

平成28年度専攻科入学試験問題 応用化学コース

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

諸 注 意

1. 問題用紙は、表紙も含めて全部で17枚です。
2. 出題分野は、Ⅰ 分析化学、Ⅱ 無機化学、Ⅲ 有機化学、Ⅳ 物理化学、Ⅴ 化学工学、Ⅵ 生物化学、Ⅶ 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. 開始の合図があ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

(採点欄です。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. 以下の設問について答えよ。

(10点)

(1) 「定性分析」「定量分析」とはなにか説明せよ。

(2) 恒量とはなにか説明せよ。

(3) デカンテーションとはどのような操作か説明せよ。

問2. Ag^+ , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} を含む水溶液について以下の設問に答えよ。(10点)

(1) 上記イオンを含む水溶液に希塩酸を加えて生じる沈殿物を化学式ですべて書け。

(2) (1) の操作後のろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えた際に生じる沈殿物を化学式で書け。

(3) (1) の沈殿物に熱湯を注いでろ過をした後、ろ液にクロム酸カリウム水溶液を加えると沈殿が生じた。この沈殿物を化学式で書け。また、その色も答えよ。

問3. 以下の設問について答えよ。

(10点)

(1) 1.0×10^{-3} mol/L の塩酸溶液の pH を計算せよ。

(2) (1) を水で 10000 倍希釈した溶液の水素イオン濃度を計算せよ。

(3) 1.0×10^{-3} mol/L のアンモニア水溶液の pH を計算せよ。

ただし、アンモニアの解離定数 K_b は 1.8×10^{-5} とする。

問4. 1L 中に 0.10 mol の Cl^- と 0.010 mol の CrO_4^{2-} を含む混合溶液に Ag^+ を徐々に加えた。次の問いに答えよ。ただし、この操作において溶液の体積に変化はないものとする。(10点)

(1) この操作において最初に沈殿するのはなにか。化学式で答えよ。

(2) 沈殿生成を利用した滴定を沈殿滴定と呼ぶが、上記の沈殿滴定のことをなんと呼ばれているか答えよ。

(3) 2番目の沈殿が生成しはじめたとき、最初の沈殿をつくった陰イオンは何%沈殿しているか。ただし、 AgCl の $K_{sp} = 2.8 \times 10^{-10}$ 、 Ag_2CrO_4 の $K_{sp} = 2.0 \times 10^{-12}$ とする。

問3. スレーター則を用いて、次の元素の指定した電子の遮へい定数 S の値と、その電子が感じる有効核電化 Z^* の値を求めよ。 (8点)

(1) 硫黄の 3s, 3p 電子 ($_{16}\text{S}$)

3s 電子

3p 電子

(2) スカンジウム の 2p, 3d 電子 ($_{21}\text{Sc}$)

2p 電子

3d 電子

問4. 結合次数 B.O. に関する以下の問いに答えよ。 (10点)

ただし、 $B.O. = [(結合性軌道の電子数) - (反結合性軌道の電子数)] / 2$ である。

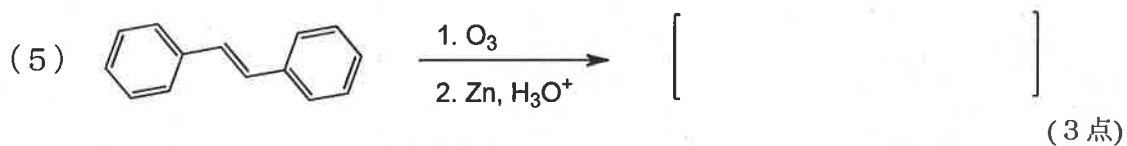
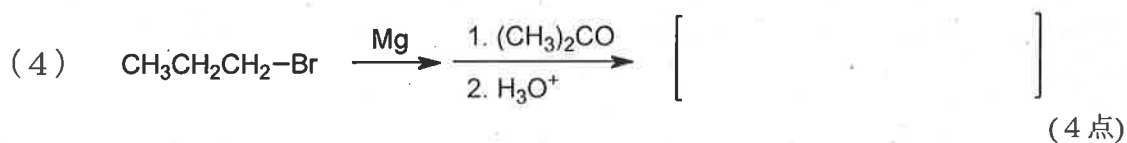
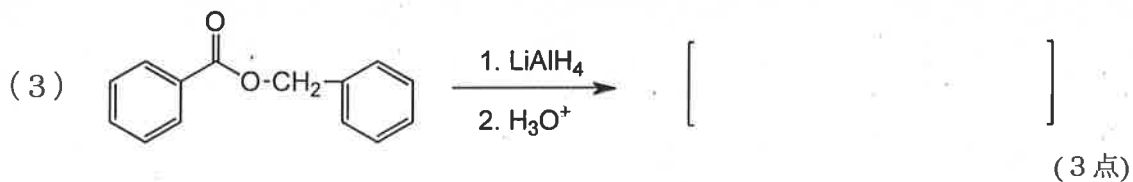
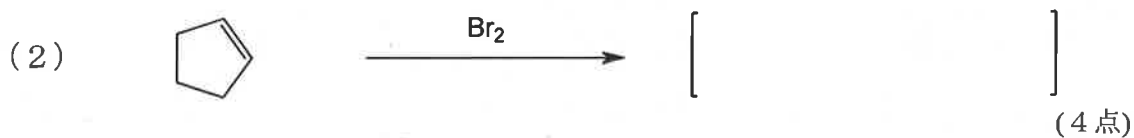
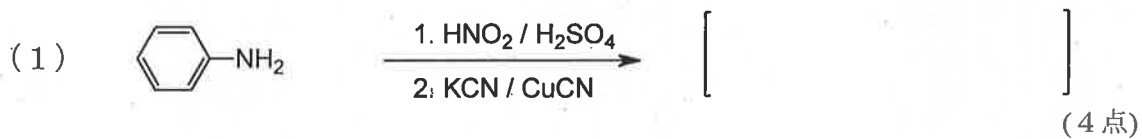
(1) H_2 分子のエネルギー準位図(分子軌道)を記述し、 H_2 分子が単結合である理由を結合次数 B.O. を用いて説明せよ。

(2) He_2 分子のエネルギー準位図(分子軌道)を記述し、 He_2 分子を形成しない理由を結合次数 B.O. も用いて説明せよ。

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

問1. 分子式が C_4H_8O で表される化合物において、全ての異性体からシス-トランス異性体や鏡像異性体などの立体異性体を除いた構造異性体の数は22である(エノール型は含めない)。それら22個の構造異性体の構造式を全て書きなさい。(22点)

問2. 次の反応の主生成物の構造式を答えなさい。但し、複数の立体配置の可能性がある場合には、その立体配置が分かるように書きなさい。 (18点)



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

特に断りのない場合、圧力は 1bar (10^5 Pa)とする。また気体定数 $R = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

問1. ある容器に窒素 75.5g、酸素 23.2g の混合気体が詰められている。温度は 25°C 、全圧は 100kPa であった。窒素および酸素の分圧を求めよ。なお原子量は、窒素=14.01、酸素=16.00 である。

(10点)

問2. シクロヘキサン 33.81g にナフタリン 0.2014g 溶解したところ、シクロヘキサンの凝固点は 0.9307°C 低下した。ナフタリンの分子量を求めよ。なお、シクロヘキサンのモル凝固点降下定数は $20.0 \text{ K kg mol}^{-1}$ である。

(10点)

問3. ある一次反応 $A \rightarrow P$ の速度定数は $6.76 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ である。A の初濃度が 0.30mol dm^{-3} のとき、15 分後の A の濃度はいくらか。 (10 点)

問4. ある化学反応の活性化エネルギーが 45kJ mol^{-1} であった。温度が 25°C から 10°C に下がったとき速度定数はどう変わるか求めよ。 (10 点)

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

(数値は有効数字3桁で答えること)

問1. 以下の問いに答えよ。

(10点)

(1) 500 l/h を m^3/s に換算しなさい。

(2) 10 wt%の硫酸に 77wt%の硫酸を 200 kg 加えたところ、20 wt%の硫酸になった。20 wt%の硫酸は何 kg 得られたか。

問2. 流体が内径 200 mm の鋼管内を $2.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ の速さで流れている。管長 100 m、流体の密度 $800 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、粘度 $0.004 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ のとき、摩擦損失 F を求めよ。ただし、摩擦係数は 0.007 とする。

(10点)

問3. 厚さ 300 mm の耐火レンガの外側に厚さ 150 mm の断熱レンガを重ねた炉壁がある。

炉内温度が 950°C 、断熱レンガ外面の温度が 53°C のとき、次の値を求めよ。 (10点)

ただし、耐火レンガおよび断熱レンガの熱伝導度をそれぞれ、 1.2 、 $0.23 \text{ J}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ とする。

(1) 壁面 3 m^2 からの放熱速度 (J/s)

問3. (2) レンガの境の温度 (°C)

問4. 吸収塔の塔底からアンモニアと空気の混合気体(NH₃ 16 vol%)を 1000 kg/h の割合で送入し、塔頂から水を供給してアンモニアを吸収させたい。塔頂からでる気体中の NH₃ の濃度を 2.0 vol% とするための最小水量(kg/h)を求めよ。ただし、塔内は 1 atm に保たれており、空気は水に吸収されず、水は蒸発しないものとする。また、アンモニアの分子量は 17、水の分子量は 18、空気の平均分子量は 28.8 である。 (10点)

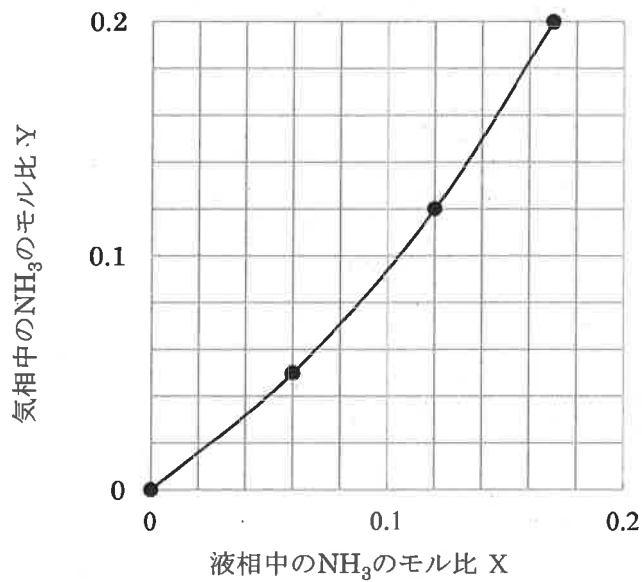


図1. アンモニアの溶解度曲線

問題 VI (生物化学分野)

得点
(配点: 40点)

問1. 問題文を読み、以下の設問に答えなさい。

(12点)

パパインはパパイヤの乳液に含まれるプロテアーゼ(タンパク質分解酵素)であり、塩基性アミノ酸のカルボキシル基側のペプチド結合を加水分解する反応を触媒する。市販のパパイン粉末を pH6 の緩衝液に溶解し、四面研磨の石英キュベットに移し、25°C に保温した。ここにプロテアーゼの蛍光性人工基質である Bz-Arg-MCA (ベンゾイル-アルギニル-4-メチルクマリル-7-アミン、図1) の溶液を加えて、直ちに蛍光分光計にセットして、蛍光量を測定した。この時、7-アミノ-4-メチルクマリル濃度を測定するため、励起波長は 380nm、蛍光波長は 460nm に設定した。その結果、蛍光量は図2のように時間に比例して増加した。pH6 の緩衝液のみでは蛍光の増加は全くみられなかった。

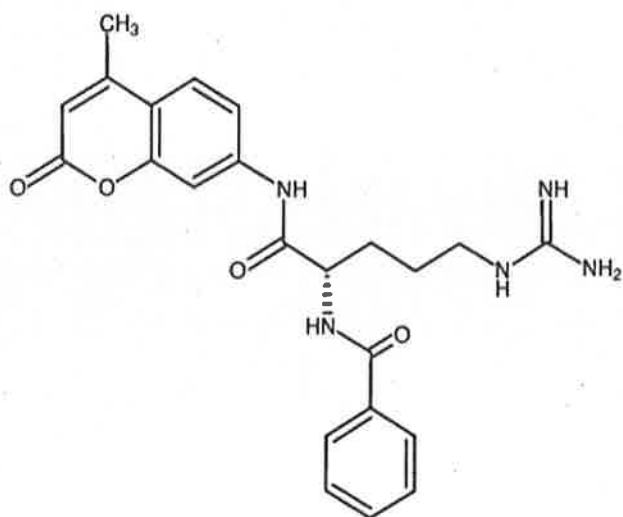


図1 ベンゾイル-アルギニル-4-メチルクマリル-7-アミン

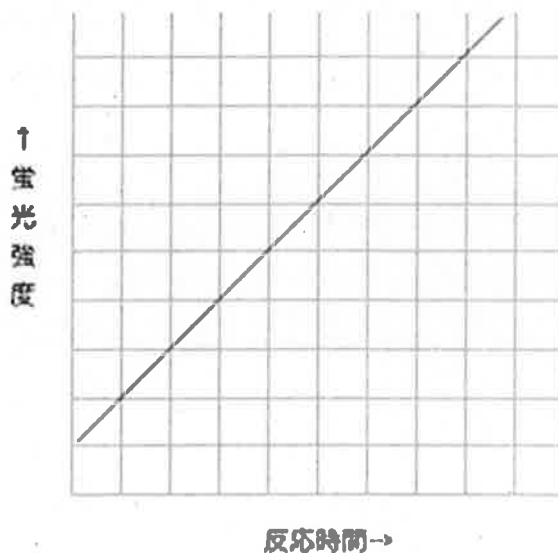


図2 蛍光光度の増加

(1) 図1の基質分子中でパパインの作用により加水分解されるペプチド結合を点線で、4-メチルクマリル-7-アミドを実線で囲んで示せ。

(2) パパイン溶液を 15°C に保って同様に実験を行った場合、どのような結果が予想されるか? 右の図3に書き込んで示せ。

(3) パパインは塩基性アミノ酸のカルボキシル基側のペプチド結合を加水分解する反応を触媒するが、酸性アミノ酸の後のペプチド結合には作用しない。酵素のこのような性質を何というか? 漢字5文字で記せ。

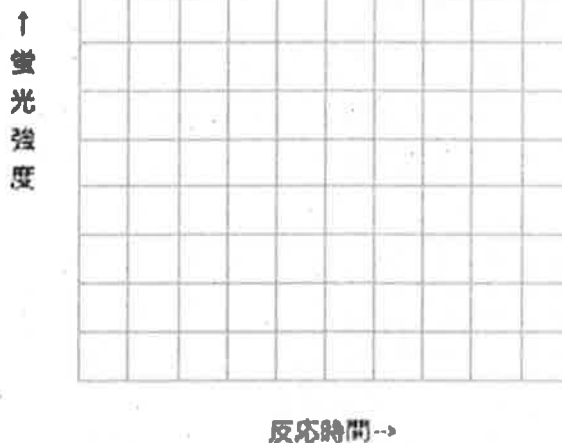


図3 蛍光光度の増加

				性
--	--	--	--	---

問2. 下の図4はグルコースが基質として用いられる呼吸の過程についてまとめたものである。次の各設問に答えよ。(22点)

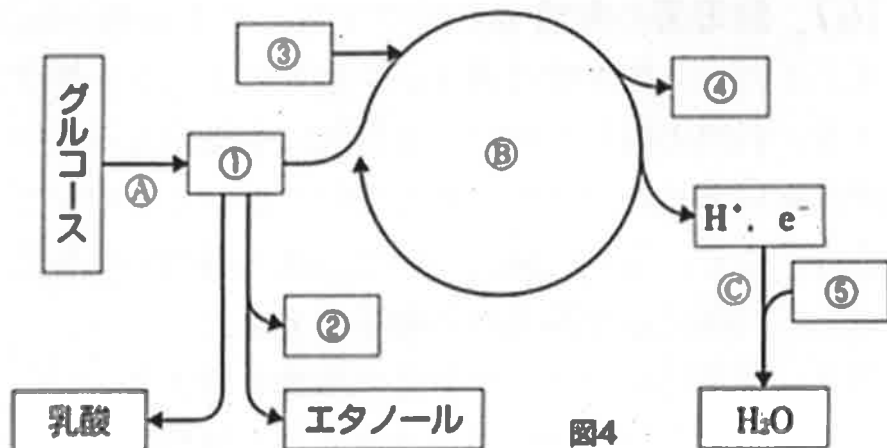


図4

(1) 図4の過程A、B、Cに関する下の表を完成させよ。

	A	B	C
過程の名称			電子伝達系
細胞内の場所		ミトコンドリアのマトリックス	
グルコース1分子あたりの最大ATP生成量			34

(2) 図4の①～⑤にあてはまる物質名を答えよ。

①	②	③
④	⑤	

問3. 下の塩基配列は、ある遺伝子のはじめの部分であり、最初の5つのアミノ酸に関する遺伝情報を持っている。コドン表を参考にして次の各設問に答えよ。(6点)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	...
T	A	C	A	A	C	G	C	A	T	T	A	A	T	G	...

		第2文字					
		U	C	A	G		
第1文字	U	UUU } フェニル	UCU }	UAU } チロシン	UGU } システイン	第3文字	U
		UUC } アラニン	UCC } セリン	UAC }	UGC }		C
		UUA } ロイシン	UCA }	UAA } (終止)	UGA } (終止)		A
		UUG }	UCG }	UAG } (終止)	UGG } トリプトファン		G
	C	CUU }	CCU }	CAU } ヒスチジン	CGU }	U	
		CUC } ロイシン	CCC } プロリン	CAC }	CGC } アルギニン	C	
		CUA }	CCA }	CAA } グルタミン	CGA }	A	
		CUG }	CCG }	CAG }	CGG }	G	
	A	AUU } イソロイシン	ACU }	AAU } アスパラギン	AGU } セリン	U	
		AUC }	ACC }	AAC }	AGC }	C	
		AUA }	ACA }	AAA } リジン	AGA } アルギニン	A	
		AUG } メチオニン (開始)	ACG }	AAG }	AGG }	G	
	G	GUU }	GCU }	GAU } アスパラギン	GGU }	U	
		GUC } バリン	GCC } アラニン	GAC } ン酸	GGC } グリシン	C	
		GUA }	GCA }	GAA } グルタミン	GGA }	A	
		GUG }	GCG }	GAG } 酸	GGG }	G	

この遺伝子ではmRNAは図の左から右へと合成される。合成されるmRNAの塩基配列と、それが翻訳された時にできるタンパク質のアミノ酸配列をそれぞれ答えよ。

mRNAの塩基配列

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

アミノ酸配列

--	--	--	--	--	--

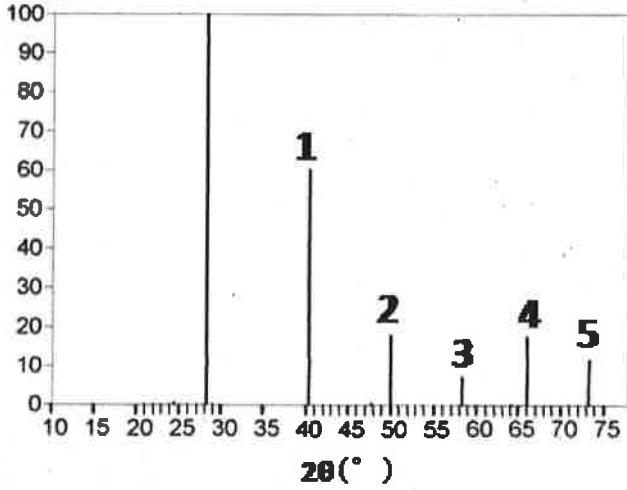
問題 VII (材料化学分野)

得点
(配点：40点)

問1. KCl の XRD パターンの解析をせよ。

(20点)

相対強度



PDF カード：01-071-3751

化学式：KCl

結晶系：Cubic、Z=4、

線源：CuK α 、波長：1.540 Å

No	d値	強度	h	k	l
①	3.656	0.6	1	1	1
②	3.166	100.0	2	0	0
③	2.239	60.3	2	2	0
④	1.909	0.4	3	1	1
⑤	1.828	17.8	2	2	2
⑥	1.583	7.2	4	0	0
⑦	1.453	0.1	3	3	1
⑧	1.416	17.5	4	2	0
⑨	1.293	11.6	4	2	2
⑩	1.216	0.1	5	1	1

(1) ブラッグの法則の公式を書け。

(2) 各ピークの 2θ 、d 値、ミラー指数を求めよ。 2θ は左上図のデータを小数点以下は四捨五入し、d 値は計算より求め、ミラー指数は右上の PDF カードを参考にせよ。

2θ

d 値

hkl

1

2

3

4

5

(3) 各ピークの格子定数 a (Å) を計算し、平均の格子定数を小数第三位まで求めよ。

1

2

3

4

5

平均

(4) 密度(g/cm^3)を計算せよ。なお、格子体積はⅢで求めた平均の値から導け。

($\text{KCl}: 74.55 \text{ g/mol}$ 、 $N_A: 6.02 \times 10^{23}$ 個)

(5) 単純立方格子の充填率を求めよ。計算過程も書け。

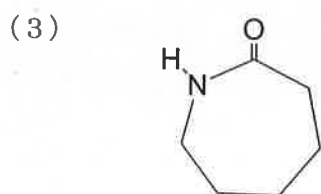
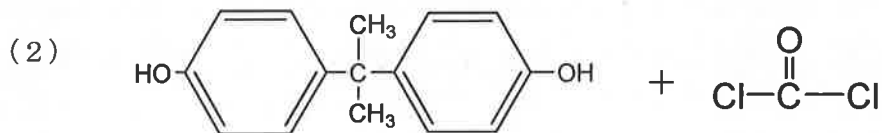
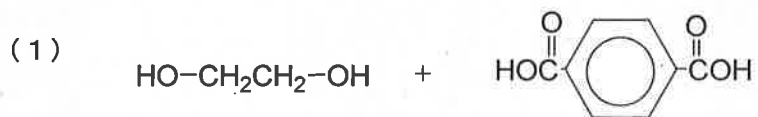
(6) 次の化学結合を結合の強い順に書け。また水素結合について簡潔に説明せよ。

金属結合・ファンデルワールス結合・イオン結合・共有結合・水素結合

> > > >

水素結合の説明

問2. 次の化合物を用いて重合反応することによって得られる高分子の化学構造式を記述せよ。
 (解答は空欄に記述せよ。) (9点)



問3. 次に示すように3種類の分子から構成された高分子試料がある。 (11点)

成分1 : 重量分率=0.5、分子量= 10^4

成分2 : 重量分率=0.4、分子量= 10^5

成分3 : 重量分率=0.1、分子量= 10^6

この試料の数平均分子量と重量平均分子量、分子量分布 (の目安) を求めよ。

(解答は空欄に記述せよ。)