

平成28年度入学試験問題

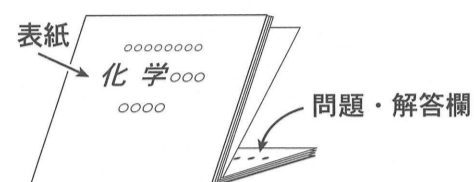
化学 401

(前期日程)

表紙も問題・解答用紙も全て
表面のみに印刷している。

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、問題用紙は4枚(その1~4)、解答用紙は4枚(その5~8)、および計算用紙1枚である。
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
- 3 解答は、解答用紙の指定された解答箇所を書くこと。指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。また、裏面に解答したものも採点しない。
- 4 解答開始後、各問題・解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。
- 5 計算用紙も含め配布した用紙はすべて回収する。



化 学 401 その1 (問題用紙)

(注意) 解答にあたっては、以下の注意事項に従うこと。

1. 数値は特に指示のない限り有効数字3桁で表すこと。
2. 有機化合物の構造式は図1に示す例にならって表すこと。
3. 原子量は次の値を用いること。H: 1.00, C: 12.0, N: 14.0, O: 16.0
4. 気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

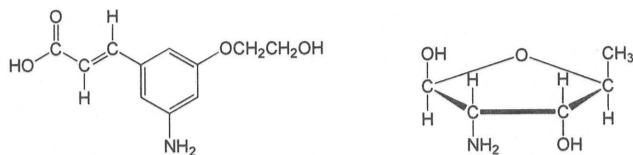


図1 構造式の例

第1問 次の文章〔1〕および〔2〕を読み、下の問い(問1~7)に答えよ。

〔1〕 化学反応において、原子どうしの結合が組みかわるとき、反応物がエネルギーの高い不安定な状態になる。この状態を 状態とよぶ。また、反応物を 状態にするのに必要な最小のエネルギーを とよぶ。化学反応の速さを大きくするが、反応の前後でそれ自身は変化しない物質を触媒という。触媒を用いた場合、 は触媒を用いない場合と比べると ために反応速度は大きくなる。このとき反応熱の大きさは 。

一般に、温度が高くなると反応速度は急速に大きくなる。これは、大きなエネルギーを持つ分子の数が多くなり、衝突したときに 状態になりうる分子の数の割合が急激に増加するためである。反応速度式の反応速度定数 k と絶対温度 T との間には、 A : 頻度因子、 E : 、 R : 気体定数のとき、(1)式が成り立つ。

$$k = Ae^{-\frac{E}{RT}} \quad (1)$$

この式は 式と呼ばれ、二つのパラメーター A と E を用いて反応速度定数 k の温度依存性を表現した式である。温度 T_1 と T_2 における反応速度定数をそれぞれ k_1 , k_2 とすると、反応速度定数の相対比 k_2/k_1 は次のように求められる。

$$\frac{k_2}{k_1} = e^x \quad x = \text{ } \quad (2)$$

つまり(2)式から、反応温度の変化により、反応がいかに速く(または遅く)なるかがわかる。

問1 問題文中の にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 問題文中の にあてはまる適切な語句を選択し、番号で答えよ。

 ①大きくなる ②小さくなる ③変わらない

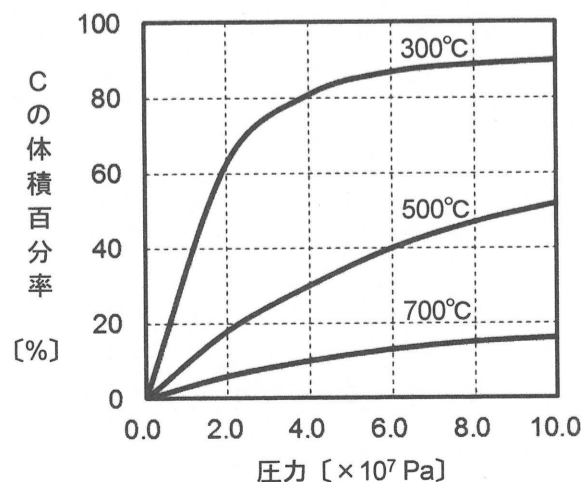
 ①大きくなる ②小さくなる ③変わらない

問3 問題文中の にあてはまる適切な式を答えよ。

〔2〕 可逆反応が平衡状態にあるとき、外部から条件(濃度、温度、圧力)を変化させると、一時的に平衡状態が崩れてしまうが、その影響をやわらげる方向に平衡は移動し、新しい平衡状態になる。これを の原理という。窒素と水素を原料にしてアンモニアを合成する方法は 法とよばれ、 の原理が化学工業に応用された例として知られている。

右図は、可逆反応 $A + 3B \rightleftharpoons 2C$ について、平衡状態における温度、圧力、および C の体積百分率 [%] の関係を表したものである。図より、いずれの温度においても、圧力が ほど C の体積百

(その2につづく)



化 学 401 その2 (問題用紙)

(その1からつづく)

分率が高いことがわかるが、これは正反応では分子の総数が するためである。また温度が ほどCの体積百分率は高く、この正反応が 反応であることがわかる。温度が と反応速度が小さくなり、平衡状態に達するまでの時間が長くなってしまいが、触媒を用いることで、平衡状態に達するまでの時間を短縮することができる。このとき触媒は平衡を 。

問4 問題文中の にあてはまる適切な語句を答えよ。

問5 問題文中の ~ にあてはまる適切な語句を選択し、番号で答えよ。

①高い ②低い ①増加 ②減少

①高い ②低い ①吸熱 ②発熱

①右に移動させる ②左に移動させる ③移動させない

問6 A 1.00 mol と B 3.00 mol を混合させて 500°C, 6.00×10⁷ Pa に保ち平衡状態にあるとき、A と B の物質量を求めよ。
なお、解答に至るみちすじも示せ。

問7 このときのAとBの分圧 [Pa] をそれぞれ求めよ。

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1~5)に答えよ。

雨が降った後、水は蒸発するので、水溜りは自然に消えていく。しかし、密閉された容器の中にある水は消えることはない。それは、(a) 蒸発(液体が気体になる変化)する水分子と、 (気体が液体になる変化)する水分子の数が等しく、見かけ上、変化がない状態となっているからである。このとき容器の中の水蒸気(気体)が示す圧力を飽和蒸気圧(または単に蒸気圧)という。一般に、温度を高くした場合、飽和蒸気圧は 。

液体の沸点とは、その蒸気圧が外気圧(通常は大気圧)と等しくなり、沸騰が起こる温度である。例えば、純水の沸点は通常約 100°C であるが、標高の高い山頂などでは、純水は 100°C よりも 温度で沸騰する。また、純水に不揮発性の物質を溶かして水溶液にした場合、同じ温度の純水と比較して、蒸気圧は 。この現象を という。この のために、不揮発性物質の水溶液の沸点は、純水の沸点 100°C よりも高くなる。この現象を という。

(b) 希薄溶液において、純水と水溶液の沸点の温度差は、水溶液の質量モル濃度に比例する。

問1 問題文中の にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 問題文中の について、あてはまる適切な語句を選択し、番号で答えよ。

①高くなる ②低くなる ③変わらない

①高い ②低い

①高くなる ②低くなる ③変わらない

問3 問題文中の下線部(a)の状態を表す適切な語句を答えよ。

問4 問題文中の下線部(b)に関連して、同じ質量モル濃度の「塩化ナトリウム水溶液」と「グルコース水溶液」を比較すると、どちらの水溶液の沸点がより高いと考えられるか。沸点が高い方を記述し、理由を併せて述べよ。

(その3につづく)

化学 401 その3 (問題用紙)

(その2からつづく)

問5 問題文中の下線部(b)に関連して、溶液の沸点を測定する実験を行ったところ、水 100 g に尿素 ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) 15.0 g を溶かした水溶液の沸点は、純水と比較して 1.30 K 高くなることが分かった。以下の問いに答えよ。

- (1) 水 100 g に非電解質である化合物 X 8.55 g を溶かした水溶液の沸点は、純水と比較して 0.130 K 高くなった。この化合物 X の分子量を求めよ。なお、解答に至るみちすじも示せ。
- (2) この化合物 X の水溶液にフェーリング液を加えて煮沸すると赤色沈殿が生じた。また、希硫酸を加えて煮沸したところ、加水分解により生成された同じ分子量の2種類の化合物が等量存在する混合溶液となった。化合物 X の分子式と物質名を答えよ。

第3問 天然高分子化合物に関する次の文章を読み、下の問いに答えよ。

タンパク質は、約 20 種類の α -アミノ酸が互いのカルボキシ基とアミノ基との間で縮合重合してできたペプチド結合によって連なった構造の高分子化合物である。タンパク質には次のような性質がある。

たとえば、卵白水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると 色になる。さらに冷却してからアンモニア水を加えて塩基性にしたとき 色になる。この反応を 反応という。これは卵白に をもつアミノ酸が含まれ、それが 化されることが原因である。

また、卵白水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と酢酸鉛(II)水溶液を加えて煮沸すると 色沈殿を生じる。このことから卵白に を含むアミノ酸が含まれていることがわかる。さらに卵白水溶液を塩基性にした後、硫酸銅(II)水溶液を加えると 色に呈色する。この反応を 反応という。これは連続する2つ以上のペプチド結合部位で Cu^{2+} と配位結合することが原因である。

多糖である が食事によってヒトの消化器官にとりこまれると、消化酵素である によってその構成単位に分解され、グルコースとして吸収される。グルコースは生体が活動エネルギーを得るための呼吸基質として利用される。

問 問題文中の ~ にそれぞれあてはまる適切な語句を答えよ。

第4問 次の文章を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。

Ba^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} の陽イオンのうち、いずれか1種類を含む5つの水溶液 A~E に対して、次の①~⑤の実験を行った。

- ① 希硫酸を加えると A と E に沈殿が生じた。
- ② アンモニア水を加えると A~D に沈殿が生じ、さらに過剰のアンモニア水を加えると D の沈殿が溶解した。
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると A~D に沈殿が生じ、さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると A, B, D の沈殿が溶解した。
- ④ 希塩酸を加えると A に沈殿が生じた。
- ⑤ E は炎色反応を起こした。

(その4につづく)

化 学 401 その4 (問題用紙)

(その3からつづく)

- 問1 水溶液A~Eに含まれる陽イオンをそれぞれ示せ。
- 問2 実験③の水溶液Bについて、(ア)沈殿の生成と(イ)沈殿の溶解の反応を、それぞれイオン反応式で示せ。
- 問3 Pb^{2+} を含む水溶液にクロム酸カリウム水溶液を加えると沈殿が生じた。この反応をイオン反応式で示せ。
- 問4 上記5つの陽イオンのうち、 NH_3 と錯イオンを形成する陽イオンが1つある。この陽イオンを選び、対応する錯イオンの構造を次の(a)~(e)から選べ。
- (a) 正八面体 (b) 正六面体 (c) 正四面体 (d) 正方形 (e) 直線

第5問 有機化合物A~Dに関する次の文章を読み、下の問い(問1~8)に答えよ。

- ① Aは、室温(25°C)では気体であった。エーテルに対する溶解性を調べたところ、B、Cが溶けた。Dは溶けなかった。
- ② 水に対する溶解性を調べたところ、Bは比較的容易に溶けた。Cは溶けにくかったが、加熱することにより溶解した。またDはのり状になった。
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液に対する溶解性を調べたところ、BとCは溶けた。
- ④ Dを薄い酸を加えて加熱することにより、ゾル状溶液になった。この溶液を 水溶液と反応させると、濃青色を示した。
- ⑤ B、Cに の水溶液を加えると、紫~赤紫色を呈したことより の一種と考えられ、Bは別の実験より、もっとも単純な構造を有していることがわかった。
- ⑥ Bの水溶液を臭素水と反応させると白色沈殿が生じた。
- ⑦ Bとホルムアルデヒドを させると と呼ばれる柔らかい固体の中間生成物を生じ、これに硬化剤を加えて加熱してできる樹脂は、発明した人の名前から と呼ばれている。
- ⑧ CはBの塩を二酸化炭素と高温・高圧下で反応させることにより合成することができる。

- 問1 、~ にあてはまる語句、および にあてはまる化学式をかけ。
- 問2 Cの構造式をかけ。
- 問3 上記④と同じ反応を示しDと組成式が同じであるが、水には全く溶けない物質Eがある。DおよびEの物質の一般名をかけ。
- 問4 上記⑥の下線を示した白色沈殿の構造式をかけ。
- 問5 Aは C_4H_8 の分子式を持つ化合物であった。 C_4H_8 で示される化合物群がある。臭素水を脱色するグループと脱色しないグループに分け、その異性体の構造式を全てかけ。
- 問6 Bはベンゼンよりクメン法を用いてつくられている。この反応式をかけ。
- 問7 問6でBと共に副生する化合物を確認する有機定性反応はなにか答えよ。
- 問8 Cは、無水酢酸と反応させることにより医薬品として用いることができる化合物が得られる。この反応式をかき、その薬理効果をかけ。