

'25

前期日程

化 学

(理 工 学 部)

注 意 事 項

問題(①～⑤)の全てに解答してください。

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. 問題冊子は1冊(21頁)、解答用紙は5枚、下書用紙は1枚です。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. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は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。

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	H = 1.0	C = 12.0	N = 14.0	O = 16.0
	F = 19.0	Na = 23.0	S = 32.1	Cl = 35.5
	K = 39.1	Ca = 40.1	Cr = 52.0	Cu = 63.5
	Zn = 65.4	Ag = 107.9		

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0℃, 1.013×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(mol·K)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

化学結合には、aイオン結合、b金属結合、c共有結合がある。イオン結合は陽イオンと陰イオンの間にはたらく による引力で形成される。金属結合は、金属原子が価電子を出し合い、特定の原子に固定されずに金属中を動き回る を共有することで形成される。共有結合は原子間で d価電子を共有することで形成される。それぞれの原子は共有結合を形成すると、同周期の の原子と同じ電子配置になることが多い。異種の原子間に形成される共有結合においては、共有電子対がいずれか一方の原子にかたよる。このように、結合に電荷のかたよりがあることを e結合に極性があるという。

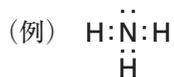
分子の間に働く弱い力を分子間力という。f分子間力の強さは物質の融点や沸点に影響する。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 a, b, c の結合からそれぞれ形成される (A)イオン結晶, (B)金属結晶, (C)共有結合結晶の記述について最も適切なものを、次の①～④から1つずつ選び、その番号を記せ。

- ① 結晶は電気をよく通す。展性、延性を示す。光沢があり熱を伝えやすい。
- ② 結晶は電気を通さないものが多い。結晶は化学的に安定で、水に溶けにくく、融点が高く極めて硬い。
- ③ 結晶は電気を通さないが、水に溶けると電気を通す。力を加えると結晶中の粒子は位置がずれ反発して、結晶が壊れる。
- ④ 結晶は電気を通さないものが多く、融解して液体となっても電気を通さない。一般に融点が低く、昇華しやすいものがある。

問 3 下線部 c について、窒素分子と塩化水素分子の電子式を下記の例にならって記せ。



問 4 下線部 d について、炭素原子およびネオン原子の価電子の数を記せ。

問 5 下線部 e について、結合に極性があるが分子全体として極性を持たない無極性分子がある。次の①～⑤のうち、無極性分子をすべて選び、その番号を記せ。

- ① 二酸化炭素
- ② フッ化水素
- ③ 水
- ④ メタン
- ⑤ アンモニア

問 6 下線部 f について、次の①～④の物質のうち沸点が最も高いものを選び、その番号を記せ。また、その物質の沸点が最も高い原因となる分子間力の名称を記せ。

- ① H_2
- ② H_2O
- ③ H_2S
- ④ H_2Se

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

ある純溶媒の冷却曲線と、その純溶媒にある不揮発性の溶質を溶かした希薄溶液の冷却曲線を図1に示す。液体を冷却していくと、凝固点以下になってもすぐに凝固しないことがある。この状態を という。 状態で凝固が始まると、^a温度が上昇する。その後、凝固が続いている間は、純溶媒の場合は、温度が一定となるが、^b希薄溶液の場合、温度が下がり続ける。

希薄溶液の凝固点は、純溶媒よりも低くなる。純溶媒と希薄溶液の凝固点の差 Δt [K] を凝固点降下度という。凝固点降下度 Δt [K] は、溶質が非電解質の希薄溶液の場合、溶液のモル凝固点降下 K_f [K·kg/mol] と溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] を用いて、

$$\Delta t = \text{ }$$

と表すことができる。

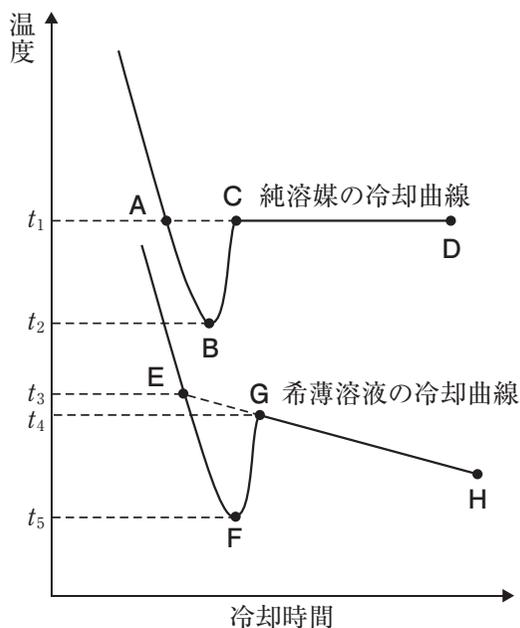


図1 純溶媒と希薄溶液の冷却曲線

問 1 空欄 ア に当てはまる最も適切な語句, および空欄 イ に当てはまる式を記せ。

問 2 下線部 a が起こる理由を 15 字以内で記せ。

問 3 図 1 中の純溶媒および希薄溶液が凝固し始める点として, 最も適切なものを図 1 中の点 A ~ 点 H からそれぞれ 1 つ選び, その記号を記せ。

問 4 下線部 b が起こる理由を 35 字以内で記せ。

問 5 図 1 中の希薄溶液の凝固点降下度を求める式として, 最も適切なものを次の①~⑥から 1 つ選び, その番号を記せ。

① $t_2 - t_3$

② $t_2 - t_4$

③ $t_2 - t_5$

④ $t_1 - t_3$

⑤ $t_1 - t_4$

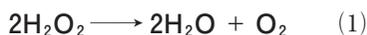
⑥ $t_1 - t_5$

問 6 2.222 g の塩化カルシウムを 300 g の水に溶かした。この溶液の凝固点を求め, 小数第 2 位まで記せ。また, 計算過程も記せ。ただし, 塩化カルシウムは完全に水に溶解し, 完全に電離するものとする。水の凝固点は $0.00\text{ }^\circ\text{C}$, 水のモル凝固点降下 K_f は $1.85\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

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。指定がない限り数値は有効数字3桁で答えよ。

過酸化水素水に 酸化マンガン(IV) MnO_2 を触媒として加えると、(1)式のよ
うに過酸化水素 H_2O_2 が分解し、酸素 O_2 が発生する。



1.00 mol/L 過酸化水素水 10.0 mL に少量の MnO_2 を加え、発生した O_2 の物質量を 60 秒ごとに測定した。 O_2 の物質量から表1に示すように H_2O_2 の分解速度 v を求めた。ただし、反応の進行による水溶液の体積変化は無視できるものとする。

表1

反応時間 [s]	発生した O_2 の物質量 [mol]	分解した H_2O_2 の物質量 [mol]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ の 60 秒間の 平均値 [mol/L]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ の 60 秒間の 減少量 [mol/L]	60 秒間の H_2O_2 の 分解速度 v [mol/(L·s)]
0	0	0	1.00			
60	2.50×10^{-3}	5.00×10^{-3}	0.500	0.750	0.500	8.33×10^{-3}
120	3.75×10^{-3}	7.50×10^{-3}	0.250	0.375	0.250	4.17×10^{-3}
180	4.38×10^{-3}	8.75×10^{-3}	0.125	ア	イ	ウ

問 1 表の空欄

ア

 ～

ウ

 にあてはまる数値を記せ。

問 2 (1)式の反応の反応速度式は反応速度定数 k を用いて、

$$v = k [\text{H}_2\text{O}_2]^n \quad (2)$$

と表される。 n の値は実験により決定される。表 1 に示す実験結果から決定される n の値を整数で答えよ。また n の値を決定した根拠を簡潔に記せ。

問 3 (2)式の反応速度定数 k を求め、単位も含めて記せ。

問 4 下線部 a について、触媒に関する次の①～⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① MnO_2 を加える場合、加えない場合に比べ 1 mol の H_2O_2 の分解により発生する熱量は大きくなる。
- ② MnO_2 を加える場合、加えない場合に比べ活性化エネルギーが小さくなり、反応速度が大きくなる。
- ③ MnO_2 の物質量は、反応の進行とともに減少する。
- ④ MnO_2 は均一系触媒として働く。
- ⑤ MnO_2 に H_2O_2 が吸着して反応を起こしやすい状態ができる。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

図1は、0.10 mol/L 酢酸 CH_3COOH 水溶液 10 mL に 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を滴下した時の、 NaOH 水溶液の滴下量に対する水溶液の pH の変化を示したものである。図1の点ウは中和点である。この点における水溶液の pH は7より大きい。これは中和反応で生成した酢酸ナトリウム CH_3COONa が(1)式で示すようにほぼ完全に電離し、生成した酢酸イオン CH_3COO^- が(2)式で示すように加水分解するためである。



(2)式の電離平衡における平衡定数を CH_3COO^- の加水分解定数 K_h という。

CH_3COOH の電離定数は、 $K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。必要であれば、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$ を用いよ。

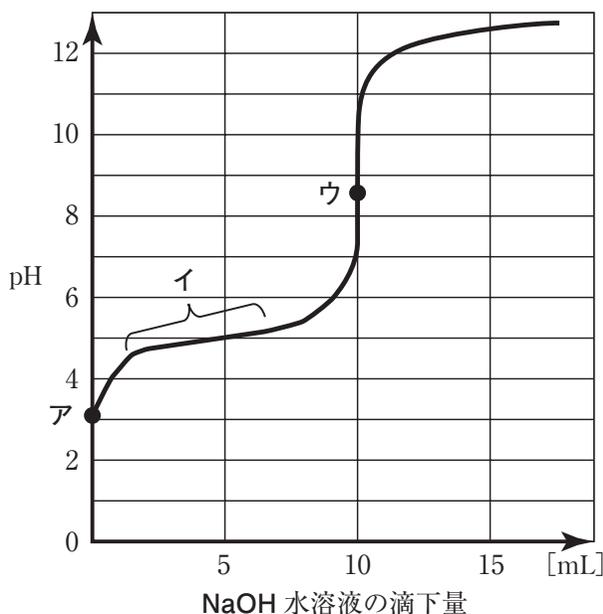


図1 酢酸を NaOH 水溶液で滴定したときの滴定曲線

- 問 1 図 1 の点アは、 NaOH 水溶液を滴下する前の状態であり、 CH_3COOH 水溶液 10 mL のみが存在する。この点における水溶液の pH を求めよ。答は、小数第 1 位まで記せ。また、計算過程も記せ。
- 問 2 区間イでは NaOH 水溶液の滴下量に対する pH 変化が小さい。これは未反応の CH_3COOH と、中和で生成した CH_3COONa が水溶液中に存在するためである。このような水溶液の働きを何というか。
- 問 3 CH_3COO^- の加水分解定数 K_h を $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ および $[\text{OH}^-]$ を用いて記せ。
- 問 4 CH_3COO^- の加水分解定数 K_h を水のイオン積 K_w と CH_3COOH の電離定数 K_a の記号を用いて記せ。
- 問 5 点ウにおける水溶液の pH を、(2)式から得られる $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-]$ の関係を用いて求めよ。ただし、点ウにおける水溶液中の CH_3COO^- は、(1)式に示すように CH_3COONa が完全に電離することによって生成したものとする。また、(2)式による $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ の減少分は、(1)式で生じた $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ に比べて無視でき、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{Na}^+]$ としてよいものとする。水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とせよ。答は、小数第 1 位まで記せ。また、計算過程も記せ。

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。

カルシウムの化合物で天然に最も多いのは石灰石で、石灰石を加熱すると生石灰が生成する。さらに生石灰に水を加えると、消石灰になる。消石灰の水溶液を石灰水という。a 石灰水に二酸化炭素を通じると白く濁り, b 得られた溶液にさらに二酸化炭素を通じるとこの白い濁りが消える。

石灰石と塩酸との反応により、塩化カルシウムが生成する。c 塩化カルシウムは吸湿性が高いため、d 乾燥剤として利用される。

問1 石灰石、生石灰、および消石灰の化学式をそれぞれ記せ。

問2 下線部aおよび下線部bの反応の化学反応式をそれぞれ記せ。

問3 下線部bの反応と最も関係のあるものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

① セラミックス

② ミヨウバン

③ セッコウ

④ 鍾乳洞

問4 下線部cの固体を湿った空气中に放置すると、水蒸気を吸収してその水に溶解する。この現象を何というか記せ。また、同様の現象を示す化合物を次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

① BaSO_4

② $\text{Mg}(\text{OH})_2$

③ NaOH

④ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

問 5 下線部 d に関して，乾燥剤として使用した後の水を吸収した塩化カルシウム試料 10.00 g に含まれている水の質量 X [g] を決定するため，次の実験を行った。

使用後の塩化カルシウム試料 10.00 g を水に溶かして 1.00 L の水溶液 A を調製した。水溶液 A 中の塩化物イオン濃度 Y [mol/L] を決定するため，水溶液 A から 10.0 mL をとりわけて少量のクロム酸カリウムを指示薬として加え，0.0400 mol/L の硝酸銀水溶液で滴定したところ，20.50 mL 加えたところで赤褐色の沈殿が生じ，滴定の終点となった。

- 1) 赤褐色の沈殿の化学式を記せ。
- 2) 塩化物イオン濃度 Y [mol/L] を求め，有効数字 3 桁で記せ。
- 3) 水の質量 X [g] を求め，有効数字 3 桁で記せ。また，計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

銅はおもに黄銅鉱などとして産出する。黄銅鉱をケイ砂や石灰石とともに高温の炉で加熱すると、硫化銅(I)が得られる。硫化銅(I)を転炉内で空気を吹き込みながら加熱すると、粗銅が得られる。粗銅から純銅を得るために、粗銅を陽極、純銅を陰極、硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を電解液に用いて、約0.3Vの低電圧で電気分解する。粗銅中に、不純物として銀と亜鉛が含まれる場合、銅よりも が大きな は陽イオンとなって水溶液中に溶解し、銅よりも が小さな は沈殿する。この沈殿を陽極泥という。水溶液中に溶けている陽イオンの中で、銅(II)イオンが最も還元されやすいため、陰極に純銅が析出する。このような操作で金属の純度を高める方法を という。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄 に当てはまる最も適切な語句を次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

- | | |
|---------|-----------|
| ① 電解精錬 | ② 電気泳動 |
| ③ 熔融塩電解 | ④ イオン交換膜法 |

問3 下線部aの反応で発生する気体の化学式を記せ。

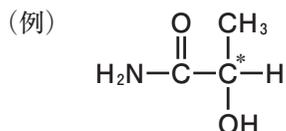
問4 陰極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

問 5 銀と亜鉛のみを不純物として含む粗銅 300.0 g を用いて、上記の電気分解を行った。19.3 A の電流を 166 分 40 秒間流したところ、粗銅の質量が 236.0 g となり、陽極泥が 0.4 g 沈殿した。ただし、電解液中には十分な量の硫酸銅(Ⅱ)が溶解しているものとする。

- 1) 陰極に析出した銅の物質量を求め、有効数字 2 桁で記せ。また、計算過程も記せ。
- 2) 陽極において溶解した銅の物質量を求め、有効数字 2 桁で記せ。また、計算過程も記せ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



カルボン酸とは、分子中にカルボキシ基をもつ化合物である。カルボン酸はアルコールを出発原料として合成できる。すなわち、第 級アルコールを することでアルデヒドが得られ、さらにアルデヒドを することでカルボン酸が得られる。分子式が $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ で表されるカルボン酸において、 n が 以上の場合には構造異性体が存在する。

C, H, O のみからなる、分子量が 116 のカルボン酸である化合物 A 29 mg を完全燃焼したところ、二酸化炭素が 44 mg、水が 9.0 mg 得られた。また、化合物 A を 160℃ で加熱すると分子内縮合反応が進行し、酸無水物が得られた。化合物 A には、幾何異性体である化合物 B が存在する。b 化合物 B では、化合物 A と異なり分子内縮合反応は起こらない。

問 1 空欄 と に当てはまる数字、および空欄 に当てはまる最も適切な語句を記せ。ただし、空欄 は漢字 2 字で答えること。

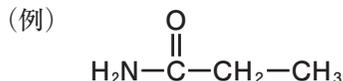
問 2 下線部 a に関して、分子式が $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ で表される 1 価カルボン酸の構造異性体の数を記せ。また、これらの構造異性体の中に不斉炭素原子を有する異性体の一つが存在する。その構造式を記せ。なお、不斉炭素原子は*で明示せよ。

問 3 化合物 A の組成式、分子式および構造式を記せ。

問 4 下線部 b に関して，化合物 **B** では分子内縮合反応が起こらない理由を 25 字以内で記せ。

問 5 2.32 g の化合物 **B** を十分な量のエタノールによりエステル化した。化合物 **B** のカルボキシ基はすべてエステル化されたとすると，得られた生成物は何 g か，有効数字 3 桁で記せ。また，計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



ベンゼンには、アルケンと同様に不飽和結合が存在するが、その反応性はアルケンと大きく異なる。一般に、a アルケンでは不飽和結合の1本が開いて、そこに他の原子や原子団が結合する 反応が起こりやすいが、ベンゼンでは 反応が起こりにくく、 反応が起こりやすい。

例えば、ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を反応させると、 が生成する。また、ベンゼンに、鉄粉などを触媒として塩素を反応させると、 が生成する。

このように、ベンゼンに直接官能基を導入して得られる化合物もあれば、ベンゼンから直接得るのが困難な化合物もある。例えば、 は、 をスズと塩酸などで還元した後、強塩基を作用させることにより得られる。 は、ベンゼンとプロペンから触媒を用いて をつくり、これを酸素で酸化した後、希硫酸で分解することにより得られ、このとき も生じる。b は、 を用いて合成することもできる。また、c を塩酸中で5℃以下に冷却しながら、亜硝酸ナトリウムと反応させた後、その水溶液を温めると が生じる。

問1 空欄 および に当てはまる最も適切な語句を記せ。
ただし、漢字2字で答えること。

問2 空欄 ～ に当てはまる化合物の構造式、および空欄 と に当てはまる化合物の名称を記せ。

問3 下線部 a に関して、ベンゼンがそのような反応性を示す理由を25字以内で記せ。

問 4 下線部 b に関して，空欄 の化合物を空欄 の化合物を用いて合成する場合に必要な化合物として最も適切なものを，次の①～④から 1 つ選び，その番号を記せ。

- ① 二酸化炭素
- ② 水酸化ナトリウム
- ③ 塩酸
- ④ アンモニア

問 5 下線部 c に関して，空欄 の化合物と亜硝酸ナトリウムとの反応により生成する化合物の構造式を記せ。

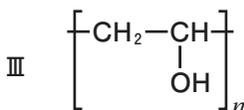
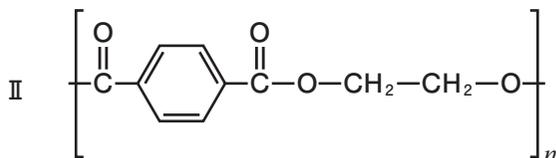
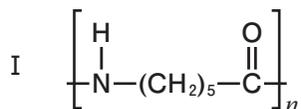
5

(1) 以下の高分子化合物Ⅰ，Ⅱ，Ⅲに関する次の文章を読んで，問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

高分子化合物は，小さな構成単位がくり返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を単量体という。単量体が次々に結合する反応を重合という。重合にはいくつかの種類がある。

高分子化合物Ⅰは，環状のアミドである単量体 **ア** の **イ** 重合により合成される。高分子化合物Ⅱは，二種類の単量体 **ウ** と **エ** の **オ** 重合により合成される。高分子化合物Ⅲは，単量体に相当する **カ** が不安定で，ただちに **キ** に変化してしまうため，**カ** から合成することができない。そのため高分子化合物Ⅲは，単量体 **ク** を **ケ** 重合して得られる高分子化合物を水酸化ナトリウムで加水分解(けん化)することにより合成される。

高分子化合物ⅠとⅡは，加熱するとやわらかくなり，冷却すると再び硬くなる。



問 1 空欄

ア

 ～

ケ

 に当てはまる最も適切な語句を記せ。

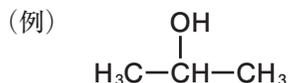
問 2 高分子化合物ⅠとⅡの名称をそれぞれ記せ。

問 3 下線部 a の性質を何というか答えよ。

問 4 高分子化合物Ⅰ，Ⅱ，Ⅲに関する記述として最も適切なものを次の①～⑥の中からそれぞれ1つ選び，その番号を記せ。

- ① 弾性に富み，ゴムとして用いられる。
- ② 飲料用ボトルとして用いられ，リサイクルされる。
- ③ 強度・弾性・耐熱性に優れ，防弾服や防護服などに用いられる。
- ④ これをアセタール化してビニロンが合成される。
- ⑤ ポリアミド系繊維の一つで，耐摩耗性に優れ，歯ブラシなどに用いられる。
- ⑥ 吸水性に富み，紙おむつとして用いられる。

- (2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



アミノ酸分子にはアミノ基とカルボキシ基があり、二つ以上のアミノ酸がペプチド結合でつながった化合物を^aペプチドという。さらに多数のアミノ酸が鎖状に結合した化合物をポリペプチドという。タンパク質はおもにポリペプチドからなる高分子化合物である。

タンパク質中のポリペプチドのアミノ酸配列順序をタンパク質の一次構造という。また、ポリペプチド鎖のらせん型構造である やひだ状の平面構造である などの立体構造を二次構造という。 や などはさらに折れ曲がり、特定の立体構造に固定される。これを三次構造という。

タンパク質のうち触媒としてはたらくものを^b酵素という。酵素には特定の基質とのみ結合する部位である が存在する。酵素が触媒としてはたらくとき、反応速度は一般に約40℃で最大となる。この温度を^c最適温度という。

問1 空欄 ～ 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、2分子のグリシンが結合したジペプチドの構造式を記せ。また、1分子のグリシンと2分子のアラニンが鎖状に結合したトリペプチドの構造異性体の数を記せ。

問3 次のペプチド①～④のうち、以下に示す検出手法(A)～(D)を適用した際に陽性を示すペプチドをすべて選び、その番号を記せ。陽性を示すペプチドが存在しない場合は「なし」と記せ。

ペプチド

- ① アラニン－アラニン
- ② アラニン－チロシン－アラニン
- ③ アラニン－システイン－アラニン
- ④ アラニン－グルタミン酸－アラニン

検出手法

- (A) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になる。
- (B) 濃硝酸を加えて加熱すると黄色沈殿を生じ、冷却後、塩基性にすると橙黄色に変化する。
- (C) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素液)を加えると、青紫色になる。
- (D) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生じる。

問 4 下線部 b について、次の①～④の記述のうち、正しいものを 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 多くの酵素について最適 pH は 5 ～ 8 の中性付近であるが、胃液に含まれるペプシンのように最適 pH が 2 付近のものもある。
- ② アミラーゼは油脂を脂肪酸とモノグリセリドに分解する酵素である。
- ③ 酵素は、基質と結合し、生成物を生じる反応が終了すると、立体構造が変化するため触媒として機能しなくなる。
- ④ ペプシン、トリプシン、カタラーゼは、タンパク質を分解する酵素で、プロテアーゼという。

問 5 下線部 c について、温度が最適温度よりも高くなると反応速度は小さくなる。その理由を 30 字以内で記せ。

問題訂正紙

化学 (理工学部)

注意事項

- 1 試験開始まで、この問題訂正紙の裏を見てはいけません。「解答はじめ。」の指示の後に、訂正の内容を確認してください。
- 2 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰ってください。

問 題 訂 正

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 化学（理工学部）

問題訂正

問 題 1 (2)

ページ 4 の (9) 行目

(誤) 溶液のモル凝固点降下

(正) 溶媒のモル凝固点降下