

'15

受験  
番号

前期日程

# 化 学 問 題

(理 工 学 部)

## 注 意 事 項

問題(①~④)は全て解答してください。問題(⑤, ⑥)は、どちらか一題を選択して解答してください。問題(⑤, ⑥)では、選択した問題の解答用紙左上の選択欄に、○を記入してください。ただし、問題(⑤, ⑥)の両方の選択欄に○を記入した場合、あるいはいずれの選択欄にも○の記入がない場合は、どちらの答案も0点となるので、十分注意してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は21ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには下書用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

## 試験日程 前期日程

試験教科・科目名 理工学部 化学

問題訂正

問題 2 (2) 問 3

8 ページ の問題文中、上から 3 行目

(誤) 「有効数字 3 桁 で答えよ。」

(正) 「有効数字 2 桁 で答えよ。」

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	C = 12.0	Ca = 40.1	Cl = 35.5	Cu = 63.5
	Fe = 55.8	H = 1.0	I = 127	K = 39.1
	Mg = 24.3	Mn = 54.9	N = 14.0	Na = 23.0
	O = 16.0	Pt = 195	S = 32.1	Sr = 87.6
	Zn = 65.4			

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C,  $1.01 \times 10^5$  Pa)

気体定数  $8.31 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数  $6.02 \times 10^{23}$  /mol

ファラデー定数  $9.65 \times 10^4$  C/mol

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

原子は、中心にある原子核と、そのまわりをとりまく  から構成されている。原子核は、正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子から構成される。陽子の数と中性子の数の  を質量数という。例えば、マグネシウム原子の原子核には  個の陽子が含まれており、原子核に含まれる中性子の数が12個であれば、その質量数は  である。質量数44のカルシウム原子の原子核は、 個の陽子と  個の中性子からできている。

陽子の数が同じで中性子の数が異なる原子どうしを、互いに  であるという。 の中には原子核が不安定で、自然に放射線を放出して他の原子に変わるものがあり、それらを  という。ある  が元の半分の量になるのに要する時間を半減期とよぶ。質量数89のストロンチウム  $^{89}\text{Sr}$  は  であり、医療に用いられている。これは、ストロンチウムがカルシウムと同族の元素であり、体内で骨に集積しやすい性質をもつことを利用したものである。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄  ～  に当てはまる数を記せ。

問3 マグネシウムやカルシウムは2価の陽イオンになりやすい。その理由をこれらの原子の電子配置に基づいて説明せよ。

問4 ある患者に治療のため  $^{89}\text{Sr}$  を40.0 mg 投与した。体内から  $^{89}\text{Sr}$  は排出されないものとして、投与後、体内に残っている  $^{89}\text{Sr}$  が2.50 mg になるのに要する日数を求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、 $^{89}\text{Sr}$  の半減期を50.5日とする。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

0.500 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、手順 1～手順 3 により調製した。

手順 1：硫酸銅(Ⅱ)五水和物  g を容量が 500 mL のビーカーにはかりとり、約 300 mL の純水を加えて完全に溶かした。

手順 2：この水溶液を容量が 500 mL の器具 A に移した。ビーカーの内壁に残った溶液を少量の純水で洗い、洗液も器具 A の中へ加えた。

手順 3：器具 A の標線まで純水を加えた。その後、栓をしてよく振って濃度が均一になるようにした。

調製した 0.500 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いて、0.100 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を手順 4 により調製した。

手順 4：0.500 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液  mL を、器具 B を用いて容量が 100 mL の器具 C にはかりとり、標線まで純水を加えた後、栓をしてよく振った。

問 1 器具 A～器具 C に当てはまる最も適切な器具名を以下の語群より選び答えよ。同じものを複数回選んでもよい。

【語群】 ビーカー、メスシリンダー、メスフラスコ、  
ビュレット、ホールピペット、駒込ピペット

問 2 空欄  ,  に当てはまる数字を、有効数字 3 桁で答えよ。

問 3 手順 2～手順 4 の操作において、器具 A～器具 C のうち、内側が純水でぬれたまま使用してはならない器具を 1 つ選び、そのアルファベットを記せ。また、その器具の内側が純水でぬれているときに、器具を乾燥させずに使用する場合には、どのような処理を行えばよいかを記せ。

問 4 0.100 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液をビーカーに少量とり、亜鉛の粉末を入れると、水溶液の青色がうすくなった。この色の濃さが変化した原因となる化学反応を、化学反応式で記せ。

問 5 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 2.50 g をビーカーにはかりとり、大気中で 220 °C に加熱したところ、試料の質量は 1.60 g になり、さらに 220 °C で加熱し続けても質量の変化はなかった。試料の質量が減少した化学反応を推定し、その化学反応式を記せ。

2

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

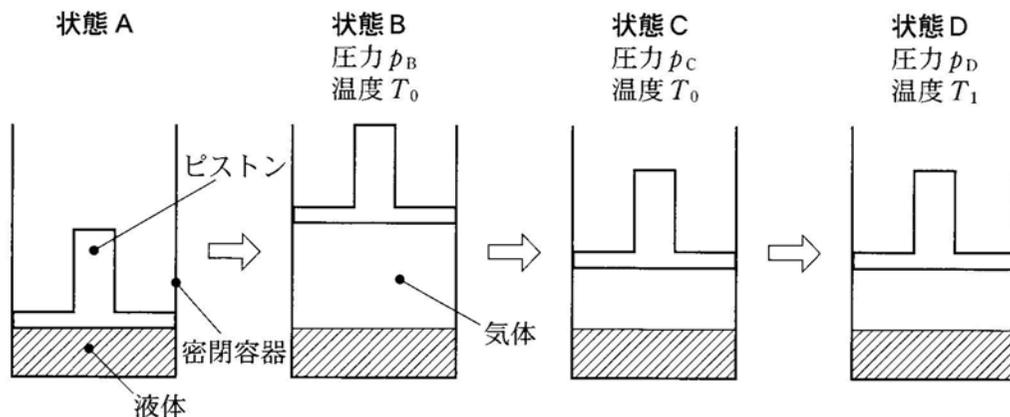
ピストンによって内部の体積を変化させることができる密閉容器を用意し、以下の操作を操作1～操作4の順に行った。

操作1：密閉容器の内部を化学的に安定な分子からなる液体で満たし、容器を密閉した(状態A)。

操作2：ピストンをゆっくりと引き上げた後、密閉容器全体の温度を  $T_0$  に保ち、容器内部を気体の圧力が  $p_B$  の 気液平衡状態にした(状態B)。

操作3：ピストンをゆっくりと押し下げた後、密閉容器全体の温度を  $T_0$  に保ち、容器内部を気体の圧力が  $p_C$  の気液平衡状態にした(状態C)。

操作4：密閉容器の内部の体積を一定に保ったまま、容器を加熱し、容器全体の温度を  $T_1$  にしてこの温度に保ち、容器内部を気体の圧力が  $p_D$  の気液平衡状態にした(状態D)。



問 1 下線部 a の気液平衡状態とはどのような状態であるか、蒸発速度、凝縮速度の語を用いて説明せよ。ただし、蒸発速度、凝縮速度はそれぞれ、密閉容器の内部で単位時間あたりに蒸発する分子数、凝縮する分子数を表す。

問 2 状態 B における気体の圧力  $p_B$  と状態 C における気体の圧力  $p_C$  との大小関係について、正しいものを下の①～③から 1 つ選び、その番号を記せ。また、その理由を記せ。

- ①  $p_B < p_C$                       ②  $p_B = p_C$                       ③  $p_B > p_C$

問 3 状態 C における気体の圧力  $p_C$ 、気体の分子数  $N_C$  と、状態 D における気体の圧力  $p_D$ 、気体の分子数  $N_D$  の大小関係を表すものとして、正しいものを下の①～⑨から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ①  $p_C < p_D, N_C < N_D$     ②  $p_C = p_D, N_C < N_D$     ③  $p_C > p_D, N_C < N_D$   
④  $p_C < p_D, N_C = N_D$     ⑤  $p_C = p_D, N_C = N_D$     ⑥  $p_C > p_D, N_C = N_D$   
⑦  $p_C < p_D, N_C > N_D$     ⑧  $p_C = p_D, N_C > N_D$     ⑨  $p_C > p_D, N_C > N_D$

問 4 状態 D に関する下の①～⑤の記述について、正しいものを 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 状態 D における気体分子 1 個の運動エネルギーは、状態 C における気体分子 1 個の運動エネルギーよりも常に大きい。  
② 状態 D における気体分子 1 個の運動エネルギーは、状態 C における気体分子 1 個の運動エネルギーよりも常に小さい。  
③ 状態 D の気体においては、状態 C の気体に比べて、運動エネルギーの大きな分子の割合が大きい。  
④ 状態 D の気体においては、状態 C の気体に比べて、運動エネルギーの大きな分子の割合が小さい。  
⑤ 状態 D の気体分子の平均運動エネルギーは、状態 C の気体分子の平均運動エネルギーに等しい。

- (2) 次に示す固体の水に対する溶解度(g/100 g 水)の表を参考にして、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。ただし、水溶液において、過飽和および水の蒸発はないものとする。

表 固体の溶解度(g/100 g 水)

溶 質	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	60 °C	80 °C
硝酸カリウム	22.0	31.6	45.6	63.9	109	169
塩化カリウム	30.9	34.0	37.1	40.0	45.8	51.2
塩化ナトリウム	37.7	37.8	38.0	38.3	39.0	40.0

問1 硝酸カリウム、塩化カリウム、塩化ナトリウムのそれぞれについて、80.0 gをはかりとり、200 gの水に加えてよくかき混ぜながら加熱して、80 °Cの水溶液とした。これら3種類の水溶液について、下の①～④の中から正しいものを1つ選び、その番号を記せ。

- ① 80 °Cの3種類の水溶液は、すべて飽和水溶液である。
- ② 80 °Cの3種類の水溶液の中で、質量モル濃度が最大であるのは、硝酸カリウム水溶液である。
- ③ 塩化カリウム水溶液を80 °Cから冷やして40 °Cとしたとき、この水溶液の質量パーセント濃度は、40 °Cの塩化カリウム飽和水溶液に比べて低い。
- ④ 80 °Cの3種類の水溶液を冷やしていったとき、最も高い温度で結晶が析出しはじめるのは、塩化ナトリウム水溶液である。

問2 問1の方法でつくった硝酸カリウム水溶液を80 °Cから冷やして20 °Cとした。このとき析出する硝酸カリウムの結晶は何gか、有効数字3桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 問 1 の方法でつくった塩化ナトリウム水溶液を  $80^{\circ}\text{C}$  から冷やして  $30^{\circ}\text{C}$  とするとき、結晶が析出しないようにするためには、少なくとも何 g の水を加えればよいか、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 4 ある温度で、式量  $M$  の固体を水に溶かして飽和水溶液をつくった。その飽和水溶液の質量パーセント濃度(%), モル濃度(mol/L)を表すものを、下の①~⑨の中からそれぞれ 1 つ選び、その番号を記せ。ただし、その温度におけるこの固体の水に対する溶解度を  $S(\text{g}/100 \text{ g 水})$ , 飽和水溶液の密度を  $d(\text{g}/\text{cm}^3)$  とする。

①  $\frac{100 + S}{S}$

②  $\frac{100 S}{M}$

③  $\frac{10 S}{M}$

④  $\frac{100 S}{100 + S}$

⑤  $\frac{100 dM}{S(100 + S)}$

⑥  $\frac{10 S}{100 + S}$

⑦  $\frac{10 M}{S}$

⑧  $\frac{1000 dS}{M(100 + S)}$

⑨  $\frac{10 dS}{M(100 + S)}$

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

塩素は、周期表の  族に属する元素である。塩素の単体は二原子分子として存在し、a 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することで得られる。また、塩素の単体は水に溶け、b その一部が水と反応して次亜塩素酸を生じる。次亜塩素酸の塩である次亜塩素酸ナトリウムは強い  を示し、水道水の消毒剤として用いられている。

酸素は、周期表の  族に属する元素である。その単体にはO<sub>2</sub>の  であるオゾンがあり、O<sub>2</sub>に強い  を当てると生成する。オゾンも強い  を示すことから、次亜塩素酸ナトリウムと同様に水道水の消毒に利用されている。オゾンは、c 水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙が青紫色に変色することを利用して検出できる。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な数字または語句を記せ。

問2 下線部aについて、塩素の単体が生成する反応を化学反応式で記せ。

問3 下線部bの反応を化学反応式で記せ。

問4 塩素のオキソ酸である次亜塩素酸、亜塩素酸、塩素酸、過塩素酸中の塩素原子の酸化数を記せ。また、これらのオキソ酸を、酸の強さが強い順に化学式で記せ。

問5 下線部cについて、オゾンの存在下で水に湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙が青紫色に変色する理由を40字以内で述べよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

安定な鉄のイオンには鉄(Ⅱ)イオンと鉄(Ⅲ)イオンがある。a 鉄(Ⅱ)イオンを含む水溶液は、鉄を希硫酸と反応させることで得られる。鉄(Ⅱ)イオンを含む水溶液に  の水溶液を加えると濃青色の沈殿が生じる。この反応は鉄(Ⅱ)イオンの検出に利用されている。

鉄(Ⅱ)イオンは酸化されやすく、b 鉄(Ⅱ)イオンを含む酸性水溶液に酸素を吹き込むと、鉄(Ⅱ)イオンは酸化されて鉄(Ⅲ)イオンとなり、酸素は鉄(Ⅱ)イオンによって還元されて水になる。

水溶液中の鉄(Ⅱ)イオンは電気分解によっても酸化され、鉄(Ⅲ)イオンに変化する。例えば、c 白金電極を用いて硫酸鉄(Ⅱ)の希硫酸溶液を約1.0Vの電圧で電気分解すると、陰極から水素が発生し、陽極では鉄(Ⅲ)イオンが生じる。一方、鉄(Ⅲ)イオンを含む中性水溶液に硫化水素を通じると、鉄(Ⅲ)イオンは還元され、黒色の  の沈殿が生じる。

問1 下線部aの反応を化学反応式で記せ。

問2 空欄  ,  に当てはまる最も適切なものを下の①～⑦から選び、その番号を記せ。

- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| ① ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム | ② 水酸化カリウム |
| ③ チオシアン酸カリウム       | ④ 硫化鉄(Ⅱ)  |
| ⑤ 硫化鉄(Ⅲ)           | ⑥ 硫酸鉄(Ⅱ)  |
| ⑦ 硫酸鉄(Ⅲ)           |           |

問3 下線部bの反応をイオン反応式で記せ。

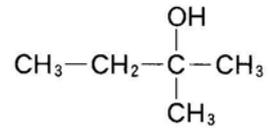
問4 下線部cについて、陰極および陽極で生じる反応を電子 $e^-$ を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問 5 下線部 c について、硫酸鉄(Ⅱ)の希硫酸溶液を電気分解したところ、生成した水素は標準状態(0℃,  $1.01 \times 10^5$  Pa)において 0.112 L であった。この電気分解によって生成した鉄(Ⅲ)イオンの物質量を、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、水素は理想気体とみなす。



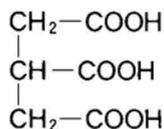


- (2) エタノールが分子内で脱水反応を起こすと、エチレンが生じる。同様に次に示すアルコールの分子内脱水反応を行ったところ、2種類のアルケンが生成した。この2種類のアルケンの構造式を記せ。



アルコール

- (3) エステル A を加水分解したところ、次に示す 3 価カルボン酸 B とともにアルコール C とフェノール類 D が生成し、他の生成物はなかった。この反応に関する問 1 ～問 5 の答を解答欄に記入せよ。



3 価カルボン酸 B

- 問 1 アルコール C の分子式は  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  であった。この分子式をもつ構造異性体のうち、アルコールは全部でいくつあるか、その数を記せ。
- 問 2 アルコール C は硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えても酸化されなかった。化合物 C の構造式を記せ。
- 問 3 フェノール類 D の分子式は  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$  であった。この分子式をもつ構造異性体のうち、フェノール類は全部でいくつあるか、その数を記せ。
- 問 4 フェノール類 D を酸化するとサリチル酸が生成した。化合物 D の構造式を記せ。
- 問 5 エステル A は不斉炭素原子を 1 つ有する。また、生成した化合物 B, C, D の物質量の比は 1 : 2 : 1 であった。化合物 C, D のヒドロキシ基以外の部分をそれぞれ  $\text{R}_\text{C}$ ,  $\text{R}_\text{D}$  と略記して、化合物 A の構造式を記せ。

5

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

a 天然ゴムの主要な成分はイソプレン  $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH} = \text{CH}_2$  が  
 重合することにより形成されるポリイソプレンである。天然ゴム中  
 の b ポリイソプレン鎖はシス形の  $\text{C} = \text{C}$  結合をもつため分子鎖が折れ曲がる。  
 そのため、ゴムには弾性があるが、天然ゴムを空气中に放置しておくと、分子  
 中の  $\text{C} = \text{C}$  結合が  され、ゴム弾性が失われる。また、c 天然ゴムに  
硫黄を数パーセント加えて加熱すると、分子のところどころに硫黄原子による  
 構造が生じて、弾性が増す。

分子内に2個の  $\text{C} = \text{C}$  結合をもつ1,3-ブタジエンを重合させると合成ゴム  
 をつくることができる。このとき、1,3-ブタジエンに少量のスチレンやアクリ  
 ロニトリルを加えて  重合させると、重合体の中にスチレンではベン  
 ゼン環が、アクリロニトリルでは  基が導入され、耐熱性や耐摩耗性  
 が改善される。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。ただ  
 し、同じ語句を複数回使ってはならない。

問2 下線部aについて、イソプレンからポリイソプレンが生成するときの化  
 学反応式を下の例にならって記せ。また、分子量  $6.0 \times 10^5$  のポリイソプ  
 レンの重合度を、有効数字2桁で答えよ。

(例)



問 3 下線部 b について，2-ブテンにはシス形とトランス形の幾何異性体が存在する。シス-2-ブテンとトランス-2-ブテンの構造式を，幾何異性体の違いがわかるように記せ。

問 4 ポリイソプレンにおけるイソプレンのように，高分子化合物の構成単位となる小さな分子を一般に何と呼ぶか答えよ。

問 5 下線部 c の操作の名称を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

セルロース $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ は多数の $\beta$ -グルコースがつながった天然高分子化合物である。セルロース分子は直線状構造をしているために分子どうしが平行に並びやすく、分子間に多くの  結合が形成され、強い繊維状の物質となる。

セルロースを構成するグルコース構造単位には3個のヒドロキシ基がある。このヒドロキシ基を化学的に変化させて、有用な物質をつくることができる。例えば、セルロースを無水酢酸と反応させ、ヒドロキシ基をすべてアセチル化するとトリアセチルセルロースになる。トリアセチルセルロースは有機溶媒に溶けにくい、一部のエステル結合を加水分解させるとアセトンに溶解するようになる。このアセトン溶液を細孔から押し出し乾燥させると  繊維が得られる。

これに対し、セルロースを化学的処理によりビスコースとした後、繊維状に再生したものを  という。また、ビスコースからセルロースを膜状に再生すると  が得られる。

合成高分子を繊維状にしたものが合成繊維である。その中で、多数のアミド結合でつながった合成繊維は  系合成繊維といい、特に、脂肪族の  系合成繊維をナイロンという。 $\epsilon$ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、  重合して b ナイロン6 が生成する。

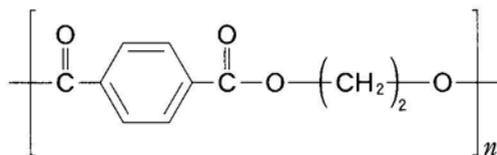
問 1 空欄 ア ~ カ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、トリアセチルセルロースの構造式を、本文中のセルロースの表記 ( $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ ) にならって記せ。

問 3 下線部 a について、セルロース 16.2 g を無水酢酸と反応させて、すべてトリアセチルセルロースにすると、必要な無水酢酸は理論上何 g か、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

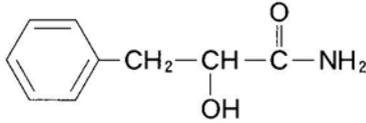
問 4 下線部 b のナイロン 6 の構造式を下の例にならって記せ。

(例)



6 次の文章を読んで、問1～問9の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は以下の例にならって記せ。

(例)



$\alpha$ -アミノ酸(アミノ酸)は、一般式  $R - CH(NH_2) - COOH$  で表される分子構造をもち、分子内に酸性を示す **ア** 基と塩基性を示す **イ** 基をもっているため、酸と塩基の両方の性質を示す。アミノ酸は、水溶液中では、陽イオン、双性イオン、陰イオンの平衡状態にあり、a これらのイオンの割合は pH によって変化する。 アミノ酸の水溶液が特定の pH になると、これらのイオンの電荷の総和が全体として0になる。この pH をそのアミノ酸の等電点という。アミノ酸の水溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、双性イオンは移動しないが、陽イオンと陰イオンは互いに異なる電極側に移動する。b このようにイオンが移動する現象を **ウ** といい、アミノ酸の分離に用いられる。

あるアミノ酸の **ア** 基と別のアミノ酸の **イ** 基との間で **エ** 縮合させると、ペプチド結合が形成される。アミノ酸2分子が **エ** 縮合して結合した分子を c ジペプチド、3分子が結合した分子を d トリペプチド、多数のアミノ酸が結合した分子を e ポリペプチド という。

タンパク質はポリペプチドの構造をもつ鎖状の高分子化合物であり、その分子量は1万から数百万に及ぶ。タンパク質の中には生化学反応の触媒として働く酵素があり、酵素は反応の **オ** を下げて反応を起しやすくする。酵素反応では、ある温度までは温度が上昇するほど反応速度が増し、酵素が最もよく働く温度を最適温度という。しかし、f さらに高温になると、一般に反応速度は急激に低下する。 また、g 酵素には最も高い活性を示す最適 pH が存在する。

- 問 1 空欄 ア ~ オ に当てはまる最も適切な語句を記せ。
- 問 2 一般式  $R - CH(NH_2) - COOH$  であらわされるアミノ酸の陽イオン，双性イオン，陰イオンの構造式を記せ。
- 問 3 下線部 a について，pH を等電点より小さくすると割合が増大するイオンは，陽イオン，双性イオン，陰イオンのいずれか，答えよ。
- 問 4 下線部 b について，等電点 6.0 のグリシンと等電点 3.2 のグルタミン酸を含む pH 4.0 の水溶液において，この 2 つのアミノ酸を分離するとき，それぞれのアミノ酸は陽極，陰極のどちらへ移動するか答えよ。
- 問 5 下線部 c について，グリシン 2 分子からなる鎖状のジペプチドの構造式を記せ。
- 問 6 下線部 d について，アラニン 1 分子とフェニルアラニン 2 分子からなる鎖状のトリペプチドの構造異性体の数を記せ。
- 問 7 下線部 e について，側鎖にヒドロキシ基を含む 1 種類の  $\alpha$ -アミノ酸からなるポリペプチドを完全に加水分解したところ，側鎖に窒素原子を含まない  $\alpha$ -アミノ酸が得られた。その  $\alpha$ -アミノ酸を元素分析したところ，窒素の質量パーセントは 13.3 % であった。この  $\alpha$ -アミノ酸の構造式を記せ。また，その根拠となる計算過程を示せ。
- 問 8 下線部 f について，反応速度が急激に低下する理由を，**タンパク質**，**立体構造**の語を用いて説明せよ。
- 問 9 下線部 g について，ペプシンの酵素活性が最も高くなると考えられる pH 領域は，酸性，中性，塩基性のいずれかを答えよ。また，そのように考える理由を記せ。