

科目	化学
----	----

理学部・医学部・薬学部・工学部・都市デザイン学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は、全部で11ページです。解答用紙は7枚、計算用紙は2枚で、問題冊子とは別になっています。試験開始の合図があってから確認してください。
3. 問題冊子あるいは解答用紙に、文字などの印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れなどがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験開始後に、すべての解答用紙(7枚)上部の指定欄に志望学部を記入し、受験番号欄(2カ所)に算用数字で受験番号を記入してください。氏名を書いてはいけません。
5. 解答は、解答用紙の所定欄に記入してください。解答用紙の所定欄以外に記入した解答は、採点の対象としません。
6. すべての解答用紙(7枚)を提出してください。
7. 問題は **1** ~ **4** の4問です。すべての問題を解答してください。
8. 問題冊子、計算用紙は持ち帰ってください。

(注意) 文字数に制限がある解答の場合、アルファベット、数値、符号、記号等は1字とする。元素記号は、アルファベットの字数で文字数を数える。例えば、 Fe^{3+} は4文字とし、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ は7文字である。

1 次の文章(I)～(IV)を読み、以下の問いに答えよ。

(I) 14族元素の水素化合物の沸点を比較すると、 GeH_4 (水素化ゲルマニウム)より分子量の小さな SiH_4 (水素化ケイ素)の沸点は GeH_4 よりも低い。同様に、 SiH_4 よりも分子量の小さな の沸点は、 SiH_4 よりも低い。したがって、14族元素の水素化合物の沸点は分子量が小さくなるほど低くなる。

16族元素の水素化合物の沸点を比較すると、 H_2Te (テルル化水素)より分子量の小さな H_2Se (セレン化水素)の沸点は H_2Te より低く、 H_2Se より分子量の小さな の沸点は H_2Se より低い。しかし、16族元素の水素化合物の中で最も分子量の小さな の沸点は、分子量の大きな H_2Te よりも高い。

17族元素の水素化合物の沸点を比較すると、 HI (ヨウ化水素)より分子量の小さな HBr (臭化水素)の沸点は HI より低い。同様に、 HBr より分子量の小さな HCl (塩化水素)の沸点は HBr より低い。しかし、17族元素の水素化合物の中で最も分子量の小さな の沸点は、分子量の大きな HI よりも高い。

16族元素と17族元素の最も小さな分子量の水素化合物の沸点が高い理由は、分子間に水素結合がはたらいっているためである。

問1 ～ にあてはまる水素化合物の分子式と名称を記せ。

問2 下線部(i)に関して、16族元素および17族元素の最も小さな分子量の水素化合物の間に水素結合が生じる理由を100字以内で説明せよ。

(II) 塩化カリウムと硫酸バリウムの溶解度を調べる実験をした。なお、水の蒸発はないものとする。また、溶解度とは溶媒100gに溶かすことのできる溶質の最大質量[g]である。

300 mLのビーカーに100 gの水を入れ、水の温度を測定した結果、 20°C であった。これに塩化カリウムを34 g加え、温度を 20°C に保ちながら、よくかき混ぜたところ、すべての塩化カリウムが溶けた。さらに1.0 gの塩化カリウムをこの水溶液に加えたところ、ごくわずかの塩化カリウムが溶けずに残った。この水溶液に4.0 gの塩化カリウムを加え、かき混ぜながら加熱した結果、溶液の温度が 40°C に達した段階で、すべての塩化カリウムが溶けた。さらに1.0 gの塩化カリウムを追加したところ、塩化カリウムがごくわずかに溶けず

(次のページへ続く)

残った。この実験結果から、40℃における塩化カリウムの溶解度はおよそ40であることが判明した。さらに9.0gの塩化カリウムを加え、溶液を加熱したところ、溶液の温度が80℃に達した段階で、すべての塩化カリウムが溶けた。そこに1.0gの塩化カリウムを追加したところ、ごくわずかが溶けずに残った。

次に、硫酸バリウムの溶解度を調べるため、300 mLのビーカーに100 gの水を入れ、さらに1.0 gの硫酸バリウムを加え、温度を20℃に保ちながら、よくかき混ぜたが、ほとんどの硫酸バリウムは溶けなかった。溶液の温度を40℃に上げても、ほとんどの硫酸バリウムは溶けず、硫酸バリウムは難溶性塩であることがわかった。

問 3 この実験結果をもとに水に対する塩化カリウムの溶解度曲線のグラフを示せ。

問 4 この実験結果より60℃における水に対する塩化カリウムの溶解度を整数値で記せ。

問 5 硫酸バリウムが、溶解度積の小さい難溶性塩である理由を50字以内で説明せよ。

(Ⅲ) コロイド溶液の電気泳動実験を行った。まず、黄褐色の塩化鉄(Ⅲ)の濃い水溶液を沸騰水中に滴下し、赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を得た。⁽ⁱⁱ⁾次に、このコロイド溶液をU字管に入れ、2本の白金電極をそれぞれの管口に挿入し、直流電圧をかけた。その結果、コロイド粒子は陰極のほうへ移動した。⁽ⁱⁱⁱ⁾

問 6 下線部(ii)でおこる反応の化学反応式を記せ。

問 7 下線部(iii)の結果から、水酸化鉄(Ⅲ)コロイド粒子のどのような性質がわかるか、30字以内で述べよ。

(Ⅳ) アルミニウムの単体は、酸化アルミニウムを熔融塩電解して製造される。アルミニウムは 族の元素で ^(iv) 価の陽イオンになりやすい。アルミニウムは両性元素で塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶解する。^(v) また、アルミニウムイオンを含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると白色ゲル(ゼリー)状の が沈殿する。

問 8 と にあてはまる数字を記せ。また、 にあてはまる分子式と名称を記せ。

(次のページへ続く)

問 9 下線部(iv)に関して、アルミニウム 1.08×10^2 kg を製造するために必要な電気量を有効数字 3 桁で計算せよ。計算過程も記せ。ただし、この熔融塩電解における電気量はすべて電解に使用されるものとする。アルミニウムの原子量を 27.0、ファラデー定数を 9.65×10^4 C/mol として計算せよ。

問10 下線部(v)に関して、アルミニウムを塩酸に溶解させた場合、および水酸化ナトリウム水溶液に溶解させた場合の反応式をそれぞれ記せ。

(以 下 余 白)

2 は次のページから始まります。

2 次の文章(I), (II)を読み, 以下の問いに答えよ。

必要があれば次の値を用いよ。

$$\log_{10} 2.0 = 0.30, \log_{10} 2.3 = 0.36, \log_{10} 3.0 = 0.48$$

生成熱: CO_2 (気) + 394 kJ/mol, H_2O (液) + 286 kJ/mol, CH_4 (気) + 75.0 kJ/mol

原子量: C = 12.0, Ca = 40.0

(I) 窒素肥料中の窒素成分は, 水素 H_2 と空気中の窒素 N_2 を反応させてアンモニア NH_3 を合成することによって得ている。この反応は可逆反応であり, 水素と窒素からアンモニアが生成する正反応は発熱反応である。したがって, の原理により のほうがアンモニアの生成に有利である。アンモニアの工業的な生産では, を主成分とする触媒を用いて窒素と水素を反応させる 法が用いられている。アンモニアは塩化水素と反応し, 塩化アンモニウムの白煙(イオン結晶の微粉末)を生じるので, 互いの気体の検出に用いられる。また, アンモニアは水に非常によく溶け, 一部が水と反応するのでアンモニア水溶液は塩基性を示す。

問 1 ~ にあてはまる最も適切な語句を下の語句群から選んで記せ。

ヘンリー, ルシャトリエ, ボイル・シャルル, ソルベ, ファントホッフ, ハーパー・ボッシュ, ファラデー, ヘス, 高温・高圧, 高温・低圧, 低温・高圧, 低温・低圧

問 2 にあてはまる化合物の化学式を記せ。

問 3 下線部(i)の反応における触媒の効果について, 以下の記述のうち正しいものを全て選び番号で記せ。

1. 正反応および逆反応の活性化エネルギーが小さくなる。
2. 正反応の活性化エネルギーは大きくなり, 逆反応の活性化エネルギーは小さくなる。
3. 正反応の反応速度は大きくなるが, 逆反応の反応速度は小さくなる。
4. 平衡に達するまでの時間が短くなるとともに, 総物質量が減少する方向に平衡は移動する。
5. 平衡に達するまでの時間は短くなるが, 平衡定数は変化しない。

(次のページへ続く)

問 4 弱塩基と強酸の塩である塩化アンモニウムの水溶液では、完全に電離したアンモニウムイオン NH_4^+ の一部が水と反応し、オキソニウムイオン H_3O^+ を生じるため、水溶液は弱酸性を示す。アンモニウムイオンと水のイオン反応式を記し、塩化アンモニウムの加水分解定数 K_h を、アンモニア NH_3 の電離定数 K_b と水のイオン積 K_w を用いて表せ。また、導出過程も記せ。

問 5 0.40 mol/L のアンモニア水溶液 50 mL に、0.20 mol/L の塩化アンモニウム水溶液 50 mL を加えて、緩衝液 100 mL を得た。緩衝液の pH を小数第一位まで求めよ。また、計算過程も記せ。ただし、アンモニアの電離定数 K_b は 2.3×10^{-5} mol/L、水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ とする。

(II) 炭化カルシウムに水を加えると、無色・無臭の気体が生成する。 この気体は都市ガスの主成分であるメタンに比べて燃焼熱が大きく、酸素を十分に供給して完全燃焼させると高温の炎を生じるため、金属の溶接や溶断などに用いられる。

問 6 下線部(ii)の反応を化学反応式で記せ。

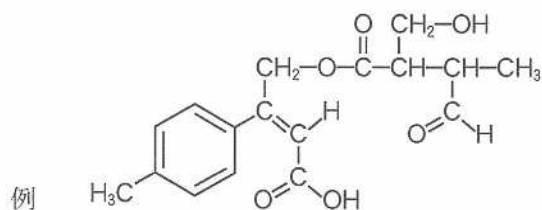
問 7 問 6 の反応で生じた気体の生成熱は -227 kJ/mol である。この気体の燃焼熱を求めよ。計算過程も記せ。

問 8 1.60 g の炭化カルシウムに水を加えて気体を生成させた。生成した気体を、それと同じ体積のメタンと混合し、完全燃焼させたときに発生する熱量を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も記せ。ただし、生成した気体とメタンのいずれも理想気体としてふるまうものとする。また、炭化カルシウムは全て水と反応し、生成した気体の水への溶解は起こらないものとする。

(以下 余 白)

3 芳香族化合物に関する以下の問いに答えよ。構造式は以下の例にならって記せ。

必要があれば、次の原子量を用いよ。H = 1, C = 12, O = 16



- 問 1 炭素数 8 で炭素と水素のみからなる芳香族化合物は全部でいくつあるか。数字で記せ。
- 問 2 炭素数 8 で炭素と水素のみからなる芳香族化合物で、ベンゼン環に 1 つの置換基を持つものの構造式をすべて記せ。
- 問 3 問 2 で答えたそれぞれの化合物の構造を確認するために、金属触媒存在下でのベンゼン環の置換基と水素との反応を調べることにした。予想される結果に、どのような違いがみられるか記せ。
- 問 4 有機化合物の成分元素の質量組成を求めることを元素分析という。スチレンの元素分析を行うために、ある量のスチレンの質量を正確に量り、完全に燃焼させ、生成するすべての化合物の質量をそれぞれ測定した。
- (1) 生成する化合物の名称をすべて記せ。
 - (2) 質量 a グラムのスチレンを完全燃焼させたとき、生成するすべての化合物の質量を a を用いてそれぞれ記せ。また、導出過程も記せ。
- 問 5 炭素数 8 で炭素と水素のみからなる芳香族化合物で、ベンゼン環に 2 つの置換基を持つものの構造式をすべて記せ。
- 問 6 問 5 で答えたそれぞれの化合物について、ベンゼン環の置換基を完全に酸化したときに生成する化合物の構造式を記せ。
- 問 7 問 6 で生成する化合物の 1 つは、加熱すると分子内で反応が進行する。この加熱生成物の構造式を記せ。

(次のページへ続く)

問 8 アルケンは付加反応を起こす。ある条件下では、アルケンに水が付加し、二重結合の炭素原子に H と OH が結合する。この条件下でスチレンに水が付加した場合に予想される生成物の構造式をすべて記せ。ただし、鏡像異性体は考えなくてよい。

問 9 問 8 で答えたそれぞれの生成物を 1 回の化学反応による定性分析で区別したい。どのような反応を行えばよいか、反応名を記せ。また、問 8 で答えたそれぞれの生成物の反応で観察される定性的な結果を記せ。

(以下 余 白)

4 次の文章(I)，(II)を読み，以下の問いに答えよ。文字数に制限がある解答の場合，アルファベット，数値，符号，記号等は1字とする。

(I) 合成高分子化合物は，形状や硬さなどにより，合成繊維，プラスチック，合成ゴムなどに分類される。合成繊維には，ナイロン66やポリアクリロニトリルなどがあり，プラスチックには，ポリエチレンやフェノール樹脂(ベークライト)などがある。

ナイロン66は，初めて工業的に生産された合成繊維で，とアジピン酸のにより得られ，耐摩耗性に優れる。ポリアクリロニトリルは，アクリロニトリルのにより得られ，⁽ⁱ⁾柔軟で軽い。とアクリロニトリルをさせた合成繊維は，ポリアクリロニトリルよりも難燃性が高く，カーペットやカーテンなどに用いられる。

ポリエチレンは，最も多く利用されているプラスチックであり，エチレンのにより得られ，⁽ⁱⁱ⁾製法の違いにより低密度ポリエチレン(LDPE)と高密度ポリエチレン(HDPE)ができる。LDPEは透明で軟らかく，HDPEは半透明で硬い。フェノール樹脂は，最初に実用化されたプラスチックであり，とフェノールとのにより得られ，電気絶縁性に優れる。

問1 ～にあてはまる最も適切な重合の名称を記せ。

問2 ～にあてはまる最も適切な化合物の名称を記せ。

問3 下線部(i)に関する次の文の～にあてはまる最も適切な語を記せ。

ナイロン66は，基の原子と原子の間に結合がはたらいているため，耐摩耗性に優れる。

問4 下線部(ii)について，次の各問いに答えよ。

(1) LDPEとHDPEの製法を，文例1にならって語句群1の中から2つの語句を用い，解答欄にあらかじめ記されている文字も含めて，それぞれ30字以内で説明せよ。

文例1：

化	合	物	X	は	，	化	合	物	Y	を	高	温	・	高
圧	の	も	と	で	分	解	し	て	得	ら	れ	る	。	

語句群1：高温・高圧，低温・低圧，高温・低圧，低温・高圧，縮合，脱水，重合，脱離

(次のページへ続く)

(2) LDPE と HDPE の構造の特徴を、文例 2 にならって語句群 2 の中から 2 つの語句を用い、解答欄にあらかじめ記されている文字も含めて、それぞれ 30 字以内で説明せよ。

文例 2:

化	合	物	Z	は	,	鎖	状	高	分	子	で	,	結	晶
部	分	が	な	い	。									

語句群 2: 鎖状, 枝分かれ, 立体網目状, らせん構造, ジグザグ構造, 結晶部分

(II) 生体中ではたらく天然高分子化合物として、多糖類、タンパク質、核酸がある。多糖類は、構成要素の単糖が 基どうしの間でグリコシド結合した高分子である。タンパク質は、構成要素の のカルボキシ基と別の のアミノ基が 結合した高分子であり、ポリ とよばれる。一方、核酸は、糖、塩基、 からなるヌクレオチドが構成単位であり、糖の 基と別のヌクレオチドの とが 結合した高分子である。

多糖類の結合と構造、特徴についてもう少し詳しく見てみると、例えば、でんぷんに含まれるアミロースは、構成単位の の 1 位の 基と、別の の 位の 基とが脱水縮合した直鎖状分子で、さらに に水素結合がはたらくためにらせん構造をとる。一方、植物の細胞壁の主成分であるセルロースは、構成単位の の 1 位の 基と、別の の 4 位の 基が脱水縮合した高分子で、1 つおきに糖の上下が互い違いになるために、 構造をとる。さらに、 に水素結合がはたらき強い繊維をつくる。

タンパク質はさまざまな立体構造をとる。ポリ 鎖の一部は二次構造として、らせん状の 構造やジグザグ型の 構造をつくる。さらにポリ 鎖の側鎖どうしの相互作用や結合の形成により、折りたたまれ、特有の三次構造をとる。このうち、システインの側鎖間に作られる結合は、 結合とよばれ、この結合を切断する際には、チオグリコール酸などの 剤が使われる。

核酸は構成要素の糖によって DNA と RNA があり、その塩基の配列と立体構造が遺伝情報に関与する。

問 5 ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

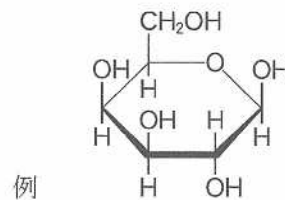
(次のページへ続く)

問 6 ～ にあてはまる最も適切な語句や数字を下段の(a)～(p)から選び、記号で記せ。

- (a) α -グルコース (b) α -フルクトース (c) β -ガラクトース (d) β -グルコース
(e) 6 (f) 4 (g) 3 (h) 1
(i) 不規則 (j) 枝分かれ (k) 直線状 (l) 折れ曲がり
(m) 側鎖間 (n) 分子内 (o) 分子間 (p) 溶媒との間

問 7 ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 8 DNA と RNA の構成要素の糖の名称をそれぞれ記せ。また、それぞれの糖の構造を、解答欄の塩基が結合した糖の骨格に追記して完成させよ。なお、追記のしかたは以下の例にならない、 が結合していない構造を記せ。



(以下余白)