

2018年9月・2019年4月入学試験

大学院先進理工学研究科修士課程

応用化学専攻

問題表紙

◎問題用紙が 15 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。

◎解答用紙が 3 枚綴りが 3 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

問題は全部で5科目ある。このうち3科目を選びなさい。1科目ごとに大問が4問（生物化学のみ3問）ある。4問ある場合はそのうち3問を選んで解きなさい。

詳しくは科目ごとに記載した指示に従いなさい。

解答に関しては、どの科目を選んだのかを解答用紙の「選択科目名」の欄に記載しなさい。また、Q.1からQ.4のうち、選んだ問題番号を解答用紙の「この解答用紙を用いた問題の番号」欄に○で囲んで示しなさい。

解答は日本語または英語で書きなさい。

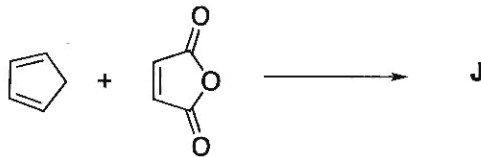
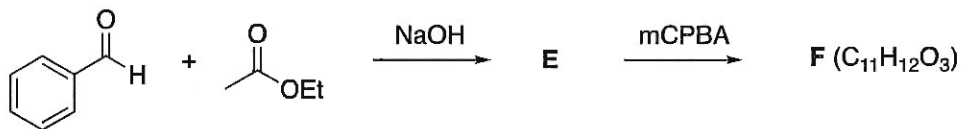
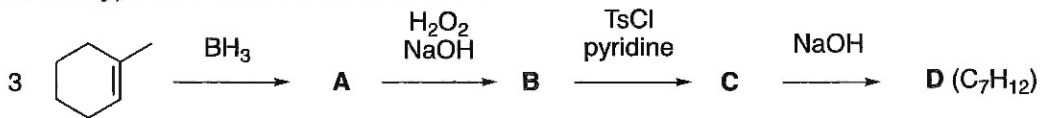
2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名: 有機化学/Organic Chemistry

以下の問題 Q.1 から Q.4 のうち, Q.1 と Q.2 の両方, および Q.3 と Q.4 のいずれかを選択し, 解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 以下の反応式(reaction formula)において主生成物(major products)となる有機化合物 A から J (organic compounds A to J) の構造式(structures)を書きなさい。なお, A, B, C, J については立体化学(stereochemistry)がわかるように示しなさい。



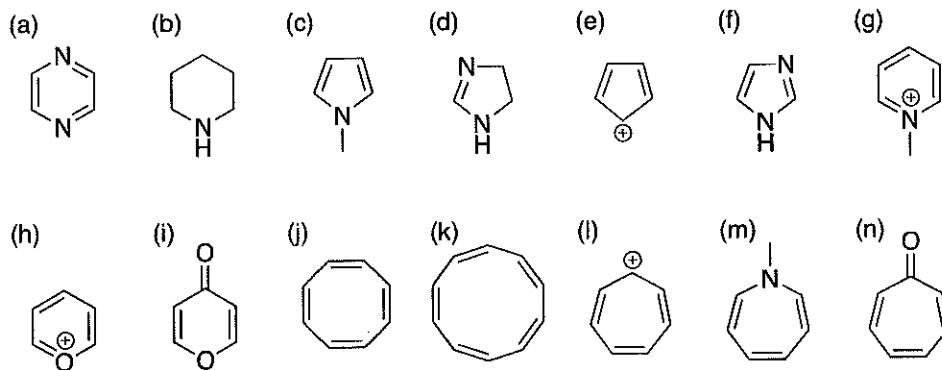
2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

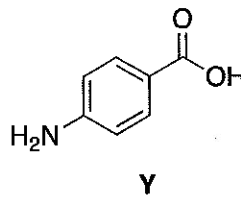
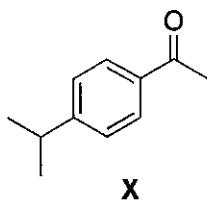
科目名：有機化学/Organic Chemistry

Q.2 以下の問いに答えなさい。

2-1) 次の (a)~(n) の中から、芳香族分子(aromatic molecules)をすべて選び(select all), 記号で答えなさい。また、(a), (b), (f) の化合物名(chemical name)を日本語または英語(Japanese or English)で答えなさい。

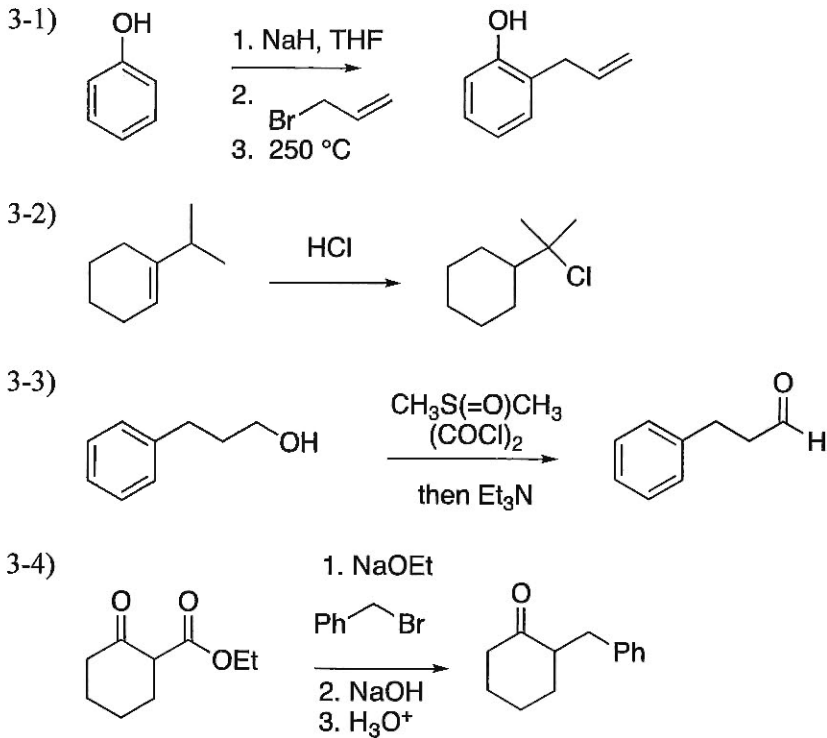


2-2) ベンゼン(benzene)を出発原料(starting material)として以下の化合物 X および Y (compounds X and Y) を合成する(synthesize)際の合成経路(synthetic route)を示しなさい。

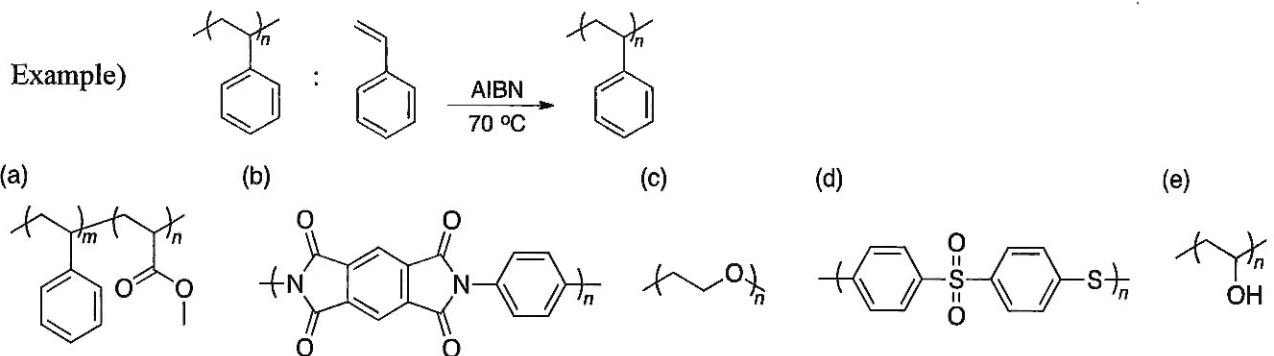


2018年9月・2019年4月入学試験問題
 大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
 科目名： 有機化学 / Organic Chemistry

Q.3 以下の反応(reactions) 3-1 から 3-4 の反応機構(reaction mechanisms)を書きなさい。



Q.4 以下のポリマー(polymer) (a)~(e) を合成(synthesize)するとき使用するモノマー(monomer)の構造(structure)と、反応式(reaction formula) (開始剤(initiator)やその他の反応試薬(other reagents), 反応条件(reaction conditions)を含めて) を、例 (Example) にならって書きなさい。



2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名: 無機化学/Inorganic Chemistry

以下の4つの設問(Q.1~Q.4)より3問を選択し、解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 以下の問いに答えなさい。

1-1) 蛍石型構造(fluorite structure)における陽イオン(cation)と陰イオン(anion)の配位数(coordination number)はそれぞれ8と4である。CaF₂結晶について、最近接する陽イオンと陰イオン間の距離(distance between nearest-neighbor cation and anion)および結晶の密度(density) [g cm⁻³]をそれぞれ求めなさい。ただし、原子量をCa=40.1, F=19.0, CaF₂の格子定数(lattice constant)を546 pmとする。

1-2) 固相反応(solid state reaction)によるイオン性固体(ionic solid) (例: BaTiO₃)の合成では、一般に高温(high temperature)を必要とする。その理由について説明しなさい。

1-3) 以下の語句のなかから3項目を選択し、それらについて簡潔に説明しなさい。必要なら図や式を用いてよい。

結晶系(crystal system)

窒化ケイ素(silicon nitride)

固溶体(solid solution)

アクセプター準位(acceptor level)

弾性率(elastic modulus)

Q.2 以下の問いに答えなさい。

2-1) 以下に示す典型元素の性質(properties of the main group elements)が原子番号の増加(increase in the atomic number)とともにどのように変化するか、理由を付して説明しなさい。

第2周期元素 Li, Be, B, C, N, O, F の第一イオン化エネルギー(first ionization energy)

第17族元素 F, Cl, Br, I の電子親和力(electron affinity)

2-2) ジボラン(diborane) B₂H₆の構造を示し、BとHとの結合様式(bonding pattern)の特徴について簡潔に説明しなさい。また、ジボランとアンモニア(ammonia)の反応によって生じる、分子式 B₃H₆N₃ で表される化合物の名称と構造式(name and structural formula)を示しなさい。

2-3) 三塩化リン PCl₃ と五塩化リン PCl₅ の気体状態(gas state)での構造を分子形状がわかるように示しなさい。非共有電子対(lone pair electrons)がある場合はそれらも示すこと。また、PCl₃ と酸素の反応、あるいは PCl₅ と水との反応、いずれによっても生成するリン化合物(phosphorus compound)の名称を答えなさい。

2-4) 以下に示す酸化物を酸性酸化物(acidic oxide), 塩基性酸化物(basic oxide), 両性酸化物(amphoteric oxide)に分類しなさい。

Na₂O, CaO, Al₂O₃, SiO₂, SnO₂, P₂O₅

2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名：無機化学/Inorganic Chemistry

Q.3 以下の問いに答えなさい。

- 3-1) Na_2CO_3 と NaOH の混合水溶液(mixed aqueous solution) 25.00 mL に対して、 $0.1000 \text{ mol L}^{-1}$ の塩酸(hydrochloric acid)で滴定(titration)を行った。このとき指示薬(indicator)として、フェノールフタレイン(phenolphthalein)とメチルオレンジ(methyl orange)を添加した。
- (a) 滴定開始からフェノールフタレインが変色するまでに進行する反応を化学反応式(reaction formula)で表わしなさい。
- (b) フェノールフタレインが変色するまでの滴下量は 14.82 mL, メチルオレンジが変色するまでの滴下量は 18.65 mL であった。25.00 mL 中の Na_2CO_3 と NaOH の量を mg 単位で求めなさい。ただし, $H = 1.01, C = 12.01, O = 16.00, Na = 22.99$ 。
- 3-2) 0.20 mol L^{-1} NaOH 水溶液 $2.0 \times 10 \text{ mL}$ に対して、 0.30 mol L^{-1} の酢酸(acetic acid)を $2.0 \times 10 \text{ mL}$ 加えた。このときの pH を計算しなさい。ただし、酢酸の酸解離定数(acid dissociation constant)を $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$ とする。

Q.4 錯体(complex)に関する以下の問いに答えなさい。

- 4-1) 一般の八面体型(octahedral)錯体と四面体型(tetrahedral)錯体の d 軌道のエネルギー準位図(energy level diagram)を結晶場理論(crystal-field theory)に基づいて書き、両者の違いを説明しなさい。
- 4-2) d^9 錯体におけるヤーン-テラー効果(Jahn-Teller effect)について、d 軌道のエネルギー準位図を用いて説明しなさい。
- 4-3) 以下の八面体型錯体の幾何異性体(geometrical isomer)の数を答えなさい。ただし、M は金属(metal), A, B, C は単座配位子(monodentate ligands)とする。
- (a) MA_4B_2
- (b) MA_3B_3
- (c) MA_4BC

2018年9月・2019年4月入学試験問題
 大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
 科目名： 物理化学/Physical Chemistry

以下の4つの設問(Q. 1~Q. 4)より3問を選択し、解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。
 なお必要であれば以下の数字を用いなさい。

アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, ファラデー定数 $F = 9.6485 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$,
 プランク定数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$, ボルツマン定数 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Q. 1 以下の問いに答えなさい。

1-1) 理想気体(perfect gas)について、以下の問いに答えなさい。

- 1-1-1) 理想気体の 25°C におけるモル定容熱容量(molar heat capacity at constant volume) $C_{p,m}$ を、分子の形を基に分類しつつ値を算出しなさい。
- 1-1-2) 理想気体のモル定圧熱容量(molar heat capacity at constant pressure) $C_{p,m}$ はモル定容熱容量 $C_{v,m}$ と比べてどの程度大きいのか、値を算出しなさい。

1-2) 温度および容積を変えることのできる容器を CO_2 で満たした。Fig. 3.1 に示す CO_2 の相図を基に下記の問いに答えなさい。

- 1-2-1) 容器の内圧が 0.52 MPa 、温度が 216.8 K である時、容器内の CO_2 の状態を説明しなさい。
- 1-2-2) 図中の①の状態から②、③へと圧力を変えずに温度を上げ、③から④へと図中の線に沿って温度及び圧力を変更した。①から②へ状態を変える途中で見られる現象について説明し、④の状態での容器内の CO_2 の状態を説明しなさい。
- 1-2-3) 温度が 298.15 K で内圧が 7.00 MPa の CO_2 で満たされた耐圧容器がある。この容器下部より内部の CO_2 を取り出し、容器外(0.10 MPa , 298.15 K)に噴出させた。この時どのような現象が生じるか、答えなさい。なお、気相の CO_2 の等圧熱容量は $C_{p,m}(\text{g}) = 37.11 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であり標準転移エンタルピー(standard enthalpy of transition)は融解(fusion) $\Delta_{\text{fus}}H^\circ = 8.33 \text{ kJ mol}^{-1}$, 昇華(sublimation) $\Delta_{\text{sub}}H^\circ = 25.23 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

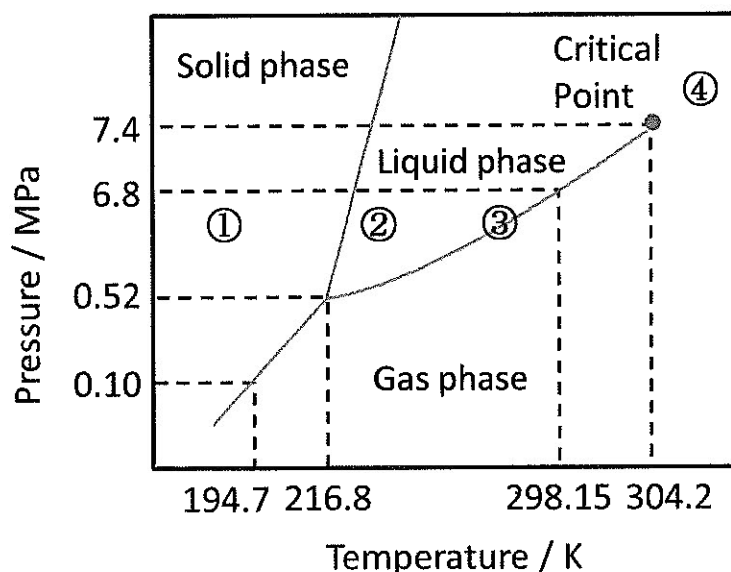


Fig. 3.1

2018年9月・2019年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
科目名： 物理化学/Physical Chemistry

Q.2 以下の問いに答えなさい。

2-1) ある液相(liquid phase)反応 $A \rightarrow B$ をビーカー中にて回分式(in batch reactor)で行い、反応途中の反応物 A の濃度変化を測定したところ、Table 3.2 に示す結果が得られた。ただし、反応中に温度および液相体積の変化はないものとする。以下の問いに答えなさい。

Table 3.2

Reaction period [s]	0	100	300	500	800	1000
Concentration of reactant A [mol L ⁻¹]	0.500	0.452	0.370	0.303	0.225	0.184

- 2-1-1) この反応の反応次数(reaction order)を求め、整数(integer)で答えなさい。
- 2-1-2) 反応物 A が 90%反応するのに必要な時間を求め、答えなさい。
- 2-1-3) 反応物 A が 99%反応するのに必要な時間を求め、答えなさい。
- 2-2) 充分量の金属セシウム (融点 29 °C, 沸点 686 °C) を直径 0.50 mm の孔の開いた容器に入れ、この容器を真空装置(vacuum chamber)内に設置して装置内全体を真空にした。その後、速やかに容器を 127 °C に均一に加熱すると、容器内は 0.42 Pa のセシウム蒸気で均一に満たされた。このとき以下の問いに答えなさい。なお、セシウムの原子量は 133 としなさい。
- 2-2-1) 蒸気となったセシウム原子の平均の速さを求めなさい。
- 2-2-2) 衝突流束(collision flux) Z_w [m⁻² s⁻¹]は次の式で表される。
$$Z_w = p / (2\pi mkT)^{1/2}$$
ただし、 p は蒸気圧(vapor pressure) [Pa], m は原子の質量[kg]である。セシウムの衝突流束を求めなさい。
- 2-2-3) 1.0 分間に容器の孔から外部に流出するセシウム原子の数を求め、答えなさい。
- 2-2-4) 0.50 mg のセシウム原子が箱から流出するのに必要な時間を求め、答えなさい。なお、セシウムは充分量入っており、容器内のセシウム蒸気の濃度は均一かつ一定とする。

2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名：物理化学/Physical Chemistry

Q.3 以下の問いに答えなさい。

- 3-1) 自動車排ガス浄化触媒(catalyst for exhaust emission control for internal combustion engine)について、以下の問いに答えなさい。
- 3-1-1) ガソリン車の排ガスに含まれる成分のうち、触媒によって浄化しなくてはならない成分をすべて挙げなさい。
 - 3-1-2) このガス浄化には、一般に三元触媒(three-way catalyst)が用いられている。三元触媒の構成成分のうち触媒活性を発揮する成分をすべて挙げなさい。
 - 3-1-3) 排ガス浄化を効率的に行うためには、燃料噴射量(fuel injection amount)を空気量に応じて常に理論空燃比(stoichiometric air-fuel ratio)近傍に制御する必要がある。その理由を簡潔に説明しなさい。
 - 3-1-4) ディーゼルエンジンの排ガス浄化には三元触媒が適用できない。その理由を説明しなさい。
- 3-2) 活性成分として Pt をアルミナに担持して、ある気固系の不均一系触媒反応(heterogeneous catalytic reaction)に用いたところ、反応時間とともに活性(activity)が低下することがわかった。活性低下の原因を明らかにしたい。あなたはどのような方法で解析するか。有効なキャラクタリゼーションの方法を2つ以上挙げ、その手法の原理を簡潔に説明しなさい。また、その手法でどのような結果が得られるか、想定される結果を述べなさい。

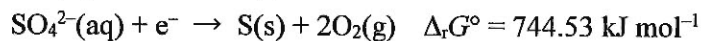
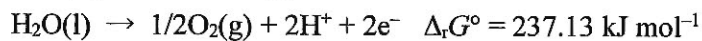
2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 物理化学/Physical Chemistry

Q.4 以下の問いに答えなさい。

空のビーカーの中に導線を付けた白金板電極2枚を平行に50.0 mmの距離を隔てて配置した。この白金板に0.900 Vの電圧を外部電源から印加した。なお、以下の問いは標準状態で考えなさい。また、必要に応じて下記の標準反応ギブズエネルギー(standard Gibbs energy of reaction)の値を用いなさい。



- 4-1) ビーカーが $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1} \text{ Na}_2\text{SO}_4$ 水溶液で満たされ、電極がこの溶液に浸漬されているとき(状態A)の、ビーカー内の白金電極間の電位分布(potential profile between Pt electrodes)を模式的に図示しなさい。
- 4-2) 状態Aの電位分布がどのようにして形成されたのか、わかりやすく説明しなさい。必要に応じて図を用いること。
- 4-3) 状態Aにおいて、電極に印加している電圧を0.900 Vから2.50 Vまで上昇させた。印加電圧が2.50 Vに到達した時点で電位分布がどのようになっていると考えられるか、模式図とともに文章で説明しなさい。
- 4-4) 上記、印加電圧が2.50 Vとなっている状態で、2枚の白金電極の電位はそれぞれどのような値になっているか、想定しうる電位の範囲を答えなさい。
- 4-5) 状態Aにおいて、 Na_2SO_4 水溶液に替えて $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$ 水溶液に電極が浸漬されている状態で(状態B)、印加電圧を2.50 Vとしたときに2枚の白金電極の電位はそれぞれどのような値になっているか、想定しうる電位の範囲を答えなさい。

2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名：化学工学/Chemical Engineering

以下の4つの設問(Q.1-Q.4)より3問を選択し、解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 水平円管内の流動状態(flow states in a horizontal cylindrical pipe)について以下の問いに答えなさい。

1-1) 内径(inner radius) R の水平円管内を流体が層流で流れる(laminar flow)とき、管中心での速度(centerline velocity)を u_{\max} とすると、速度分布(velocity profile)は以下で表される。

$$u = u_{\max} \left\{ 1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right\}$$

この速度分布の概形を図示しなさい(draw a schematic diagram of the velocity distribution)。

1-2) 1-1)のとき(under the condition of 1-1)), 平均流速(average velocity) \bar{u} は u_{\max} の何%になるか計算しなさい。

1-3) 内径 R の水平円管内を流体が乱流で流れる(turbulent flow)とき、管中心での速度を u_{\max} とすると、速度分布は以下で表される。

$$u = u_{\max} \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{1/7}$$

この速度分布の概形を図示しなさい。

1-4) 1-3)のとき、平均流速 \bar{u} は u_{\max} の何%になるか計算しなさい。

1-5) 内径 30 mm の水平管内に密度(density) $9.00 \times 10^2 \text{ kg m}^{-3}$ 、粘度(viscosity) 0.050 Pa s の油を $8.1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ の体積流量(volumetric flow rate)でタンク A から 500 m 離れたタンク B へポンプで送る。ポンプの効率(pump efficiency)を 60% とすると、軸動力は何 kW 必要か計算しなさい(calculate the power needed to run the pump)。なお、管の両端はタンク A および B の液面下であり、タンク A および B の液面高さは等しく液面は大気圧にあるとする(oil surfaces in Tanks A and B are at the same height and atmospheric pressure)。

2018年9月・2019年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
科目名： 化学工学／Chemical Engineering

Q.2 物質の分離と精製(separation and purification of substances)について以下の問いに答えなさい。

- 2-1) 直径(diameter) d_p [m], 質量(mass) m [kg], 密度(density) ρ_p [kg m^{-3}]の球形粒子(spherical particle)を, 密度 ρ [kg m^{-3}]の流体中を沈降させる(settle in the fluid)。重力加速度(gravitational acceleration)を g [m s^{-2}]とすると, 粒子が受ける重力(gravity force) F_g [N]および浮力(buoyancy force) F_b [N]を d_p, ρ_p, ρ, g を用いて表しなさい。
- 2-2) 2-1)の状況で(in the situation of 2-1)), 球形粒子は流体から上向きの抵抗力(drag force) R [N]を受ける。 R は単位体積当たりの運動エネルギー(kinetic energy per unit volume)と投影面積(projected area)にそれぞれ比例(proportional)し, 比例定数(proportionality constant)を C_D とする。Reynolds 数が2以下のStokes 領域では,
- $$C_D = \frac{24}{Re}$$
- となる。このとき R を d_p , 流体の粘度(viscosity) μ , および粒子の落下速度(falling velocity) u を用いて表しなさい。
- 2-3) 20 °C の水($\mu = 0.0010 \text{ Pa s}$)に直径 0.010 mm 密度 $2.7 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ の微粒子を沈降させたときの終末速度(terminal velocity)を求めなさい。
- 2-4) 粘度 0.10 Pa s, 密度 $1.0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ の油の中で鋼製の球(spherical steel particle) (密度 $8.0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$) を沈降させたところ, 終末速度に達してから 10 cm の距離を沈降する(travel 10 cm)のに 5.0 min かった。この球の Stokes 径(Stokes diameter) [mm]を求めなさい。
- 2-5) 回転数(rotational speed) 15000 rpm の円筒型遠心沈降機(cylindrical centrifugal settler)の回転中心から 6.0 cm の位置における遠心効果(relative centrifugal force)を求めなさい。

2018年9月・2019年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学 / Chemical Engineering

Q.3 以下の液相定容反応(constant-volume liquid reaction)を、連続槽型反応器(continuous stirred-tank reactor, CSTR)および管型反応器(plug flow reactor, PFR)を用いて行う。このとき、以下の問いに答えなさい。

3-1) $A + B \rightarrow C$, 反応速度(reaction rate) $r_1 = k_1 C_A C_B$, 反応速度定数(reaction rate constant) $k_1 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ で表される反応1を考える。反応器にA,Bを供給濃度(feed concentration) $C_{A0} = C_{B0} = 2.0 \text{ kmol m}^{-3}$ で供給した際、Aの反応率(conversion) $x_{Af} = 0.80$ を得るのに必要な空間時間(space time) τ を、CSTRの場合およびPFRの場合それぞれに対して求めなさい。

3-2) $D + E \rightarrow F + G$ で表される反応2を考える。反応器にD,E,Fを $C_{D0} = C_{E0} = 2.0 \text{ kmol m}^{-3}$, $C_{F0} = 0.050 \text{ kmol m}^{-3}$ で供給すると、反応速度 r_2 はDの反応率 x_D に対して下表の通りに変化する。この条件下でDの反応率 $x_{Df} = 0.80$ を得るのに必要な空間時間 τ を、CSTRの場合およびPFRの場合それぞれに対して求めなさい。必要ならば図積分により近似値計算しなさい。

$x_D (-)$	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
$r_2 (\text{mol m}^{-3} \text{ s}^{-1})$	2.00	9.00	14.4	18.2	20.4	21.0	20.0	17.4	13.2

3-3) 粒子分散液(particle dispersion liquid)を反応器に供給する場合を考える。粒子が反応器に入ってから時間 t 経過後に反応器を流出する確率 P (probability P for the particle to pass through the reactor in time t) を、CSTRとPFRのそれぞれについてグラフで模式的に示しなさい(draw a graph schematically)。また、そのグラフ中に空間時間 τ を示しなさい。

3-4) 反応器に、原料溶液と粒径の揃った種粒子を連続的に供給して粒子を成長させる操作を考える。粒子の核生成や破碎は無視でき、種粒子の成長のみが起きる場合、得られる粒子の粒径分布はどのようなになるか、CSTRとPFRのそれぞれの場合について、定性的に説明しなさい。

2018年9月・2019年4月入学試験問題
 大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
 科目名: 化学工学/Chemical Engineering

Q. 4 ガラス(glass)に関する伝熱現象(heat transfer)について、以下の問いに答えなさい。ガラスの物性値は、密度(density) $\rho = 2.7 \text{ g cm}^{-3}$ 、熱伝導率(thermal conductivity) $\kappa = 0.76 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、定圧比熱(specific heat at constant pressure) $C_p = 840 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ とする。放射伝熱は考えない(ignore radiative heat transfer)。

4-1) 窓ガラス(window glass)を通した外気から室内への熱の流入(heat flow from outside to inside of a room)を考える。なお、空気の熱伝導率は $\kappa_a = 0.026 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、窓と外気の伝熱係数(heat transfer coefficient)は $h_e = 25 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 、窓と室内空気の伝熱係数は $h_i = 10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ とし、二重窓でのガラス2枚に挟まれた空気層の対流は無視する。

- 4-1-1) (a) 厚さ 4.0 mm のガラス1枚でできた窓、(b) 厚さ 8.0 mm のガラス1枚でできた窓、および(c) 厚さ 4.0 mm のガラス2枚の間に厚さ 10.0 mm の空気層(air layer)を挟んだ二重窓(double-pane window)の、総括伝熱係数(overall heat transfer coefficient)を求めなさい。
- 4-1-2) 外気温が 36 °C、室内温度が 26 °C のときの、窓ガラスを通して流入する熱の熱流束(heat flux)を、(a), (b), (c)それぞれについて求めなさい。
- 4-1-3) 窓ガラス表面上の外気の境膜厚さ(boundary film thickness) δ_e 、および窓ガラス表面上の室内空気の境膜厚さ δ_i を算出し、その大小関係の元となる原因を議論しなさい。

4-2) ガラスの球体(sphere)を沸騰した水中(in boiling water)で加熱する場合を考える。

- 4-2-1) ある時間 t でのガラスの中心からの位置 r における温度 $T(t, r)$ を、図 4.4a に模式的に示す。半径(radius) $r \sim r + \Delta r$ の球殻(spherical shell)の熱収支式(heat balance equation)を立てなさい。
- 4-2-2) 初期温度 $T(0, r) = 20 \text{ °C}$ 一様のガラス球体を $t = 0$ に沸騰水中に入れ、中心温度が $T(t, 0) = 80 \text{ °C}$ になるのに要する時間を求めなさい(estimate the time needed for the temperature to reach 80 °C at the center of the glass sphere)。なお、ガラス球体の半径は $R = 1.0 \text{ cm}$ であり、その表面温度は沸騰水中で $T(t, R) = 100 \text{ °C}$ ($t > 0$)に達しているとする。Fig. 4.4b の線図を用いて良い。

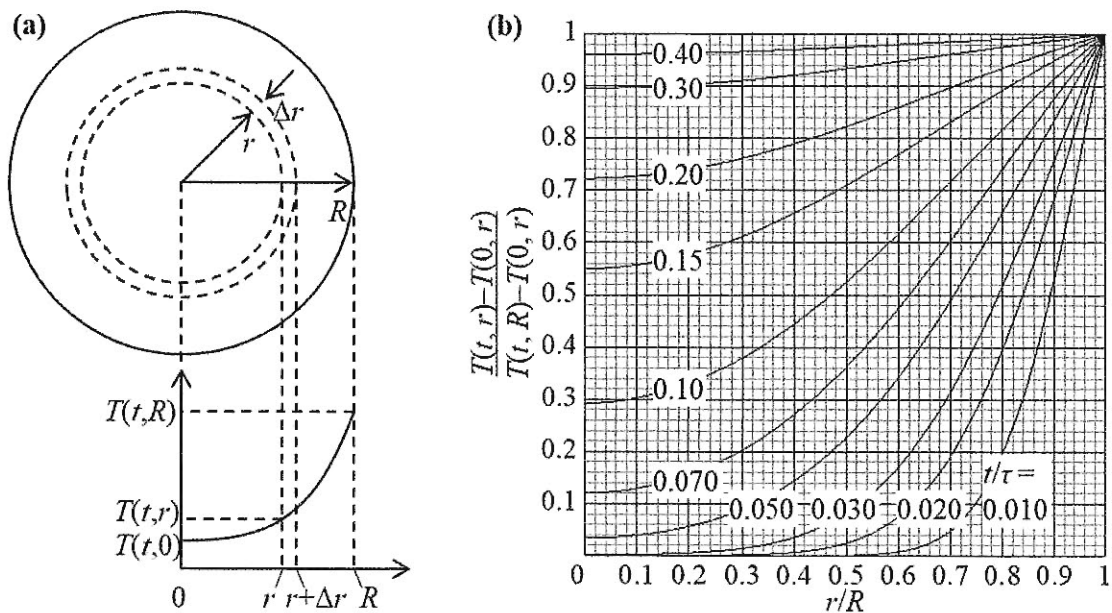


Fig. 4.4. ガラス球体中の温度分布

2018年9月・2019年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
科目名： 生物化学/Biochemistry

下記問題番号 Q.1~Q.3 の3題全てについて、解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 以下の説明文を読み、問いに答えなさい。

酵素(enzyme)の本体は (1a) で、触媒部位(catalytic site)と (1b) を含む (1c) が酵素反応を行う領域と考えられる。酵素の中には、モノマー酵素(単量体酵素, monomeric enzyme)のほかに、複数のポリペプチド(several polypeptides)が会合したもので、すなわち複数の (1d) から構成され、3次構造や4次構造(tertiary and quaternary structures) (問1-2)の変化によって活性が調節されるものがある。アロステリック酵素(allosteric enzyme)もその1つで、代謝産物(metabolites)によってフィードバック調節 (feed-back regulation) (問1-3)を受けることがある。アロステリック酵素について反応速度(enzymatic reaction rate)に影響を与える因子はエフェクター(effector)と呼ばれ、正と負の2種類のエフェクターがある。負のエフェクター (negative effector)はアロステリック酵素の (1c) とは異なる部位に結合することによって酵素活性を低下させるため、負のエフェクターによる活性の調節(活性の低下)は (1e) の型式による阻害(inhibition)と考えることもできる。

- 1-1) 上記の文章の (1a) ~ (1e) に当てはまる最も適切な用語(term)を書きなさい。
- 1-2) 3次構造と4次構造について説明しなさい。
- 1-3) 酵素に対するフィードバック調節は細胞では有利にはたらくことが多い。この理由を説明しなさい。
- 1-4) 種々の基質濃度(substrate concentration) [S] (横軸) に対して酵素の反応速度 v (縦軸) をプロットすると、酵素反応の特徴を示すグラフを描くことができる。このとき、Michaelis-Menten 型の速度式にしたがう酵素とアロステリック酵素の相違点がわかるように、それぞれのグラフの概形を描きなさい。

Q.2 以下の問いに答えなさい。

- 2-1) ある二本鎖 DNA(double-stranded DNA)について塩基組成(base composition)を調べたところ、シトシン(cytosine, C)の含量が21%であった。他の塩基の含量(%)を解答しなさい。塩基は下記のように略号(abbreviations)で示して良い。アデニン(adenine, A), チミン(thymine, T), グアニン(guanine, G), シトシン(C), ウラシル(uracil, U)。
- 2-2) タンパク質(proteins)や核酸(nucleic acids)などの生体高分子(biopolymers)の分画 (fractionation)や精製(purification)に使用される方法として、硫酸分画(ammonium sulfate fractionation)やゲル濾過クロマトグラフィー(gel filtration chromatography)がある。硫酸分画とゲル濾過では分離の原理(principles for separation)が異なることを示しながら、それぞれの特徴を説明しなさい。必要であれば、図を描いて説明しなさい。
- 2-3) DNA の大きさを測定する場合には、アガロース(agarose)を担体としたゲル電気泳動(agarose gel electrophoresis)が使用される。電気泳動によって DNA が分離され大きさが測定できる理由を簡潔に説明しなさい。
- 2-4) 大腸菌(*Escherichia coli*)を宿主(host)として異種遺伝子のクローニング(heterologous gene cloning)を行う場合、遺伝子組換え(gene recombination or genetic engineering)実験では制限酵素(restriction enzyme)やDNA リガーゼ(DNA ligase), プラスミド(plasmid)を使用する。それぞれの役割(roles)がわかるように、異種遺伝子のクローニングを行う方法(手順)を説明しなさい。必要であれば、図を描いて説明しなさい。

