

平成 29 年度入学試験問題（前期日程）

化 学

出 題 意 図

問題 1

物質の燃焼や状態変化における熱化学の理解度（設問(1)、(2)）、化学平衡に関する理解度(設問(3))を評価することを意図した問題である。基礎的な用語と計算力を問うた。

問題 2

元素としての窒素や窒素分子についての知識、およびアンモニアの性質についての知識を問うた。また、その知識をもとに適切な実験装置を組み立てる能力を評価することを意図した。

問題 3

エステルを題材として、これらの化合物の物理的、化学的性質に関する基礎知識を問うた。さらに、元素分析値から分子式を決定し、官能基の性質（エステルの加水分解、銀鏡反応、ヨードホルム反応）に基づいて化学構造を推定する力を試した。

問題 4

セルロースとセルロース繊維を例にとり、高分子化合物についての基礎的な知識と化学反応に関する計算力を問うた。

平成29年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

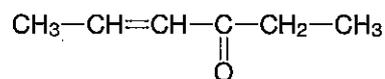
1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入してください。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入してください。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、12 ページあります。ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出てください。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H:1.00 C:12.0 O:16.0 I:127

化合物の構造式を答える場合には、記述例にならって書きなさい。

記述例



1 以下の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 次の文章を読み、空欄(ア)~(ウ)にあてはまる適語を、空欄(エ)にあてはまる数値をそれぞれ示せ。

物質が燃焼すると熱が発生する。例えば、燃料として用いられるメタンでは、1 molのメタンが完全燃焼すると、891 kJの熱量が発生する。メタンの燃焼のように、熱を発生しながら進行する化学反応を(ア)という。一方、周囲から熱を吸収する反応もある。例えば、赤熱した黒鉛に水蒸気を触れさせると、炭素(黒鉛)1 molあたり131 kJの熱を吸収しながら反応し、水素が発生する。熱を吸収する化学反応を(イ)という。このように化学反応にともなって、放出されたり吸収されたりする熱量を(ウ)という。

(ウ)を考える場合は、反応物や生成物の物質の状態も考える必要がある。例えば、25°C、常圧のもとで1 molの H_2 (気)と0.5 molの O_2 (気)が反応して1 molの水を生じるときに発生する(ウ)は、生成する水がすべて気体の場合は242 kJであり、すべて液体の場合は286 kJである。よって、25°C、常圧のもとでの水1 molの蒸発に必要な熱量は(エ)kJである。

- (2) エタノール4.6 gにアセトンを加え、その混合物に十分な酸素を供給し、完全に燃焼させたところ、15.4 gの二酸化炭素が生成した。以下の問a)~c)に答えよ。

a) エタノールの燃焼の化学反応式を示せ。

b) アセトンの燃焼の化学反応式を示せ。

c) 加えたアセトンは何gか。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。

- (3) 一定容積 V [L]の真空容器に水素 H_2 2.50 molとヨウ素 I_2 2.50 molを入れ、さらに触媒を加えて一定温度 T [°C]に保ったところ反応が平衡に達した。平衡時におけるヨウ素の物質量は0.50 molであった。以下の問a)~c)に答えよ。

a) 水素とヨウ素からヨウ化水素が生成する化学反応式を示せ。

b) この反応の平衡定数 K を求めよ。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。

c) この反応が平衡状態にあるとき、温度を T [°C]に保ったまま、この混合気体にヨウ素を追加すると平衡はどのように変化するか。「平衡定数」、「ヨウ化水素の濃度」、「移動」の3語を含めて50字以内で記せ。

2

窒素に関する次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

窒素 N は、原子核の質量数が 14 と 15 の同位体を持ち、原子量は 14.01 である。窒素は元素の周期表の第(ア)周期、(イ)族に位置する。最も外側の電子殻(最外殻)は(ウ)殻であり、最外殻電子は 5 個になっている。単体の窒素は室温で二原子分子 N_2 の気体であり、空気のおよそ 78% の体積を占めている。

塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると、アンモニアが発生する。アンモニア^①は刺激臭をもつ(エ)色の気体であり、水溶液は弱い塩基性を示す。アンモニア分子は、1 つの窒素原子と 3 つの水素原子から成り、窒素原子の 5 個の価電子のうち 3 個は 3 つの水素原子のそれぞれの価電子と 3 つの N-H 共有結合をつくり、窒素原子に残る 2 個の価電子は(オ)として存在する。アンモニアは、この(オ)を用いて金属イオンに(カ)結合し、錯イオンを形成することができる。

- (1) 空欄(ア)~(カ)にあてはまる適当な語句、数字、記号を答えよ。
- (2) ^{14}N と ^{15}N の存在比を求めよ。計算過程を示して、最も簡単な整数比で答えよ。ただし、 ^{14}N と ^{15}N の相対質量はそれぞれ 14.00 と 15.00 とする。
- (3) 窒素分子の電子式を示せ。
- (4) 下線部①でおこる化学変化を反応式で示せ。
- (5) 下線部①の実験操作に関する以下の問 a)~c) に答えよ。
 - a) 反応容器である試験管に塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを入れ加熱すると、アンモニアが発生する。このとき反応容器の加熱部側に対して出口側を少し下に傾けたほうがよい。この理由を述べよ。
 - b) 生成したアンモニアは乾燥剤を通してから捕集される。このとき乾燥剤を用いる理由を述べよ。
 - c) アンモニアの捕集には、上方置換、下方置換、水上置換のどれが用いられるかを選べ。この理由も述べよ。
- (6) 下線部②について、アンモニアの水溶液が塩基性を示す理由を述べよ。
- (7) アンモニアと亜鉛イオン Zn^{2+} が結合してできる錯イオンの名称と化学式を示せ。また、その構造を立体的に図示せよ。

3

次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

エステルは、カルボン酸とアルコールから(ア)反応の一つであるエステル化反応によって生成する化合物で、分子内にエステル結合を有する。エステルは水に溶けにくく、一般に低分子量の^①エステルは対応する構造異性体であるカルボン酸よりも融点や沸点が低い。エステルに希硫酸を加えて加熱すると、(イ)が^②おこり、カルボン酸とアルコールが生じる。また、エステルの(イ)は塩基の水溶液を加えても進行する。この場合、反応は(ウ)と呼ばれる。例えば、酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に反応させたあと、蒸留すると(エ)が得られ、蒸留後の残留物に希塩酸を加えて酸性にすると(オ)が生成する。

^③エステルを(イ)して生成するカルボン酸とアルコールを特定すれば、元のエステルの構造を推定することができる。化合物A, B, Cはいずれも質量百分率で炭素72.0%, 水素6.7%, 酸素21.3%からなる分子量150のエステルで、ベンゼンの1つの水素原子を他の原子団で置換した構造をもつ。化合物A, B, Cの(イ)によって生じるカルボン酸とアルコールは、それぞれ次の性質を示す。

- ・化合物Aからは銀鏡反応を示すカルボン酸と、ヨードホルム反応を示すアルコールが生じる。
- ・化合物Bから生じるカルボン酸は水に溶けにくい無色の結晶である。また、化合物Bから生じるアルコールはヨードホルム反応を示す。
- ・化合物Cから生じるカルボン酸は刺激臭のある無色の液体で水と任意の割合で混じり合うが、銀鏡反応を示さない。また、化合物Cから生じるアルコールを酸化すると化合物Bから生じるカルボン酸になる。

- (1) 空欄(ア)~(ウ)にあてはまる反応名を答えよ。
- (2) 空欄(エ)と(オ)にあてはまる有機化合物の名称を答えよ。
- (3) 下線部①に記したカルボン酸とエステルの性質の違いが生じる理由を100字以内で述べよ。
- (4) 下線部①に関連して、プロピオン酸エチルの構造異性体のうちカルボン酸の構造式をすべて答えよ。なお、プロピオン酸の分子式は $C_3H_6O_2$ である。
- (5) 下線部②と③でおこる化学変化の反応式をそれぞれ示せ。
- (6) 化合物A, B, Cの分子式を求めよ。計算過程も示せ。
- (7) 化合物A, B, Cの構造式をそれぞれ答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

セルロースは、単糖の(ア)が重合した直鎖状の構造をもつ高分子である。セルロースに酵素セルラーゼを作用させると、二糖の(イ)が得られる。セルロースは、酸と反応させてエステルをつくることができる。例えば、セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、硝酸エステルである(ウ)が得られる。(ウ)は、硝化綿といい、火薬の原料となる。

セルロースは、繊維として衣料や紙製品などに利用されている。化学繊維は(エ)繊維、^①(オ)繊維、合成繊維に分類される。(エ)繊維は、セルロースなどの天然高分子を一度溶媒に溶解し、再び繊維状に凝固させた繊維で、(カ)レーヨンや銅アンモニアレーヨン(別名(キ))などがある。(カ)レーヨンを膜状に凝固させると^②(ク)が得られる。(オ)繊維は、セルロースなどの天然高分子を化学的に処理して、ヒドロキシ基の一部を変化させた化学繊維で、このような繊維にアセテートがある。セルロースに無水酢酸を反応させ、ヒドロキシ基のすべてをエステル化すると、酢酸エステルである(ケ)が得られる。^③

(1) 空欄(ア)~(ケ)にあてはまる適語を答えよ。

(2) 下線部①について、セルロースが繊維状の物質となる理由を30字以内で述べよ。

(3) 重合度を n としてセルロースの分子式を示せ。また、平均重合度 5.0×10^3 のセルロースの平均分子量を求めよ。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。

(4) 下線部②の物質は、実験室では次のように合成される。濃アンモニア水に水酸化銅(II)を溶解する。この溶液に少量ずつ物質Aを加え、粘りのあるコロイド溶液にする。これを注射器で吸い込み、希硫酸を入れたビーカーの中に注射針を通して静かに押し出し、水洗い、乾燥をへて銅アンモニアレーヨンを得る。以下の問a)およびb)に答えよ。

a) 物質Aとして適するものを以下の中からすべて選べ。

片栗粉 卵白 脱脂綿 羊毛 絹 ろ紙

b) a)で選んだ理由を述べよ。

(5) 下線部③について、セルロースと無水酢酸から(ケ)が生成する化学反応式を示せ。重合度は n とせよ。また、セルロース81.0gから(ケ)は何g生成するか。計算過程を示して、有効数字3桁で答えよ。