

【I】 次の(1)～(7)の記述を読み、(ア)～(オ)に入る最も適当な語句をA～Dの記号より選び、(カ)～(シ)には最も適当な語句を入れ文章を完成せよ。答は解答欄に記せ。(30点)

(1) 次のA～Dのうち、分子中の非共有電子対の数が最も多いものは(ア)である。

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| A 水素 [H_2] | B 水 [H_2O] |
| C 窒素 [N_2] | D 二酸化炭素 [CO_2] |

(2) 次のA～Dのうち、沸点が最も高いハロゲンの単体は(イ)である。

- | | |
|------------------------|------------------------|
| A フッ素 [F_2] | B 塩素 [Cl_2] |
| C 臭素 [Br_2] | D ヨウ素 [I_2] |

(3) 次のA～Dのうち、沸点が最も高いハロゲン化水素は(ウ)である。

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| A フッ化水素 [HF] | B 塩化水素 [HCl] |
| C 臭化水素 [HBr] | D ヨウ化水素 [HI] |

(4) 次のA～Dのうち、弱酸は(エ)である。

- | | |
|----------|----------|
| A フッ化水素酸 | B 塩酸 |
| C 臭化水素酸 | D ヨウ化水素酸 |

(5) 次のA～Dのうち、それぞれの固体 1.0 g を 100 g の水に完全に溶かしたとき、沸点が最も高いものは(オ)の水溶液である。ただし、[]内の数値は式量または分子量を表す。

- | | |
|------------------|-----------------|
| A 塩化ナトリウム [58.5] | B 臭化ナトリウム [103] |
| C 塩化カルシウム [111] | D グルコース [180] |

(6) 物質を構成する粒子は常に運動をしている。このような運動を(カ)といい、温度が(キ)ほど激しくなる。この運動によって粒子は互いにばらばらになろうとする傾向がある。一方で、粒子は互いに集合しようとする傾向もあり、物質の状態はこの2つの傾向の大小関係によって決まる。固体から液体への変化を融解といい、その逆の変化を(ク)という。また、液体から気体への変化を(ケ)といい、その逆の変化を(コ)という。

(7) 実在気体は厳密には気体の状態方程式に従わない。これに対して、常に気体の状態方程式が厳密に成立すると想定した気体を理想気体という。理想気体とは、分子間に(サ)が働かず、分子自身の(シ)がゼロとみなせる気体である。

解答欄

| | | |
|-----|-----|-----|
| (ア) | (イ) | (ウ) |
| (エ) | (オ) | (カ) |
| (キ) | (ク) | (ケ) |
| (コ) | (サ) | (シ) |

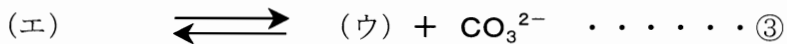
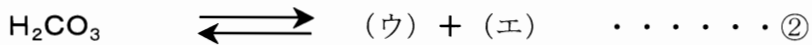
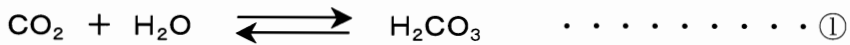
(記入しないこと)

【Ⅱ】 次の記述を読み、問1～5の答を解答欄に記せ。ただし、原子量はH=1.0, C=12, N=14, O=16, 気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{l}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。 (38点)

温室効果をもたらすため、排出量の規制が国際的に協議されている二酸化炭素は、
 (a) 主に化石燃料の燃焼によって生じる。また、(b) 工業的には石灰石を約 900°Cで熱分解することによって得ることができる。

二酸化炭素は加圧すると液体となり、この液体をポンベから噴出させると固体となる。この固体は (c) ドライアイスとよばれ、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の場合、 -78°C 以上の温度において気体に変化する。このような現象を (ア) という。

また、二酸化炭素は水に溶けて水と反応し、一部が電離するため、その溶液は弱い (イ) 性を示す。この過程は以下の反応式①～③で示される。



- 問1 (i) (ア)～(エ)に入る最も適当な語句またはイオン式を記せ。
 (ii) 二酸化炭素以外に (ア) の現象を示す物質の名称を2つ記せ。

問2 下線部(a)に関して、天然ガスの主成分であるメタンの燃焼熱はおよそ 900 kJ/mol である。一方、バイオ燃料としてエタノールが注目されているが、エタノールの燃焼熱はおよそ 1400 kJ/mol である。これらを燃焼させて熱エネルギーを得る場合には二酸化炭素が生じる。発生する二酸化炭素 1.0 mol あたりで比較すると、より多くの熱エネルギーを与えるものはどちらか。

問3 下線部(b)の化学反応式を記せ。

問4 下線部(c)に関して、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 27°C の条件のもとで、窒素で満たされた内容積 25 l の容器にドライアイス 110 g を入れて密閉した。ドライアイスが完全に気体になったとき、容器中の圧力は何 Pa になるか。ただし、容器中の温度は 27°C 、内容積は 25 l で一定とし、ドライアイスの体積は無視できるものとする。答は四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。

問5 圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 27°C において、中性の水に 0.50 ml の二酸化炭素 [気体] が溶解し、その溶液の体積が 1.0 l になったとき、溶液中の水素イオン濃度は何 mol/l になるか。ただし、溶解した二酸化炭素は①式に従いすべて H_2CO_3 となり、②式で示される H_2CO_3 の電離度は 0.10 とする。また、③式の反応および水の電離は無視できるものとする。答は四捨五入して有効数字2桁で記せ。

解答欄

| | | | |
|----|------|-------|-------|
| 問1 | (i) | (ア) | (イ) |
| | | (ウ) | (エ) |
| | (ii) | 物質の名称 | 物質の名称 |
| 問2 | → | | |
| 問3 | → | | |
| 問4 | Pa | 問5 | mol/l |

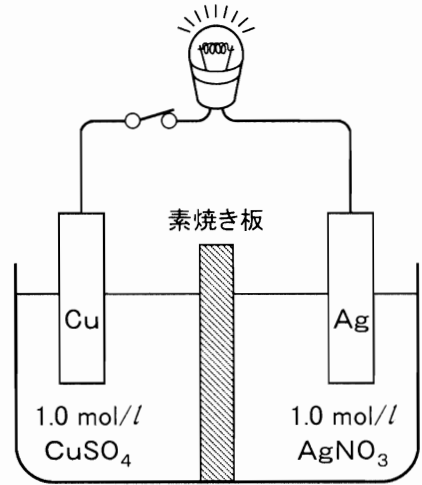
(記入しないこと)

【Ⅲ】 次の記述を読み、問 1～3 の答を解答欄に記せ。ただし、原子量は $N=14$, $O=16$, $S=32$, $Cu=64$, $Zn=65$, $Ag=108$, ファラデー定数は $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。(32 点)

金属の単体が水溶液中で (ア) を放出し、陽イオンになろうとする性質を金属のイオン化傾向という。例えば、 $AgNO_3$ 水溶液中に銅板を入れると、銅は陽イオンになり、銀イオンは単体になる。したがって、銅のイオン化傾向は銀より (イ) といえる。このとき両者で (ア) の授受があり、銅は (ア) を失い、すなわち (ウ) され、一方、銀イオンは (ア) を受け取り、すなわち (エ) される。

イオン化傾向の異なる 2 種の金属板を導線をつなぎ、それぞれの金属イオンを含む水溶液に浸すことにより、図に示すような電池をつくることができる。正負それぞれの電極を浸した水溶液の間は、両液が混じらないように素焼き板で仕切られている。この電池を放電すると、正極では反応 a がおこり、負極では反応 b がおこる。

図に示す銀板を亜鉛板にとりかえ、 1.0 mol/l の $AgNO_3$ 水溶液を 1.0 mol/l の $ZnSO_4$ 水溶液におきかえ放電すると、正極では反応 c がおこり、負極では反応 d がおこる。



問 1 (ア)～(エ)に入る最も適当な語句を記せ。

問 2 反応 a～d を、電子を含むイオン反応式で記せ。

問 3 図の電池を 0.16 A の電流で 5 分間放電すると、銅板と銀板の質量は放電する前よりも、それぞれ何 mg どのように変化 (増加または減少) するか。答は四捨五入して整数値で記せ。変化は該当する語句を○で囲め。

解答欄

| | | |
|-----|-------------------|-------------------|
| 問 1 | (ア) | (イ) |
| | (ウ) | (エ) |
| 問 2 | a → | b → |
| | c → | d → |
| 問 3 | 銅板 mg 増加・減少 | 銀板 mg 増加・減少 |

(記入しないこと)

【IV】 次の記述を読み、問 1～3 の答を解答欄に記せ。

(30 点)

いろいろな原子が組み合わさりできる化合物は、有機化合物と無機化合物に大別される。有機化合物はエタンのように (ア) 結合からなるが、無機化合物はアンモニアのように (ア) 結合からなるものや塩化ナトリウムのように (イ) 結合からなるものがある。無機化合物の生成に有機化合物が使われる場合があり、また、次の (1)～(8) に示すように有機化合物の生成に無機化合物や単体が利用される場合もある。

- (1) 酢酸ナトリウム [無水物] に水酸化ナトリウムを加えて強熱すると、ある有機化合物が生成する。
- (2) 水素と (ウ) の混合気体を、酸化亜鉛を含む触媒を用いて高温・高圧下で反応させるとメタノールが生成する。
- (3) エチレンを、塩化パラジウムと (エ) を触媒に用いて酸化するとアセトアルデヒドが生成する。
- (4) シアン酸アンモニウム NH_4OCN を加熱すると異性体である (オ) が生成する。
- (5) ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると (カ) が生成する。
- (6) ベンゼンに過剰の塩素を、紫外線をあてながら反応させると (キ) が生成する。
- (7) ベンゼンに塩素を、鉄粉や塩化鉄などの触媒を用いて反応させると (ク) が生成する。
- (8) (ク) に水酸化ナトリウム水溶液を、高温・高圧下で反応させると (ケ) が生成する。この溶液に二酸化炭素を通じると水溶液中で弱酸性を示す (コ) が遊離する。

問 1 (ア)～(コ) に入る最も適当な語句または化合物名を記せ。

問 2 (1) の反応を化学反応式で記せ。

問 3 (オ), (キ) の構造式を例にならって記せ。

【V】 次の記述を読み、問1～5の答を解答欄に記せ。

(40点)

アルカンの分子式は一般式 C_nH_{2n+2} で表される。このように共通の一般式で表され性質や構造がよく似た一連の化合物を(ア)という。最も簡単なアルカンであるメタンの立体構造は(イ)構造であり、その各頂点に水素原子、その中心に炭素原子が位置している。アルカン分子から水素原子が1つとれた原子団を(ウ)基という。一方、有機化合物の性質を決めるはたらきをもつ原子や原子団を(エ)基という。

アルケンの分子式は(a) 一般式 C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表される。最も簡単なアルケンはエチレンであり、その構造は(オ)構造である。

一般式 C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$) で表される鎖式炭化水素は(カ)とよばれ、(キ)結合を1つもつ。アセチレンは(ク)構造であり化学反応性に富み、(b) 水銀(II)イオン存在下で水と反応し不安定な化合物である(ケ)を経てアセトアルデヒドを生成する。

問1 (ア)～(ケ)に入る最も適当な語句を記せ。

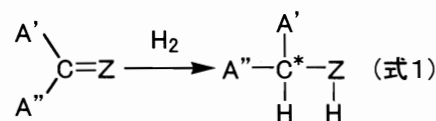
問2 下線部(a)について、 $n \geq 3$ のとき一般式 C_nH_{2n} で表されるアルケン以外の炭化水素の総称を記せ。

問3 下線部(b)について、現在アセトアルデヒドの工業的製法として水銀(II)イオンを触媒とするこの方法は用いられていない。その理由を簡潔に記せ。

問4 標準状態において、メタンとアセチレンの混合気体の密度を 1.0 g/l とすると、その混合気体中に占めるメタンの体積の割合は何%か。ただし、原子量は $H=1.0$ 、 $C=12$ 、標準状態における気体 1.0 mol の体積は 22.4 l とし、答は四捨五入して整数値で記せ。

問5 アルケンは水素と反応してアルカンを生成する。

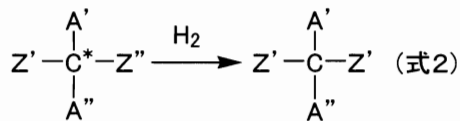
(i) 式1のように不斉炭素原子をもたない鎖式アルケンから不斉炭素原子をもつアルカンが生成するとき、最も炭素数の少ないアルケンの炭素数はいくつか。また、その炭素数に相当し、式1に従うアルケンの異性体は、立体異性体を含めていくつあるか。



C^* : 不斉炭素原子

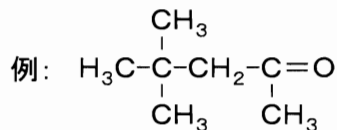
A' , A'' , Z : 炭化水素基

(ii) 式2のように1つの不斉炭素原子をもつ鎖式アルケンから不斉炭素原子をもたないアルカンが生成するとき、最も炭素数の少ないアルケンの構造式を例にならって記せ。



C* : 不斉炭素原子

A', A'', Z', Z'' : 水素原子または炭化水素基



解答欄

| | | | | |
|----|-----|-----|-----------|------|
| 問1 | (ア) | (イ) | (ウ) | |
| | (エ) | (オ) | (カ) | |
| | (キ) | (ク) | (ケ) | |
| 問2 | / | | | |
| 問3 | | | | |
| 問4 | % | 問5 | (i) 炭素数 | (ii) |
| | | | (i) 異性体の数 | |

(記入しないこと)

【VIa】または【VIb】のどちらか1つを選んで解答すること。

【VIa】「生活と物質」に関する次の記述を読み、問1～4の答を解答欄に記せ。ただし、原子量はH=1.0, C=12, O=16とする。(30点)

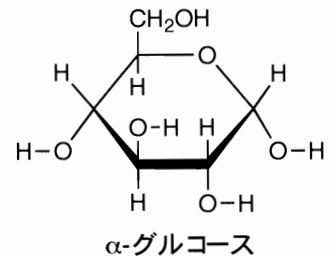
タンパク質、糖類〔炭水化物〕、脂質〔油脂など〕は三大栄養素とよばれる。また、人はこの他にも量は少ないが、栄養素として(ア)と(イ)を必要とする。

タンパク質は(ウ)が重合した高分子化合物であり、主要な成分元素はC, H, O, N, Sの5つである。タンパク質の呈色反応としては、(a) ビウレット反応や(b) キサントプロテイン反応がある。一方、糖類や脂質は主にC, H, Oの3元素で構成される。糖類にはグルコースに代表される(エ)と、これが縮合重合してできたデンプンに代表される(c) 多糖類がある。デンプンの検出には(オ)反応が使われる。油脂はグリセリンと脂肪酸のエステルであり、バターのように常温で固体のものとゴマ油のように液体のものがある。この状態の違いは結合している脂肪酸の構造に由来する。固体の油脂に含まれる脂肪酸には飽和のものが多く、液体の油脂に含まれる脂肪酸には(d) 不飽和のもので二重結合をもつものが多い。これらは体内で分解、吸収され、栄養となる。

問1 (ア)～(オ)に入る最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(a)について、ビウレット反応を示すには何個以上のペプチド結合が必要か。また、下線部(b)について、キサントプロテイン反応ではチロシンやトリプトファン中のベンゼン環に置換反応がおこって呈色する。その置換反応名を記せ。

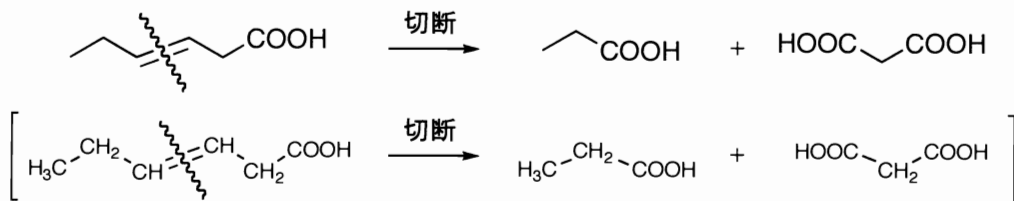
問3 下線部(c)について、グルコースからなる多糖類にアミロースとセルロースがある。右図の α -グルコースの構造を参考にして、これら2つの高分子の一般式(構造式)を記せ。ただし、重合度は n とする。



問4 (i) 下線部(d)について、脂肪酸の炭素-炭素二重結合の位置を決定するには、反応により二重結合を次ページの例のように切断すればよい。二重結合を1つ含む分子式 $C_{12}H_{22}O_2$ (分子量198)の脂肪酸1.98gを完全に反応させたところ、モノカルボン酸1.30gとジカルボン酸1.32gが得られた。解答欄の構造式に二重結合の位置が分かるように結合を描き加えて、この脂肪酸の構造式を完成せよ。ただし、シス形、トランス形は考慮しなくてよい。

(ii) マーガリンは液体の植物性油脂から水素の付加により作られる。このようにして得られる固体の油脂の総称を記せ。

例：



解答欄

| | | | |
|-----|----------|-----|-------|
| 問 1 | (ア) | (イ) | (ウ) |
| | (エ) | (オ) | |
| 問 2 | ペプチド結合の数 | | 反応名 |
| 問 3 | アミロース | | セルロース |
| 問 4 | (i) | | |
| | (ii) | | |

(記入しないこと)

【VIa】 または 【VIb】 のどちらか1つを選んで解答すること。

【VIb】 「生命と物質」に関する次の記述を読み、問1～4の答を解答欄に記せ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $N=14$, $O=16$, $Na=23$, $S=32$, $Pb=207$ とする。 (30点)

タンパク質は、(ア) が重合した高分子化合物であり、生体では (イ) の遺伝情報をもとに合成される。(イ) は糖、リン酸、(ウ) からなるポリヌクレオチドであり、2本のポリヌクレオチド鎖の間で (ウ) どうしの (エ) 結合により二重らせん構造をとる。

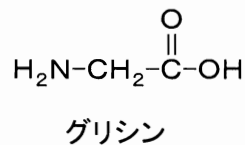
タンパク質はさまざまな試薬によって呈色反応を示すが、その呈色反応としては、(a) キサントプロテイン反応やビウレット反応がある。また、ある元素を含むタンパク質を検出する反応として、(b) タンパク質の水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酸を加えて中和後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えることで黒色の硫化鉛(Ⅱ)を沈殿させる方法がある。一方、(イ) には糖として、五炭糖の1種である (オ) が含まれているが、(c) この糖の水溶液に、酒石酸ナトリウムカリウムおよび水酸化ナトリウムの水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液の混合液を加えて加熱すると赤色の沈殿が生じる。

問1 (ア) ～ (オ) に入る最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(a)について、キサントプロテイン反応ではチロシンやトリプトファン中のベンゼン環に置換反応がおこって呈色する。その置換反応名を記せ。

また、下線部(c)の反応はこの糖のどのような化学的性質によっておこるか。その化学的性質を記せ。

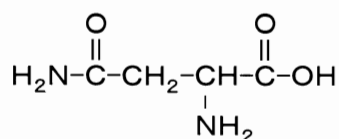
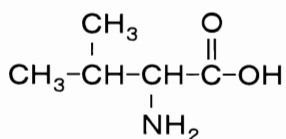
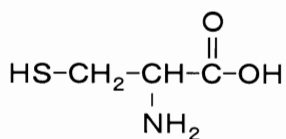
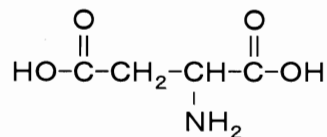
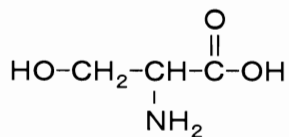
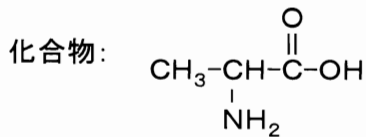
問3 グリシンのみからなるペプチドでビウレット反応を示すもののうち、分子量が最も小さいペプチドの構造を右図のグリシンの構造を参考にして記せ。



問4 次ページの6つの化合物からなるポリペプチドがある。このポリペプチドを加水分解すると各化合物が同分子数ずつ得られた。

(i) 下線部(b)の方法により、このポリペプチドの 0.001 mol を完全に反応させたところ、 478 mg の硫化鉛(Ⅱ)が生じた。ポリペプチド1分子中には各化合物が何分子ずつ含まれているか。

(ii) このポリペプチドの一定量を試料とし、試料中の窒素原子をすべてアンモニアにした後、 0.2 mol/l の硫酸水溶液 100 ml と完全に反応させた。さらに、この硫酸水溶液を 1.0 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ 12 ml を要した。この試料中に含まれる窒素の質量は何 mg か。答は四捨五入して整数値で記せ。



解答欄

| | | | |
|-----|--------|-----|---------|
| 問 1 | (ア) | (イ) | (ウ) |
| | (エ) | (オ) | |
| 問 2 | 反応名 | | 化学的性質 |
| 問 3 | | | |
| 問 4 | (i) 分子 | | (ii) mg |

(記入しないこと)