

平成31年度先端技術科学教育部博士前期課程入学試験問題

専門科目（化学工学）

（一般入試）

（物質生命システム工学専攻 化学機能創生コース）

（注意事項）

1. 問題用紙および解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題用紙、解答用紙は、この表紙を除いて問題用紙 5 枚（解答用紙を含む）である。
3. 解答は、解答用紙の指定された番号の解答欄に書くこと。指定された解答欄以外に書いたものは採点しない。
4. 解答開始後、解答用紙の所定欄に受験番号をはっきりと記入すること。
5. 配付した用紙はすべて回収する。

受験番号	第	番
------	---	---

化学工学 その1

第1問 対流伝熱では温度 T_h [K] の高温流体と温度 T_c [K] の低温流体が固体壁を介して熱交換することで、流体の加熱や除熱が行われる。高温流体と固体壁が接する伝熱面積 A_1 [m²] を基準面積とするときの総括伝熱係数を U_1 [W/m²·K] とすると、伝熱速度 q [W]①が求まる。総括伝熱係数は各伝熱面の境膜伝熱係数の影響を大きく受ける②。境膜伝熱係数に影響を及ぼす因子を用いた次元解析により、無次元比例係数 α 、指数 x 、 y とすると、 $Nu = \alpha Re^x Pr^y$ ③が得られる。以下の設問に答えよ。

- (1) 下線部①の伝熱速度 q [W] を表す式を示せ。
- (2) 下線部②について、高温側の境膜伝熱係数 h_1 [W/m²·K]、低温側の境膜伝熱係数 h_2 [W/m²·K]、低温流体と固体壁が接する伝熱面積 A_2 [m²] とし、固体壁の伝熱抵抗が無視できるときの総括伝熱係数を表す式を示せ。
- (3) 下線部③式中の Nu 、 Re 、 Pr は化学工学で重要な無次元数である。これら無次元数の名称、および、流体の密度 ρ [kg/m³]、粘度 μ [Pa·s]、定圧比熱容量 c_p [J/kg·K]、熱伝導度 k [W/m·K]、平均流速 \bar{u} [m/s]、管内径 d [m]、境膜伝熱係数 h [W/m²·K] を用いて、それぞれの無次元数を表す式を示せ。

[第1問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

化学工学 その2

第2問 直径 D_1 [m]の球体恒久熱源が熱伝導度 k [W/m·K]の断熱材により覆われている。この球体恒久熱源から断熱材外表面への伝熱が定常状態であるとき、伝熱速度 q [W]を求めよ。ただし、断熱材厚さ x [m]、球体と断熱材接触面温度 T_1 [K]、外表面温度 T_2 [K]とする。

[第2問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

化学工学 その3

第3問 下式で表されるラングミュア型吸着等温式に関する以下の設問に答えよ。ただし、 q は吸着量、 q_m は飽和吸着量、 a は平衡定数、 p は平衡分圧を表す。

$$q = \frac{q_m a p}{1 + a p}$$

- (1) ラングミュア型吸着等温式を導出するために必要な仮定を示せ。
- (2) 実験で得られた吸着等温線がラングミュア型であった場合、 q_m と a を求める方法を説明せよ。

[第3問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

化学工学 その4

第4問 下式で表される遠心効果 z_c に関する以下の設問に答えよ。ただし、 r は中心点からの距離、 ω は角速度、 g は重力加速度を表す。

$$z_c = \frac{r\omega^2}{g}$$

- (1) 内径 16.0 cm、回転数 36000 r.p.m. の円筒型サイクロンの内周壁の内側 2.0 cm の位置における z_c を有効数字 2 桁で求めよ。なお、 g には 9.8 m/s^2 を用いよ。
- (2) サイクロンでは遠心力により大きな遠心沈降速度を得ている。 z_c に注目して遠心力と重力による沈降速度を比較して、説明せよ。

[第4問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

化学工学 その5

第5問 液相反応によって、物質Aから物質Bを得る反応がある。Aの初期濃度を 0.850 mol/L とし、回分式反応装置を使ってこの反応を行った。以下の設問に答えよ。数値は有効数字3桁で示せ。

- (1) 反応開始15分後にAの濃度が 0.532 mol/L まで減少していた。この反応が一次反応であるとして反応速度定数を求めよ。
- (2) (1)の結果から推定される反応開始50分後のAの濃度を求めよ。
- (3) 反応開始50分後に測定したAの濃度は 0.284 mol/L であった。検討の結果、本反応が二次反応であることが判明した。正しい反応速度定数の値を求めよ。
- (4) 反応速度定数の温度依存性を表す式を得るための一般的な実験手順および解析方法の概要を説明せよ。

[第5問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---