

## 2020年度専攻科入学試験問題 生産システム工学専攻 応用化学コース

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

### 諸 注 意

1. 問題用紙は全部で16枚です。
2. 出題分野は分析化学、無機化学、有機化学、物理化学、化学工学、生物化学、材料化学の7分野です。このうち5問を選んで答えてください。
3. 選んだ問題の記号（Ⅰ～Ⅶ）を下記の表に記入してください。

--	--	--	--	--

4. 試験時間は2時間です。
5. 退出は1時間後から可能です。試験問題用紙を裏返しにし、試験監督者の許可を得て静かに退出してください。
6. 開始の合図が有るまで本問題用紙を開かないでください。

問題	問題	問題	問題	問題	合 計

(採点票です受験生は記入しないでください)

問題 I (分析化学分野)	得点 (配点：40点)	
---------------	----------------	--

問1 次の問いに答えよ。(3点×4)

- (1) 実験操作においてデカンテーションという操作がある。これはどのような実験操作のことをいうか説明せよ。
  
- (2) 活量とはなにか簡単に説明せよ。
  
- (3) ppm で表される濃度は何か答えよ。
  
- (4)  $1.00 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  塩酸水溶液の水素イオン濃度は  $1.00 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  とはならない。これはなぜか。

問2 以下の各問いに答えなさい。

- (1)  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  の硫酸イオンを含む水溶液にバリウムイオンを加えて硫酸バリウムが沈殿し始めるときのバリウムイオンの濃度を計算せよ。ただし、硫酸バリウムの  $K_{sp} = 1.5 \times 10^{-9}$  とする。(5点)
  
- (2)  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  のバリウムイオンとカルシウムイオンを含む水溶液に硫酸イオンを加えた際、バリウムイオンが定量的にカルシウムイオンから分離されるのは硫酸イオン濃度がいくらの範囲にあるときか答えよ。ただし、硫酸バリウムと硫酸カルシウムの  $K_{sp}$  はそれぞれ、 $1.5 \times 10^{-9}$  および  $2.4 \times 10^{-6}$  とする。(8点)

問3 ある金属イオンを含む鉍石の試料 1.1530 g が溶解されて 100 mL に希釈された後、分光光度分析法で定量された結果を次に示す(mg/mL)。これらのデータから平均値、標準偏差を求めよ。

(7点)

(1) 5.88, (2) 5.75, (3) 5.93, (4) 5.61, (5) 5.78

平均値 \_\_\_\_\_ 標準偏差 \_\_\_\_\_

問4  $2.0 \times 10^{-2}$  mol / L の酢酸ナトリウム水溶液中の水素イオン濃度ならびに pH を求めよ。ただし、酢酸の  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$  とする。(8点)

水素イオン濃度 \_\_\_\_\_ pH

問題 II (無機化学分野)	得点 (配点: 40点)	
----------------	-----------------	--

問1. 電子配置について、次の問いに答えなさい。

- (1) (a)<sub>8</sub>O 及び (b)<sub>26</sub>Fe について、閉じた内殻よりも外側の電子配置を例にならってそれぞれ図示しなさい。(4点×2)



(a) <sub>8</sub>O

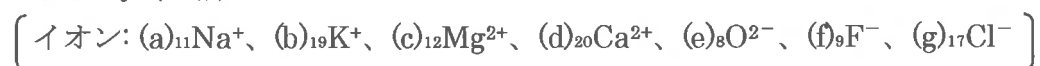
(b) <sub>26</sub>Fe

- (2) (a)<sub>8</sub>O 及び (b)<sub>26</sub>Fe において、不対電子がそれぞれいくつあるかを示しなさい。(3点×2)

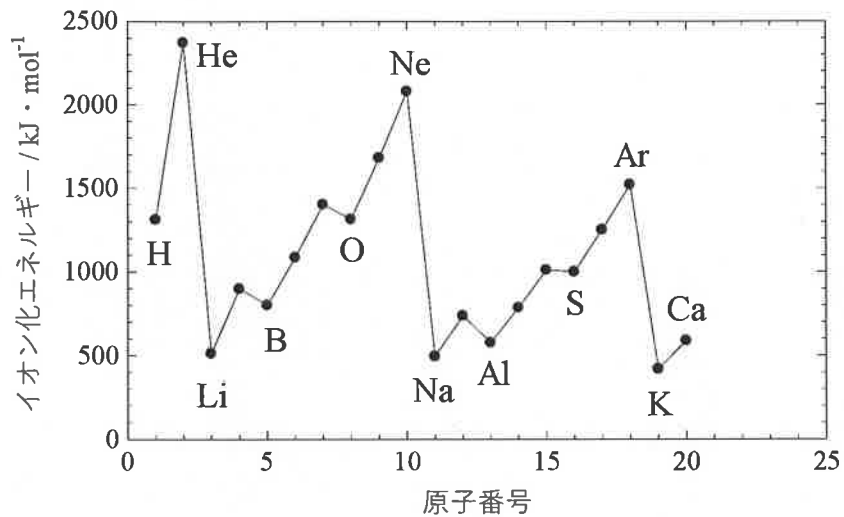
(a) <sub>8</sub>O

(b) <sub>26</sub>Fe

- (3)  ${}_{10}\text{Ne}$  と同じ電子配置となるイオンを、つぎの(a)~(g)の中からイオン式ですべて示しなさい。(4点)



問2. 下図は、元素の原子番号とその第一イオン化エネルギーの関係を示した図である。次の問いに答えなさい。



- (1) 同族の元素では、原子番号が大きいほど第一イオン化エネルギーが小さくなる。その理由を説明せよ。(5点)
  
- (2) 同周期の元素では、原子番号が大きいほど第一イオン化エネルギーは大きくなる。その理由を説明せよ。(5点)
  
- (3) 第二周期の元素を比較すると、原子番号が大きいほど第一イオン化エネルギーは大きくなる傾向をもつが、Beに比較してBの第一イオン化エネルギーは減少する。その理由をBeとBを比較して説明せよ。(6点)

問3. 下表は、元素の電気陰性度（オールレッド-ロコウの値）を示した表である。次の問いに答えなさい。

族 \ 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 2.20																	He 5.50
2	Li 0.97	Be 1.47											B 2.01	C 2.50	N 3.07	O 3.50	F 4.10	Ne 4.84
3	Na 1.01	Mg 1.23											Al 1.47	Si 1.74	P 2.06	S 2.44	Cl 2.83	Ar 3.20
4	K 0.91	Ca 1.04	Sc 1.20	Ti 1.32	V 1.45	Cr 1.56	Mn 1.60	Fe 1.64	Co 1.70	Ni 1.75	Cu 1.75	Zn 1.66	Ga 1.82	Ge 2.02	As 2.20	Se 2.48	Br 2.74	Kr 2.94

(1) 塩化ナトリウムはイオン結合性と共有結合性のどちらであることを示しなさい。(2点)

(2) (1) のような結合になる理由を電気陰性度から説明しなさい。(4点)

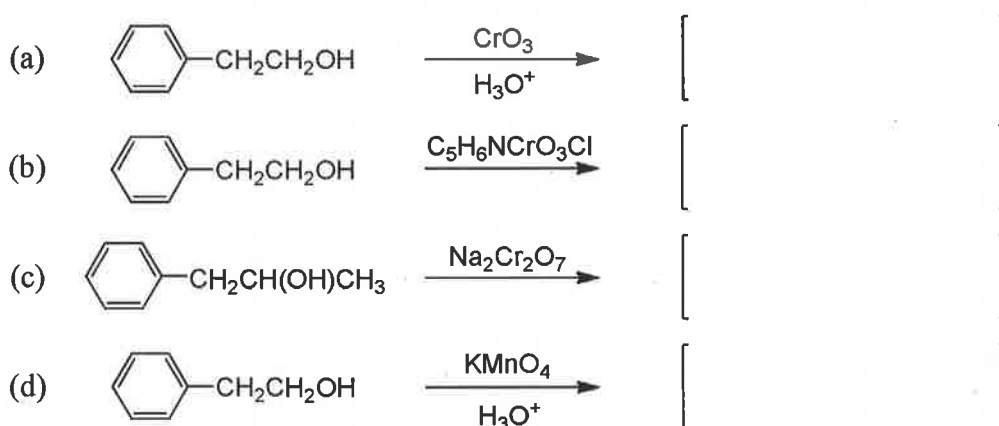
問題 III (有機化学分野)	得点 (配点: 40点)	
-----------------	-----------------	--

問1. アルコール類の酸化反応について、以下の問に答えなさい。(20点)

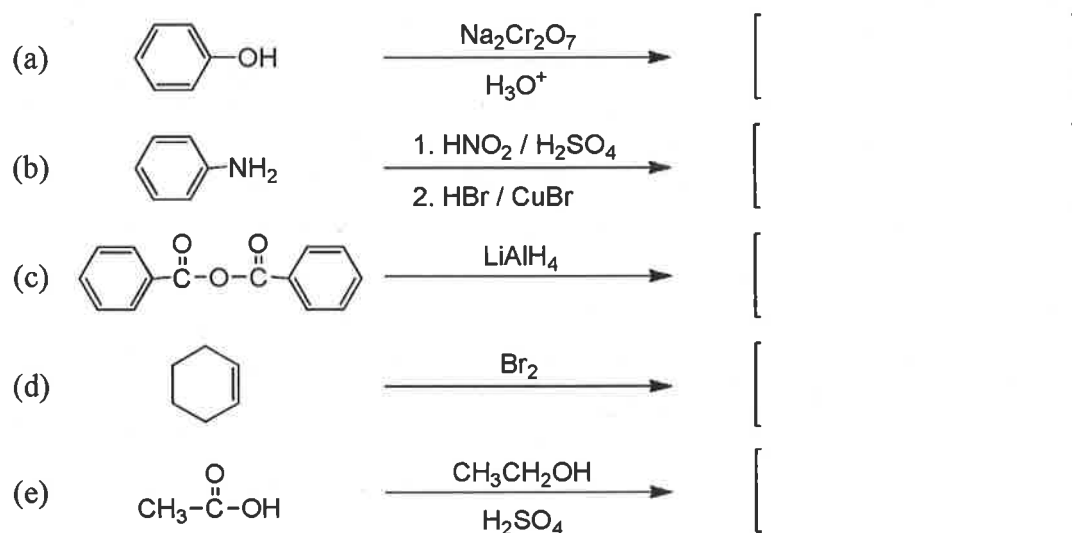
ア) 第1級アルコールを酸化すると、初めに ( 1 ) が生成し、その後さらに酸化されると最終的には ( 2 ) となる。また、第2級アルコールの酸化では ( 3 ) が生成する。  
( 1 )、( 2 )、( 3 ) に当てはまる官能基の名称を答えなさい。

(1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_

イ) アルコールの酸化では、使用する酸化剤によって最終生成物が変わることが知られている。以下の反応で生成する主生成物の構造式を答えなさい。



問2. 次の反応の主生成物の構造式を立体化学も含めて答えなさい。(20点)



問題 IV (物理化学分野)	得点 (配点：40点)	
----------------	----------------	--

問1 以下の(1)~(2)に答えよ。気体は完全気体と見なす。気体定数  $R=8.3145 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  とする。

(1) 容積が  $22.4 \text{ dm}^3$  の容器に気体窒素  $2.50 \text{ mol}$  を詰めた。その時の温度は  $25.0^\circ\text{C}$  であった。容器内の圧力を求めなさい。(8点)

(2) その容器にさらに気体水素を  $3.20 \text{ mol}$  詰めた。 $25.0^\circ\text{C}$  における容器内の混合気体の全圧、および窒素と水素それぞれの分圧を求めなさい。(16点)

問2. アンモニアの合成反応  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  の反応における平衡定数を求めてみる。なお、 $25.0^\circ\text{C}$  における標準生成ギブズエネルギー  $\Delta_f G^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  が以下の様に与えられている。以下の(1)~(3)に答えなさい。

	$\text{N}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$
$\Delta_f G^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	0	0	-16.45

(1) 標準反応ギブズエネルギー  $\Delta_r G^\circ$  を求めよ。(2点)



(2) 標準反応ギブスエネルギーの値から、この反応は自発的かそれとも非自発的か、そのように判断した根拠も含めて答えよ。(2点)

(3) 25.0°Cにおける平衡定数を求めよ。(4点)

問3. ある反応  $A \rightarrow P$  の速度式は一次反応速度式に従う。この時、反応速度式は以下の式で表される。

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

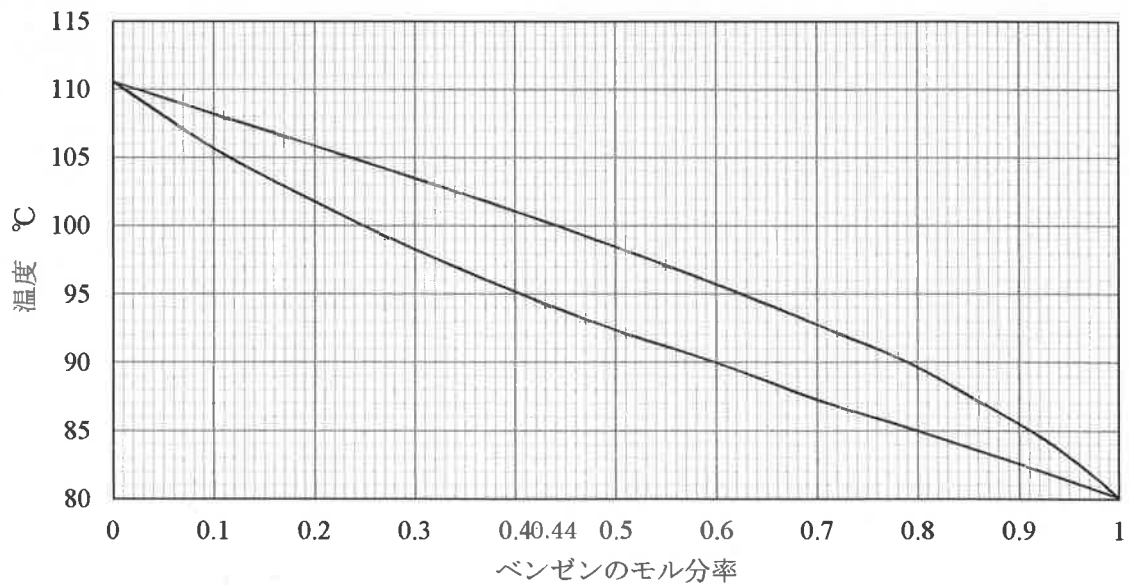
$k$ は速度定数である。実験を行い  $A$  が 170 秒の間に  $0.140 \text{ mol dm}^{-3}$  から  $0.035 \text{ mol dm}^{-3}$  へと変化した事を確認した。この反応の速度定数はいくらか。(8点)

問題 V (化学工学分野)	得点 (配点: 40点)	
---------------	-----------------	--

(問4(2)以外は有効数字2桁で答えること)

**問題1** 100 mol の炭素 C を 250 mol の酸素  $O_2$  を送って、完全に燃焼させた。生成ガス中の各物質の物質量とモル分率を答えなさい。(12点)

**問題2** ベンゼン-トルエン混合液を 1atm のもとで加熱する。ベンゼン-トルエン混合液の気液平衡関係から下図のベンゼン-トルエン系温度-組成線図が作成できる。以下の問いに答えなさい。



- (1) ベンゼンの液モル分率が 0.6 のとき、ベンゼン-トルエン混合液の沸点を求めなさい。(3点)
- (2) 沸点が 100°C のとき、気相におけるベンゼンのモル分率を求めなさい。(3点)

**問題 3** 外径 125 mm, 内径 50 mm の円筒壁の熱伝導度が  $0.15 \text{ J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  である。内面温度が  $100^\circ\text{C}$ , 外面温度が  $15^\circ\text{C}$ , のときの円筒 10 m あたりの伝熱速度 ( $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ ) を求めよ。(10 点)

**問題 4** 1 mol% のメタノールを含む  $25^\circ\text{C}$ , 1 atm の空気を吸収塔の塔底から送入し、塔頂から洗浄水を供給してメタノールの 95 % を回収したい。以下の問いに答えよ。

(1) 最小液ガス比を求めなさい。ただし、溶解平衡関係は、 $y=0.25x$  で与えられるとする。  
(6 点)

(2) 実際の液ガス比が最小液ガス比の 3 倍になるとき、操作線を表す式を書きなさい。(6 点)

問題 VI (生物化学分野)

得点  
(配点: 40点)

問1 糖に関する以下の文を読み設問に答えなさい。

植物の光合成産物・エネルギー貯蔵物質であるデンプンはアミロースとアミロペクチンの混合物である。典型的なアミロースは約 300 個のグルコースが  $\alpha$ 1→4 グリコシド結合で直鎖状につながった多糖である。側鎖の  $\text{CH}_2\text{OH}$  基がかさばるため、らせん状になる。アミロースが植物の糊粉層や動物のだ腺から分泌される加水分解酵素である(1)の作用を受けると二糖である a マルターゼが生じる。アミロペクチンは枝分かれを持つポリマーであり、典型的には 1500 程度のグルコースからなる。 $\alpha$ 1→4 グリコシド結合を基本として、平均 24~30 個のグルコース残基ごとに  $\alpha$ 1→6 結合により枝分かれ構造をしている。

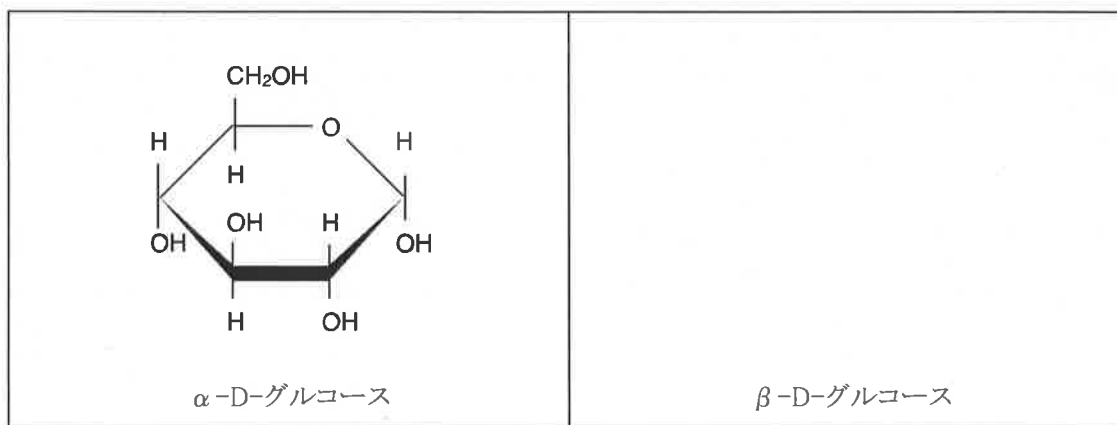
動物の筋、肝臓に含まれる貯蔵多糖である(2)もグルコースのポリマーであり、その構造はアミロペクチンに似ている。しかし、(2)の方がずっと  $\alpha$ 1→6 結合による枝分かれ構造をしている。

植物の細胞壁の主成分である(3)はグルコースが  $\beta$ 1→4 グリコシド結合でつながったポリマーである。隣同士のグルコースが表裏逆向きに結合するために、(3)は直線的なポリマーとなる。平行に並んだ(3)分子の間に水素結合が形成され、(3)分子の束である微小繊維が作られる。

(1)空欄 1~3 にあてはまる酵素または糖の名称を答えよ(2点×3)。

1	2	3
---	---	---

(2)下に  $\alpha$ -D-グルコースの構造をハースの投影式で表したものを示す。 $\beta$ -D-グルコースの構造をハースの投影式で表したものを示しなさい(4点)。



(3) 下線部 a マルターゼの構造を(2)と同様に示しなさい(4点)。

--

(4) 以下の説明にあてはまる糖の代謝経路の名称を答えなさい(2点×2)。

1. グルコース 1 分子をピルビン酸 2 分子に分解する、細胞質基質にある代謝経路。
2. 植物の葉緑体にあり、二酸化炭素を固定して、デンプンを形成する代謝経路。

1	2
---	---

問2 以下の文を読み設問に答えなさい。

赤血球中に含まれ、肺から組織への酸素の運搬を担うタンパク質をヘモグロビンという。1 分子のヘモグロビンはアミノ酸配列の異なる a2種のサブユニット2個ずつが集合して構成されている四量体である。各サブユニットは、ポリペプチド部分であるグロビンと補欠分子族であるヘムから構成されている。ヘムには鉄原子が含まれ酸素分子と結合する。4 個のサブユニットは非共有結合性の相互作用によって会合しているため、ひとつのサブユニットの構造の変化は他のサブユニットの構造に影響する。ひとつのサブユニットに酸素が結合することは、同じヘモグロビン分子の他のサブユニットの酸素結合を( 1 )する。この現象により、肺から組織への酸素の運搬の効率が高まっている。

アフリカに多い遺伝病であり、患者に重度の貧血をもたらす鎌状赤血球症はヘモグロビン遺伝子の突然変異が原因である。1949 年、L. ポーリングは鎌状赤血球症患者のヘモグロビンβサブユニットは健常者のものとは電気泳動上の泳動度が異なることを見出した。鎌状赤血球症患者および 健常者のヘモグロビンβサブユニットをそれぞれ Hb-S、Hb-A と呼び、それらタンパク質をコードする遺伝子を Hb-S 遺伝子、Hb-A 遺伝子と呼ぶ。鎌状赤血球症患者の家系には、軽度の貧血症状を見せる人もいるが、このような人は Hb-S 遺伝子と Hb-A 遺伝子を併せ持つことがわかった。この発見からまもなく、V. イングラムは Hb-S と Hb-A の化学的な違いを分析した。タンパク質分解酵素ペプシンによりヘモグロビンを短いペプチドに分解し、ろ紙クロマトグラフィーにより分離したところ、Hb-S と Hb-A では、ひとつのペプチドだけが異なっていた。さらにこのペプチドのアミノ酸配列を比較したところ、一つのアミノ酸のみが異なっていた(表1)。この違いにより、Hb-S は極性が低くなり、赤血球内で溶けにくくなって繊維状に凝集することが赤血球の機能を阻害すると考えられる。後に、ヘモグロビン遺伝子の塩基配列が明らかになり、Hb-S 遺伝子は1塩基の置換のみが起こっている事がわかった(表2)。

表1 変異のあるペプチドのアミノ酸配列 (アミノ末端側から)

Hb-A	バリン・ヒスチジン・ロイシン・トレオニン・プロリン・グルタミン酸・グルタミン酸
Hb-S	バリン・( X )・ロイシン・( Y )・プロリン・( Z )・グルタミン酸

表2 ヘモグロビンβサブユニット遺伝子の二本鎖DNA塩基配列の一部

Hb-A 遺伝子	5' - GTG CAC CTG ACT CCT GAG GAG - 3' 3' - CAC GTG GAC TGA GGA CTC CTC - 5'
Hb-S 遺伝子	5' - GTG CAC CTG ACT CCT GTG GAG - 3' 3' - CAC GTG GAC TGA GGA CAC CTC - 5'

- (1) 下線部 a のようなタンパク質の構造を何というか。漢字四文字で答えよ(2点)。  
 (2) 下線部 b について、グロビンはポリペプチドがらせん状になった二次構造を 70%以上含んでおり、シート状の二次構造をほとんど含まない。この二次構造を何というか(2点)。  
 (3) 空欄 1 にあてはまる語を下から選び答えよ(4点)。

促進 阻害

(1)	(2)	(3)
-----	-----	-----

- (4) Hb-S 遺伝子を S、Hb-A 遺伝子を A と略して表すとき、鎌状赤血球症患者の遺伝子型は SS と表すことができる。このとき、d 健常者および e 軽度の貧血症状を見せる人の遺伝子型を S と A を用いて表わせ(2点×2)。

d	e
---	---

- (5) 表2に示している Hb-A 遺伝子および Hb-S 遺伝子のアンチセンス鎖を転写してできる mRNA の塩基配列を記せ。(4点)

Hb-A 遺伝子
Hb-S 遺伝子

- (6) 表3のコドン表を参考にして、表1 Hb-S のアミノ酸配列(X)、(Y)、(Z)にあてはまるアミノ酸を記せ(6点)。

X	Y	Z
---	---	---

表3 コドン表

		2番目の塩基							
		U		C		A		G	
1番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン
		UUC		UCC		UAC		UGC	
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止
		UUG		UCG		UAG	終止	UGG	トリプトファン
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン
		CUC		CCC		CAC		CGC	
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA	
		CUG		CCG		CAG		CGG	
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン
		AUC		ACC		AAC		AGC	
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	
		AUG	メチオニン(開始)	ACG		AAG		AGG	アルギニン
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン
		GUC		GCC		GAC		GGC	
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA	
		GUG		GCG		GAG		GGG	

問題 VII (材料化学分野)	得点 (配点：40点)	
-----------------	----------------	--

問1. ある面心立方晶を有する金属結晶がある。X線回折測定の結果、格子定数が  $4.08\text{\AA}$  であった。密度測定の結果、密度は  $10.55\text{ g/cm}^3$  であった。この金属の原子量を求めよ。(10点)

問2. 格子定数  $4.07\text{\AA}$  の立方晶構造を有する物質に波長  $1.54\text{\AA}$  の X線を照射した。(112)回折ピークに相当するブラッグ反射角を計算せよ。計算の過程も説明する事。(10点)



問3. 次のモノマーを重合して得られる高分子の名称および化学構造を答えよ。(9点)

(1)アジピン酸とヘキサメチレンジアミン

(2)エチレングリコールとテレフタル酸

(3)スチレン

問4. 以下の表に示す3つの成分からなる混合系がある。この混合系の数平均分子量( $M_n$ )、重量平均分子量( $M_w$ )、および多分散度を求めよ。(11点)

	重量分率( $w_i$ )	分子量( $M_i$ )
成分1	0.5	$1.0 \times 10^3$
成分2	0.3	$4.0 \times 10^3$
成分3	0.2	$7.0 \times 10^3$