であった。反応が進行して, $[B_2]$ が $[B_2]_0$ の半分になったときの反応速度はいくらか, 有効数字2桁で答えよ。

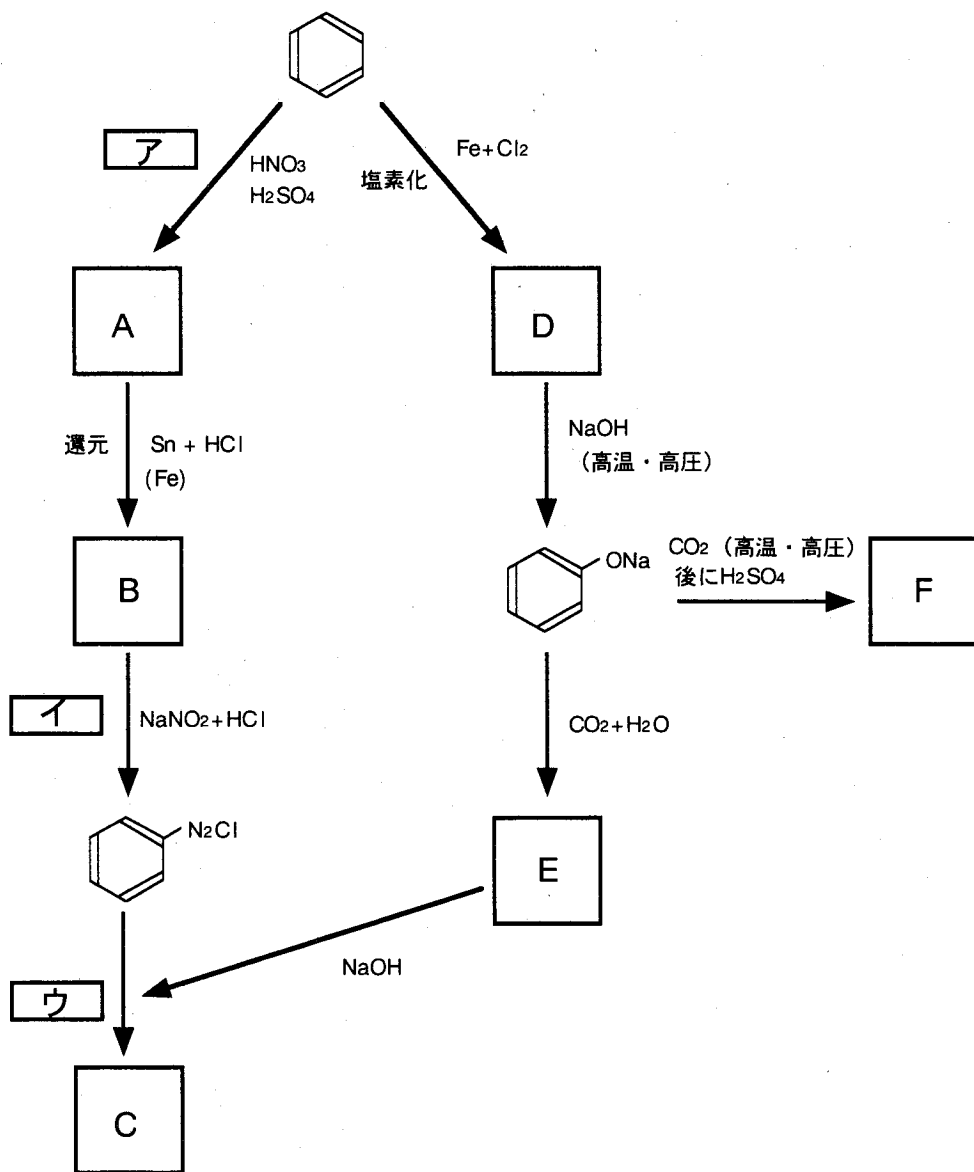
問2. この反応が可逆反応で $2A(\text{気}) + B_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2AB(\text{気})$ であるとした場合

- (1) この反応の熱化学方程式を示せ。
- (2) 逆反応の活性化エネルギーはどう表されるか。
- (3) 正反応の速度定数を k , 逆反応の速度定数を k' としたとき, 正反応のみかけの反応速度 u はどういう式で表されるか。
- (4) ある温度において, 初期濃度 $[A]_0 = 2.5 \text{ mol/l}$, $[B_2]_0 = 1.0 \text{ mol/l}$, $[AB]_0 = 0 \text{ mol/l}$ で始めたこの可逆反応が $[A] = 1.0 \text{ mol/l}$ となったとき平衡に達した。この温度での平衡定数を有効数字2桁で求めよ。

問3. この可逆反応, $2A(\text{気}) + B_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2AB(\text{気})$ が平衡状態にあるとき, 次の操作を行った。その直後反応はどちらの向きに進むか。ルシャトリエの原理から考え, それぞれについて理由を述べるとともに, \rightarrow または \leftarrow あるいは, どちらの向きにも進まない場合は \times の印で答えよ。

- (1) 反応容器の体積を一定に保ちながら, この反応系に物質Aを加えたとき。
- (2) 反応容器内の圧力を一定に保ちながら, この反応系の温度を上げたとき。
- (3) 反応系の温度を一定に保ちながら, 反応容器の容積を減少させたとき。

4 下図のベンゼンからの反応を見て、以下の問1から問4に答えよ。



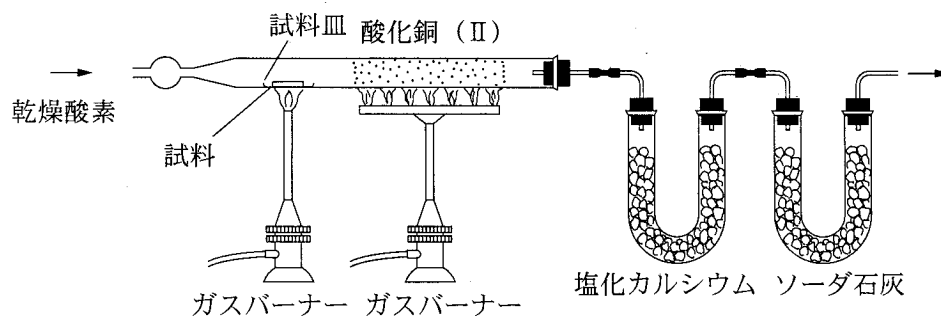
問 1. から に該当する物質の構造式をそれぞれ記せ。

問 2. から に該当する反応名を書け(例：付加反応)。

問 3. 物質Fに関する次の説明文の から に適切な語句を書け。

物質Fはベンゼン環に 基と 基が結合している。物質Fとメタノールの混合液に少量の濃硫酸を加え熱すると 反応が起こり が生じる。また物質Fに無水酢酸を作用させた場合にはアセチル化反応が起こり が生じる。

問 4. 別の実験でベンゼンを出発物質とし種々の反応を行い、最終的に炭素、水素、酸素のみからなる芳香族炭化水素の物質Gを得た。これの元素分析を行なうため図のような装置を用意した。



- (1) 塩化カルシウムとソーダ石灰の入った管の順番を逆にしてはいけない理由を 30 字以内で説明せよ。
- (2) 物質Gの 2.7 g をこの装置内で完全に燃焼させたところ塩化カルシウムの重量が 1.8 g, ソーダ石灰の重量が 7.7 g 増加した。この物質の分子量は 108 であった。以上のことから考えられる物質Gの構造式を異性体も含めてすべて記せ。

5 次の文を読み、以下の問1から問5に答えよ。

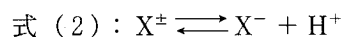
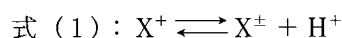
タンパク質は、生体を構成する物質であり、多数のアミノ酸が脱水縮合し、ア結合を形成した高分子化合物である。タンパク質を構成するアミノ酸は分子内にイ基とウ基があり、これら2つの官能基が同一の炭素原子に結合していることからエとよばれる。エは、中性に近い水溶液中では、水素イオンがイ基から解離して、ウ基に結合した、正、負両電荷を持つオの形をとっているが、水溶液を酸性やアルカリ性にすると、異なったイオン構造をとる。また、2つのアミノ酸が結合したものをジペプチド、多数のアミノ酸が結合したものをポリペプチドといい、そのうち、約100個以上のアミノ酸が結合したものを一般にタンパク質とよんでいる。タンパク質には化学反応を利用したいくつかの検出方法が知られている。

生体内での消化や代謝に機能している酵素もタンパク質である。酵素は生体内のさまざまな反応においてカとして作用し、反応をおだやかな条件下で進行させている。ヒトは天然多糖類であるデンプンを、酵素キによりマルトースに分解し、さらに、マルトースを酵素マルターゼによりグルコースに分解することによりエネルギー源としているが、同じ天然多糖類であるセルロースはエネルギー源として利用することはできない。

問 1. ア から キ に適切な語句を記入せよ。

問 2. (1) 下線部(a)について、炭化水素基 R を持つアミノ酸のイオン化状態を示す構造式を全て記せ。

(2) イオン化しない R を持つアミノ酸 X のイオン化状態を X^+ 、 X^\pm 、 X^- で表すとき、水溶液中では式(1)と式(2)の電離平衡が成立する。



このとき式(1)と式(2)の反応における電離定数 K_1 と K_2 を表す式を示せ。

問 3. 下線部(b)に関して、ある種のタンパク質は、その溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(II)溶液を加えると黒色物質を生じる。この黒色物質を化学式で示せ。また、この反応に関連するアミノ酸はいくつか存在するが、そのうち一つの名称を示せ。

問 4. アラニン(分子量: 89)とグリシン(分子量: 75)のみを構成分子とするあるポリペプチドを加水分解した。そのとき、水 16.2 g を必要とし、アラニン 35.6 g とグリシン 45.0 g を生じた。このポリペプチドの分子量を求めよ。

問 5. 下線部(c)に関して、酵素 キ がデンプンを分解できるがセルロースを分解できない理由を 3 行以内で説明せよ。また、このような酵素反応の特徴をなんと言いかせ。