

令和 3 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. 問題冊子は表紙を除いて 16 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、出願時に選択した 5 分野について教えてください。
3. あなたが選んだ 5 分野の記号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. 退出は試験開始 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から静かに退出してください。
6. 開始の合図があるまでは、本問題用紙を開かないでください。

※採点表です。（受験者は記入しないでください。）

問題	問題	問題	問題	問題	合 計

問題 I(分析化学分野)	受験番号	得点(配点:40点)

問1 次の問いに答えよ。(2点×5)

- (1) 沈殿などの固形物を液体と分離するために、沈殿を含む液体を放置して固形物を沈殿させたのち容器を静かに傾けて上澄みだけを流し去る操作を何というか。
- (2) 恒量とは何か説明せよ。
- (3) デシケータ内にあるシリカゲルの役割について説明せよ。
- (4) ホールピペットとメスピペット、どちらの器具がより誤差が小さいか。理由とともに説明せよ。
- (5) 吸光光度法における検量線は、何と何の関係で作成するものか答えよ。

問2 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ のある4種の金属イオン A^{2+} , B^{2+} , C^{2+} , D^{2+} を含む水溶液に陰イオン X^{2-} を添加したとき、沈殿する順番に金属イオンを並べよ。ただし、 X^{2-} と A^{2+} , B^{2+} , C^{2+} , D^{2+} の溶解度積はそれぞれ 1.4×10^{-14} , 1.0×10^{-28} , 1.4×10^{-24} , 4×10^{-38} とする。(5点)

問3 $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のフッ化水素酸の水素イオン濃度を求めよ。ただし、フッ化水素酸の $K_a = 1.41 \times 10^{-3}$ とする。有効数字3桁で答えよ。(5点)

問4 水溶液の pH が 2.0 のときのプロピオン酸の分配比 D を計算せよ。ただし、プロピオン酸の分配定数 K_D は 76, 解離定数 K_a は 2.19×10^{-5} , 2 量体の生成を無視するものとする。また、水溶液の pH が 9.0 となったときの分配比についても計算せよ。有効数字 2 桁で答えよ。(8 点)

問5 遊離アンモニアの濃度が $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のときの銀イオン濃度 $[\text{Ag}^+]$ と銀アンミン錯イオン濃度 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]$ を求めよ。ただし、銀イオンの総量を 0.010 mol/L とする。また、平衡定数 $\log K_{f1} = 3.31$, $\log \beta_2 = 7.22$ とする。有効数字 2 桁で答えよ。(12 点)

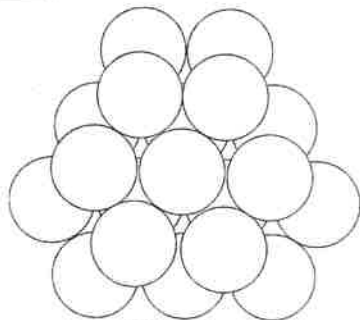
問 3. 結合次数 B. O. に関する以下の問いに答えよ。(図と計算が正解で各 5 点×2=計 10 点)

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。

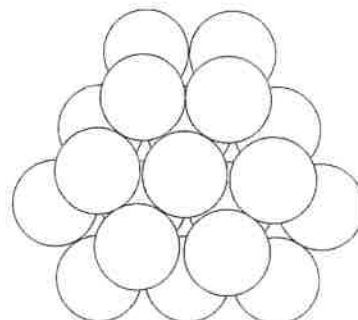
(a) H_2 分子のエネルギー準位図(分子軌道)を記述し、 H_2 分子が単結合である理由を結合次数 B. O. を用いて説明せよ。

(b) 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 4. 六方最密構造(hcp)と立方最密構造(ccp)はどのような球の配置になるか。それぞれ第3層目を図示せよ。 (各 2 点×2=計 4 点)



六方最密構造(hcp)



立方最密構造(ccp)

問 5. 体心立方格子の充填率を計算せよ。またその計算過程も記述すること。

(図(計算過程)と解が正解で合計 6 点)

問題 III (有機化学分野)	受験番号	得点 (配点: 40 点)

問 1. ベンゼンから安息香酸を合成する方法について以下の問に答えなさい。

(構造式は各 3 点、反応名は各 2 点、16 点)

① ベンゼンを塩化アルミニウム存在下でヨウ化メチルと反応させると化合物 A が生成する。

ア) 化合物 A の構造式を書きなさい。

化合物 A : _____

イ) 下線部の反応の名称を答えなさい。

反応名 : _____ 反応

② 化合物 A を過マンガン酸カリウムで酸化すると安息香酸が生成する。

安息香酸の構造式を書きなさい。

安息香酸 : _____

③ ベンゼンを塩化アルミニウム存在下で塩化アセチルと反応させると化合物 B (ケトン) が生成する。 化合物 B の構造式を書きなさい。

化合物 B : _____

④ 化合物 B を 塩基性のヨウ素・ヨウ化カリウム溶液で処理すると安息香酸が生成する。

下線部の反応の名称を答えなさい。

反応名 : _____ 反応

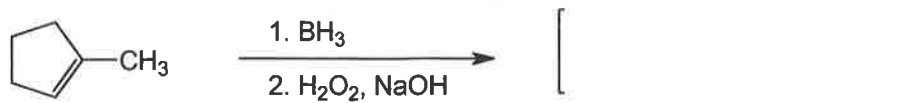
⑤ 安息香酸を水素化リチウムアルミニウムで還元すると化合物 C (アルコール) が生成する。

化合物 C の構造式を書きなさい。

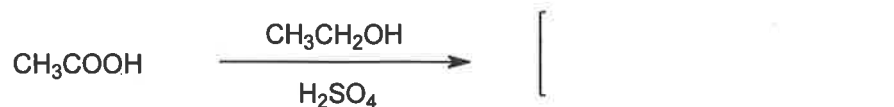
化合物 C : _____

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。 (各 3 点、24 点)

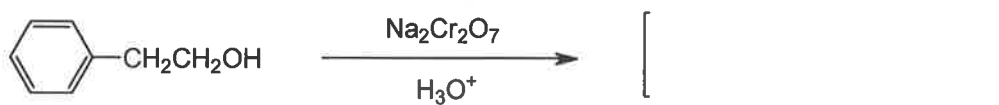
①



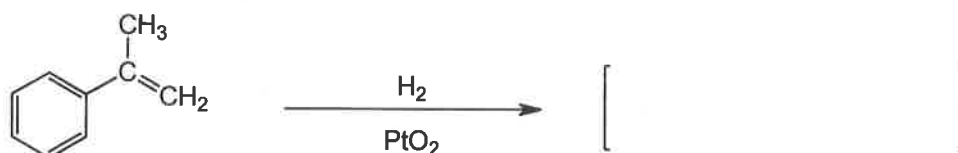
②



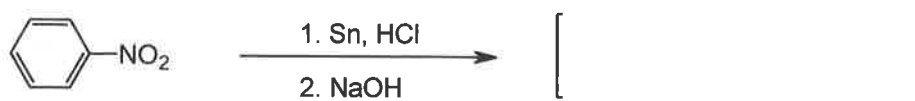
③



④



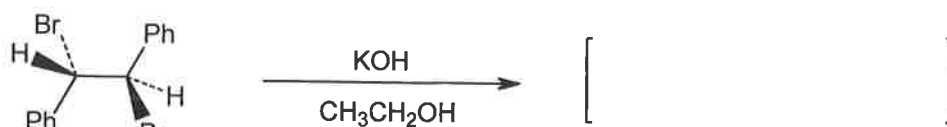
⑤



⑥

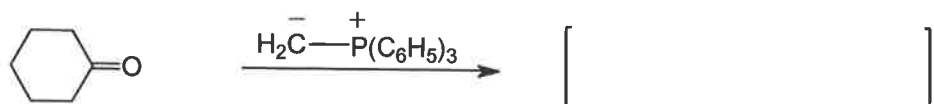


⑦



(脱離生成物)

⑧



問題 IV(物理化学分野)	受験番号	得点(配点:40点)

必要であれば, 気体定数 $R = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$ を用いなさい.
特に断りのない場合, 温度 25°C , 圧力 1 bar とする.

1. 気体について以下の各問に答えなさい.

(1) 温度 28.5°C において, ある気体試料 4.00 mol が 300 dm^3 の体積を占めている. このときの圧力を求めなさい. 但し, 完全気体(理想気体)と見なせるものとする. (8点)

(2) 窒素 N_2 1.5 mol と酸素 O_2 4.5 mol からなる混合気体を密封容器に詰めたところ, その全圧は $8.4 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった. この容器の容積および窒素の分圧を求めなさい. 但し, 完全気体(理想気体)と見なせるものとする. (4点×2)

(3) 比較的低圧において実在気体は以下の形のビリアル状態方程式に従う.

$$\frac{pV_m}{RT} = 1 + \frac{B}{V_m}$$

ここで V_m はモル体積, B はビリアル係数である. 温度 573 K においてアンモニア NH_3 のモル体積が $1.00 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ となる圧力 p を求めなさい. 但し, アンモニアのビリアル係数 B は $-45.6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ である. (8点)

2. 反応 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ の標準反応ギブズエネルギー $\Delta_r G^\circ$ は $+3.40 \text{ kJ mol}^{-1}$ である.
この反応の平衡定数 K を求めなさい (二桁で答えなさい). (8 点)

3. ある反応について様々な温度 T において反応速度定数 k_r を求めたところ, 両者の間に下式の関係が得られた.

$$\ln(k_r/\text{dm}^3\text{mol}^{-1}\text{s}^{-1}) = -2767 \times \frac{1}{(T/\text{K})} + 25.11$$

この反応の頻度因子 A および活性化エネルギー E_a をそれぞれ求めなさい (いずれも二桁で答えなさい). (4 点 $\times$ 2)

以上

問題 V (化学工学分野)	受験番号	得点 (配点: 40 点)

(問題 2 および 4 以外は有効数字 3 桁で答えよ)

問題 1.

20 mol%メタノール水溶液を $200 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$ で連続蒸留塔に供給する。60 mol%メタノールの留出液と 5 mol%メタノールの缶出液を得るためには、留出液流量と缶出液流量は、それぞれ何 $\text{kmol} \cdot \text{h}^{-1}$ 必要か。(10 点)

問題 2.

三角線図は三角形内部の点座標によって 3 成分系の組成を表す。図 1 の点 P の組成の液 3 kg と点 Q の組成の液 5 kg を混合してできた液を混合液 M とする。溶質、原溶媒、溶剤のモル分率を X_A 、 X_B 、 X_C として(1)～(3)に答えよ。

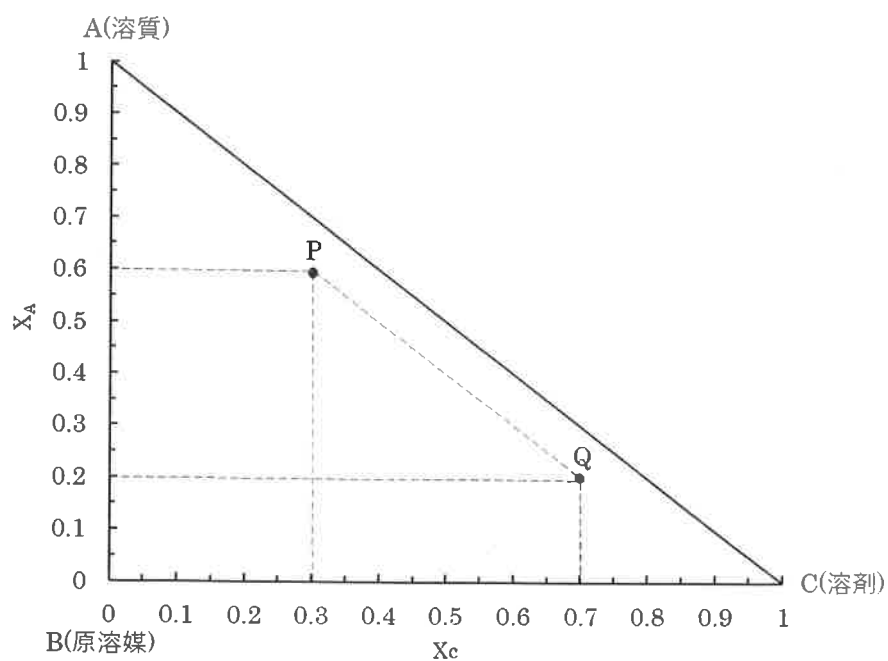


図 1. 三角線図

(1) 点 P の液組成 X_A 、 X_B 、 X_C を答えよ。(2 点)

(2) 点 M は線分 PQ を内分する点である。線分 PM と線分 MQ の比を答えよ。(5 点)

(3) 点 M で示す混合液中の溶質のモル分率 X_A を答えよ。(3 点)

問題 3.

20℃の野外に保温した反応釜がある。反応釜の表面積は 8.0 m^2 で、表面の温度は 35℃である。空気の自然対流による境膜伝熱係数 h は $5.811 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、保温材の黒度を 0.6 とし、(1)～(2)の問いに答えよ。

(1) 空気の自然対流による熱損失は何 $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ か。(5 点)

(2) 熱放射によって失われる熱量は何 $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ か。(5 点)

受 験 番 号

問題 4.

ある粉体 m (kg)が 1 辺 d_p (m)、密度 ρ_p ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)の立方体 N 個で構成されているとき、1 辺の長さ d_p および密度 ρ_p を用いて比表面積 A_p ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)を表せ。(10 点)

以上

問題 VI(生物化学分野)	受験番号	得点(配点:40点)

問1 タンパク質の化学構造に関する以下の文章を読み、問いに答えなさい。

タンパク質の主成分は、1 アミノ酸どうしがペプチド結合したポリペプチド鎖である。
2 ポリペプチド鎖のアミノ酸配列は、遺伝子の DNA の塩基配列によって決まるが、タンパク質の一次構造ともいわれる。

ポリペプチド鎖の一部はタンパク質の二次構造とよばれる規則的な構造を形成する。そのうち、(1) ではポリペプチド鎖は右巻きのらせん状に巻き、らせん1回転は3.6アミノ酸残基を含んでおり、C₀基と4塩基先のNH基との間に(2) 結合が生じる。二次構造のうち、(3) ではポリペプチド鎖はジグザグに折れ曲がった平面状になり、側鎖は交互に上下に配置する。2つの同じ向き、または逆向きのポリペプチド鎖が平行または逆平行に並び、両者の間に(2) 結合が生じて安定したシート状になる。その他、二次構造にはポリペプチド鎖が急激に曲がるターンやゆるやかに曲がるループなど短い二次構造がある。

タンパク質の三次構造は(2) 結合のような「弱い結合」や共有結合の1種によって形成、維持される。a 疎水性アミノ酸残基どうしはタンパク質の内部で疎水性相互作用により集合する。b 正電荷を持つアミノ酸側鎖と負電荷を持つアミノ酸側鎖の間ではイオン結合が形成される。c あるアミノ酸の側鎖の間には共有結合であるジスルフィド結合が形成される場合がある。

複数のポリペプチド鎖が会合してタンパク質の四次構造ができる。このとき、三次構造を持った各ポリペプチド鎖を(4) という。

(1) 空欄(1) ~ (4) に最もあてはまる語を答えなさい。(各3点 x 4 = 12点)

1	2
3	4

(2) 下線部1について、図1はポリペプチド鎖の構造を表したものである。H, C, Rはそれぞれ水素原子、炭素原子、アミノ酸の側鎖を表す。X, Y, Zに相当する原子記号を記し(3点)、また、ペプチド結合は1, 2, 3のうちどれか選びなさい(3点)。

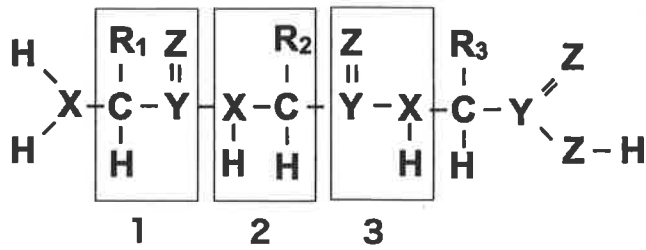


図1 ポリペプチド鎖の構造

X	Y	Z	ペプチド結合
---	---	---	--------

(3) 下線部2について、図1のようなアミノ酸3つのペプチドのアミノ酸配列は遺伝子のDNAの最小で何個の塩基配列によって決まるか。数字で答えよ。(3点)

(4) イ～ホのアミノ酸残基の組み合わせのうち、下線部a(疎水性相互作用)，b(イオン結合)，c(ジスルフィド結合)の例として最もあてはまるものを選び、記号で答えなさい。ただし、図2にこれらのアミノ酸の側鎖の構造を示す。(各3点 x 3 = 9点)

イ. セリンとセリン

ロ. システインとシステイン

ハ. イソロイシンとイソロイシン

ニ. グルタミン酸とグルタミン酸

ホ. グルタミン酸とリシン

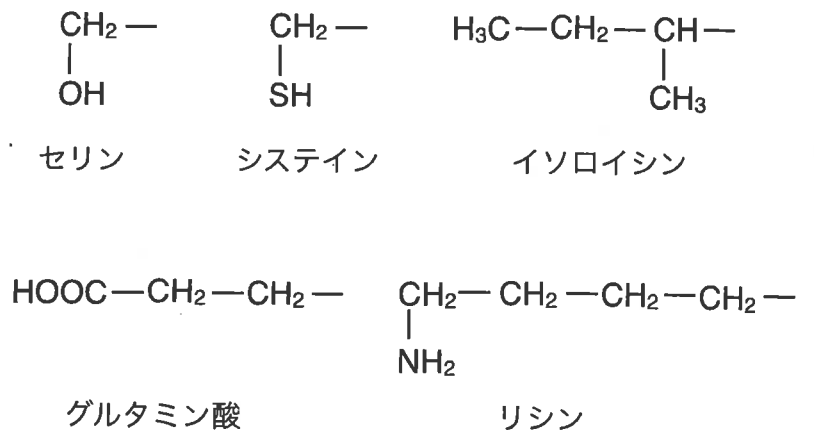


図2 アミノ酸の側鎖の構造

a	b	c
---	---	---

問2 次の記述にあてはまる炭水化物の名称を答えなさい。(各2点 x 5 = 10点)

1. 塩基とリン酸基に結合し、リボヌクレオチドを形成するアルド
ペントース
2. グルコースが β 1 $\rightarrow$ 4 グリコシド結合でつながった多糖であり、
木材、紙、木綿の主成分である。
3. ベリー類、木に成る果実、メロンなどに含まれる、ケトース。
4. 植物の師管内を転流する糖であり、グルコースと 3. の糖が結合
した還元性を示さない二糖。
5. 図3の構造式に示す、D体のトリオース。

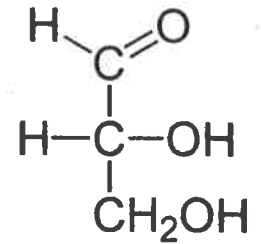
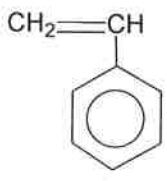
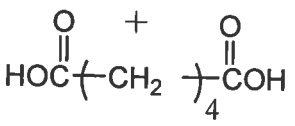
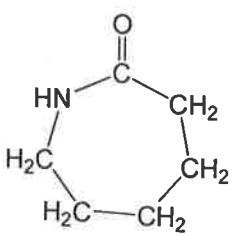


図3

1.	2.	3.
4.	5. D-	

問題 VII(材料化学分野)	受験番号	得点(配点:40点)

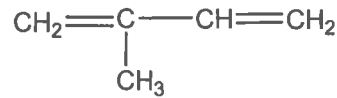
問1 次のモノマーから得られる高分子化合物の化学式を書きなさい。また、それぞれの高分子化合物に関連する事柄をページ下にある(ア)～(オ)から一つ選び記入しなさい。(4点×5=20)

- | | 化学式 | 関連する事柄 |
|--|-----|--------|
| (1) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ | | |
| (2)  | | |
| (3) $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$
+
 | | |
| (4) $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$
+
 | | |
| (5)  | | |

- 事柄： (ア) 開環重合反応によって合成される。
 (イ) ナイロンストッキング、高強度・高剛性であり機械部品に利用される。
 (ウ) アイソタクチック構造のものはプラスチックとして自動車部品での利用が多い。
 (エ) ペットボトル、化学繊維、食品包装容器に利用される。
 (オ) 発泡体としての利用や、硬くて透明であるため食品トレイにも利用される。

問2 合成ゴムポリイソプレンについて以下の問いに答えなさい。

- (1) イソプレンモノマーの重合で生じる、シス 1,4 構造と、トランス 1,4 構造の化学式を書きなさい。なお、イソプレンモノマーの化学式を以下に示す。(4 点×2=8)



シス 1,4 構造	トランス 1,4 構造

- (2) 上記 2 つのうち常温でゴム弾性を示す構造はどちらかを答えなさい。(2 点)

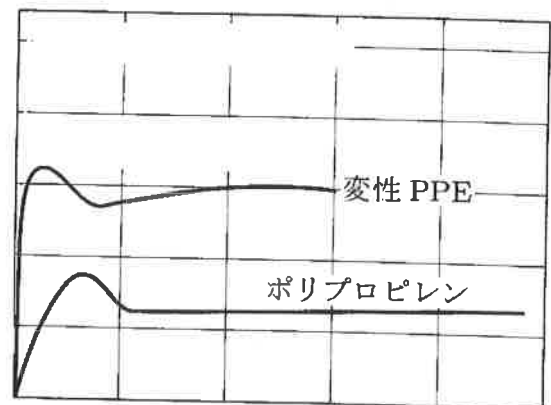
問3 右図には、変性 PPE およびポリプロピレンについて、一定の速度で引っ張ったときに発生する応力-ひずみ曲線を示す。以下の問いに答えなさい。

(2 点×5=10)

- (1) 右における縦軸、横軸はそれぞれ応力、ひずみのどちらに相当するか、答えなさい。

縦軸：

横軸：



- (2) 応力とひずみとの間委には、

$$\text{応力} = \text{比例定数} \times \text{ひずみ}$$

という関係が成立する。比例定数は引張り弾性率と呼ばれる。この弾性率が高いのは、どちらの材料か答えなさい。

- (3) 引張り強度（破壊時における応力）が高いのはどちらの材料か答えなさい。

- (4) 破壊するまでのひずみが大きいのはどちらの材料か答えなさい。

以上