

平成 29 年度入学試験問題(後期)

理 科(化 学)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、①から⑤までの5問題が印刷されていて、合計10ページである。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配布している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. ①②③④⑤の全ての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配布された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配布された問題冊子は、持ち帰ること。

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

酸素は、地殻中にもっとも多く存在する元素である。酸素はOという元素記号で表され、周期表の〔ア〕族に属し、原子は〔イ〕個の価電子をもつ。酸素分子は酸素Oという原子からできている。このような1種類の元素からできている物質を〔ウ〕という。酸素O₂とオゾンO₃のように同じ元素からなる〔ウ〕で性質が異なるものどうしを互いに〔エ〕であるという。

酸素は、空気中にO₂として体積で約21%存在する。実験室では、過酸化水素水に少量の酸化マンガン(IV)を加えると酸素が得られる。この反応で酸化マンガン(IV)は〔オ〕として用いられる。酸素は、ほぼあらゆる物質と化合することができ、一般に金属元素とは〔カ〕結合、非金属元素とは〔キ〕結合による酸化物をつくる。

大気の上層では、酸素は太陽からの強い紫外線でオゾンになる。こうしてできたオゾン層は太陽からの強い紫外線の大部分を吸収し、地上の生物を紫外線による障害から守っている。実験室では、酸素中で無声放電を行うか、あるいは、酸素に強い紫外線をあてるとO₃が得られる。また、O₃はO₂より不安定であり、O₂より強い〔ク〕作用を示す。このため、飲料水の殺菌や繊維の漂白に用いられる。O₃は、水で湿らせたヨウ化カリウム〔ケ〕を〔コ〕色に変えることで簡便に検出できる。

問1 〔 〕内のアからコにあてはまる最も適切な語や数字を入れよ。

問2 下記の酸素を含む分子について、気体の色と分子の形を答えよ。

- (1) 水
- (2) オゾン

問3 下線①について、化学反応式を記せ。

問 4 下線②について、以下の問いに答えよ。

- (1) オゾンが生成する場合も含め、このような反応を一般に何というか。
- (2) この化学反応式を記せ。

問 5 下線③について、以下の問いに答えよ。

- (1) この反応を何反応というか。
- (2) この化学反応式を記せ。

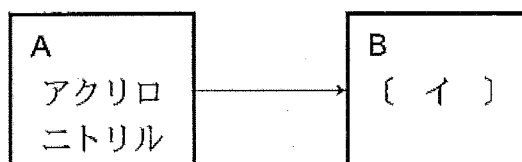
2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

① アクリロニトリルを〔ア〕重合させると、〔イ〕が生成する。〔イ〕を主成分とする合成繊維を〔ウ〕繊維という。〔ウ〕繊維を不活性ガス中において高温で処理し得られる〔エ〕繊維は、スポーツ用品、釣竿等に用いられている。

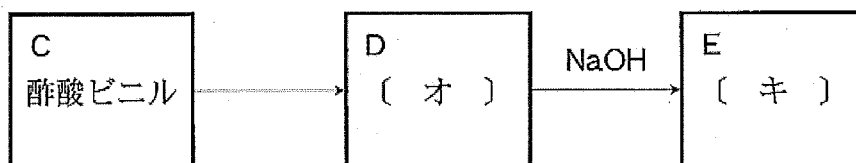
② 酢酸ビニルを〔ア〕重合させると、〔オ〕が得られる。次いでこれを水酸化ナトリウム水溶液で〔カ〕化すると、〔キ〕が得られる。〔キ〕は水に可溶で、その水溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと、〔ク〕析が起こり、繊維状物質が生成する。この水溶性を示す繊維状物質をホルムアルデヒド水溶液で〔ケ〕化すると、水に不溶な繊維である〔コ〕が得られる。この繊維は水に不溶ではあるが、吸湿性を示す。

問 1 〔 〕内のアからコにあてはまる適切な語を入れよ。

問 2 下線①の反応に関して、AとBの四角にあてはまる適切な構造式を記せ。

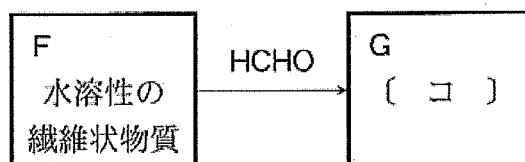


問 3 下線②の反応に関して、CとDとEの四角にあてはまる適切な構造式を記せ。



問 4 下線③に示した〔キ〕が水に可溶となる理由を関連する官能基を示して
記せ。

問 5 下線④の反応に関して、FとGの四角にあてはまる適切な構造式を記せ。



問 6 〔コ〕が水に不溶となる理由を記せ。

問 7 下線⑤に示される吸湿性を示す理由を記せ。

3 次の各問いに答えよ。

問 1 下記の文の〔 〕内のアからキにあてはまる適切な語を入れよ。

ドライアイスは〔ア〕が〔イ〕により規則正しく配列してできた結晶であり、〔ア〕の重心がおおよそ〔ウ〕という結晶格子をとっている。〔イ〕は共有結合やイオン結合の力よりも〔エ〕。ドライアイスは常温、常圧のもとで〔オ〕という状態変化を起こす。この状態変化の際にドライアイスによる熱の〔カ〕が起こることにより、〔ア〕は〔キ〕の状態が存在する。固体のヨウ素 I_2 もドライアイスと同様な結合を持ち、さらに同様な状態変化を示す。

問 2 水素 H_2 1.0 mol と I_2 1.0 mol からヨウ化水素 HI が生成するときの熱化学
①
方程式を計算の過程とともに示せ。ただし、水素(H—H)、ヨウ素(I—I)およびヨウ化水素(H—I)の結合エネルギーはそれぞれ 432 kJ/mol, 149 kJ/mol, 295 kJ/mol とする。

問 3 HI の生成熱はいくらか。また、問 2 の下線①の HI の生成反応は発熱反応か吸熱反応か答えよ。

問 4 問 2 の下線①の反応が最終的に平衡状態に達したとする。下記の(1)から(3)の場合の平衡の移動はどのように起こると考えられるか。新しい平衡状態において HI の生成量は「増加する」、「減少する」、「変化しない」のいずれか、簡単な理由も付して答えよ。

- (1) 圧縮して圧力を大きくした場合
- (2) 加熱した場合
- (3) さらに水素を加えた場合

問 5 問 2 の下線①の反応をある高温条件で 1.0 L の密閉容器を用いて行った。

反応開始から 3 時間後に I_2 は 0.70 mol となっていた。HI の生成に対する平均の反応速度 v_{HI} を求めよ。ただし、計算過程を示し、有効数字 2 桁で求めよ。

問 6 問 5 の反応を 3 時間以降も引き続き行ったところ、実際に平衡状態に達した。

その状態における HI の生成量は 1.6 mol であった。平衡状態における H_2 と I_2 の物質量はそれぞれいくらか求めよ。さらに、平衡定数 K も求めよ。いずれも計算過程を示し、有効数字 2 桁で求めよ。

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

原子番号 113 の 113 番元素は、2015 年に国際機関によって日本の理化学研究所のグループが発見者として認められ、ニホニウムという名称と元素記号 Nh が提案された。この元素は、周期表の上で 13 族元素 であるが、その化学的な性質は まだわかっていない。理化学研究所のグループは、亜鉛とビスマスの原子核を衝突させ融合させることによって、113 番元素の原子を合成することに成功した。得られた 113 番元素の原子は、短時間のうちに、放射性壊変〔注 1〕のひとつであるアルファ壊変を連続して 6 回起こすことが観測された。この壊変のうち 6 回目のアルファ壊変が、既知の元素 ローレンシウム Lr の既知のアルファ壊変と同一のものであることが確認されたため、合成された核が 113 番元素の原子核であったことが確認された。

アルミニウム Al もまた 13 族の元素である。アルミニウムは、建築材料・日用品や一円硬貨などに利用されている。空気中で、アルミニウムの表面には酸化被膜が形成され、このため内部まで腐食が進行しにくくなる。アルミニウム製品では、表面に人工的に酸化被膜を作る処理が施される場合もある。アルミニウムは 両性金属 であり、酸とアルカリの両方と反応する。例えば、代表的な酸である 塩酸との反応がよく知られているが、一方で 濃硝酸では反応が進行しない。さらに、アルミニウムの酸化物は 両性酸化物 であり、塩酸と反応するだけでなく、水酸化ナトリウム水溶液とも反応する。

〔注 1〕 放射性壊変には、原子核がヘリウムの原子核を放出して別の元素の核になるアルファ壊変の他に、電子を放出するベータ壊変、高エネルギーの電磁波であるガンマ線を放出するガンマ壊変などがある。

問 1 下線①に関連して、13 族の元素で最も軽いものは何か。その元素名と元素記号を答えよ。

問 2 問 1 で答えた元素の酸化物は、けい砂・石灰石・炭酸ナトリウムから作られるソーダガラスに添加されて耐熱性の高いガラスの原料になる。ソーダガラスや耐熱ガラスを含む一般のガラスとは、どのような特徴を持つ物質であるか。物質の三態に関連して、通常物質と比べてその特徴を簡潔に説明せよ。

問 3 下線②に関連して、この文章から、ローレンシウムの原子番号はいくつと予想されるか。放射性壊変を利用して推定する考え方と原子番号を答えよ。なお、この連続した 6 回のアルファ壊変の過程の途中で、他の形態の放射性壊変は起こしていないものとする。

問 4 下線③に関連して、このような処理をされたものを何というか。

問 5 下線④に関連して、アルミニウムと塩酸との反応の化学反応式を書け。また、この反応におけるアルミニウムの酸化数の変化を示せ。さらに、この反応においてアルミニウムと電子の授受をする相手の元素は何か。元素記号とその元素の酸化数の変化を答えよ。

問 6 下線⑤に関連して、アルミニウムと濃硝酸との反応が進行しない理由を簡潔に述べよ。

問 7 下線⑥に関連して、両性水酸化物と呼ばれる物質もある。その中で、白色の両性水酸化物の沈殿が過剰のアンモニア水に溶解するものがある。このとき溶解しているイオンの化学式を記せ。

問 8 下線⑦に関連して、アルミニウムの酸化物と水酸化ナトリウム水溶液との反応の化学反応式を書け。また、この反応におけるアルミニウムの酸化数の変化を示せ。

- 5 以下の文章を読み、各問いに答えよ。なお、必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

$$H = 1 \quad C = 12 \quad O = 16 \quad I = 127$$

油脂は〔ア〕と脂肪酸が脱水縮合したエステル化合物であり、動物や植物の体内に広く存在する。油脂の性質はその脂肪酸の分子量や構造に大きく依存する。油脂を構成する脂肪酸の多くは、炭素数が多く分子量の大きい〔イ〕脂肪酸である。また、脂肪酸の炭化水素基の結合様式によっても性質が異なるが、炭化水素基が二重結合を含む脂肪酸を〔ウ〕脂肪酸という。〔ウ〕脂肪酸を多く含む油脂は固まりにくく常温で液体であり、食用油に用いられている。使用後の食用油からは、メタノールと反応させることで脂肪酸のメチルエステルが合成①され、バイオディーゼル燃料としても利用されている。

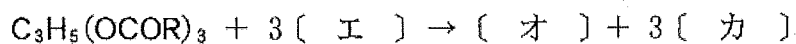
問 1 〔 〕内のアからウにあてはまる適切な語を入れよ。

問 2 ある油脂を加水分解したところ、この油脂は1種類の脂肪酸から出来ていることがわかった。この脂肪酸について元素分析を行ったところ、各元素の質量百分率は炭素 77.2%、水素 11.4%であった。この脂肪酸として最も適切なものは何か。計算の過程を示し、答えは以下の(A)から(F)の中から記号で選べ。また、この脂肪酸の炭化水素基には二重結合が何個あるか答えよ。

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| (A) ミリスチン酸 ($C_{13}H_{27}COOH$) | (B) パルミチン酸 ($C_{15}H_{31}COOH$) |
| (C) ステアリン酸 ($C_{17}H_{35}COOH$) | (D) オレイン酸 ($C_{17}H_{33}COOH$) |
| (E) リノール酸 ($C_{17}H_{31}COOH$) | (F) リノレン酸 ($C_{17}H_{29}COOH$) |

問 3 問 2 の油脂 439 g の炭化水素基にある二重結合をすべてヨウ素化するために必要なヨウ素の質量(g)を答えよ。計算の過程を示し、答えは整数値で求めよ。

問 4 下線①に関して、〔 〕内のエからカにあてはまる化学式を記せ。ただし、食用油を構成している脂肪酸は RCOOH であるとする。R は炭化水素基を示す。



問 5 1 種類の脂肪酸からできていることがわかっている食用油から合成された脂肪酸メチルエステルを完全燃焼させたときに、0.95 mol の二酸化炭素と 0.85 mol の水が生成した。この脂肪酸メチルエステルの炭化水素基として適切なものは何か。計算の過程を示し、答えは以下の(A)から(F)の中から記号で選べ。

