

本試験の平均点を  $M$ , 標準偏差を  $\sigma$  とするとき,  $\{M - (\sigma/2)\}$  以上の得点者には平常点 0 でも単位を与える。  
 $\{M - (\sigma/2)\} = \gamma(0.8 \times \text{宿題満点} + 0.2 \times \text{出席満点})$  で係数  $\gamma$  を決定して加算。平常点満点なら本試験得点 0 でも単位を与える。  
 各宿題は努力点で評価され, 全提出で宿題合計点  $\approx 0$  の履習者も少なくない。偽装出席者は減点した。

有効数字は断りのない限り 3 桁とし, 下記以外の定数は必ず誘導して用いよ。

Avogadro 数  $N = 6.0220 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   $T$ ; 絶対温度  
 Faraday 定数  $F = 9.6485 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 Boltzmann 定数  $k_B = 1.3807 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

1. 平面 6 原子分子ジクロロエチレンの永久双極子モーメント  $\mu$  [計 16 点]
  - 1.1 素電荷  $e/C$  を導け (有効数字 5 桁). [2 点]
  - 1.2 結合距離/pm は  $C=C$ ; 135,  $C-H$ ; 110,  $C-Cl$ ; 110, 結合角はすべて  $120^\circ$ , 結合電子の偏りは  $C-0.05e-H+0.05e$ ,  $C+0.40e-Cl-0.40e$  で近似されるとき, 考えるすべての異性体に対して  $\mu/C \cdot m$  を示せ. [10 点]
  - 1.3 永久双極子と対比し, 誘起双極子について説明せよ (50 字以内). [4 点]
2. 立方最密充填球 A の 6 配位空隙へ侵入する異種球 B [計 16 点]
  - 2.1 A と B の立体配置を, 6 配位が視認できるよう描け (単色不可. 定規使用). [4 点]
  - 2.2 空隙にぴったり収まる B の半径  $R_B$  と A の半径  $R_A$  の比を示せ. [8 点]
  - 2.3 同種類の全空隙を B が占めるとき, B/A の個数比を示せ. [4 点]
3. 実在気体と液化, 臨界温度  $T_c$  [計 20 点]
  - 3.1 2 つの定数  $a/\text{atm} \cdot \text{dm}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$ ,  $b/\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$  を導入した van der Waals の状態方程式を示し, 説明せよ. [8 点]
  - 3.2 モル体積  $V_m$  を横軸, 圧力  $P$  を縦軸とする平面上に  $T_c$  以上での等温圧縮曲線を描き,  $V_m$  の減少にともなう理想気体挙動からのずれを説明せよ. [4 点]
  - 3.3  $T_c$  以下での等温圧縮曲線を別の  $V_m-P$  平面上に描き, その温度での気液平衡圧力  $P_{eq}$  を示すとともに, 液化と気化に際する非平衡現象を説明せよ. [8 点]
4. 半導体のシリコン結晶 [計 14 点]
  - 4.1 全 Si 原子が  $sp^3$  結合した Diamond 型結晶格子を描け (定規使用). [4 点]
  - 4.2 n-Si の電気伝導率に対する不純物準位  $E_D$ , 不純物濃度  $n_D$ , 温度  $T$  の影響について, 適切な図も加えて説明せよ. [10 点]
5. 水素の酸化反応:  $H_2(g) + (1/2)O_2(g) \rightarrow H_2O(liq)$  [計 20 点]
  - 5.1 気体定数  $R/J \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1}$  を導け (有効数字 5 桁). [2 点]
  - 5.2 系が外界に対してなす体積仕事量  $w^\circ_{PV,298}/kJ \cdot \text{mol}(H_2)^{-1}$  を 298 K, 1 atm の定温定圧条件下で求めよ. [4 点]
  - 5.3 同条件下で系の内部エネルギー増加量  $\Delta U^\circ_{298}/kJ \cdot \text{mol}(H_2)^{-1}$  を求めよ. この反応に対して,  $\Delta H^\circ_{298}/kJ \cdot \text{mol}(H_2)^{-1} = -285.75$  である. [4 点]
  - 5.4 系が外界に対して  $+180.00 kJ \cdot \text{mol}(H_2)^{-1}$  の電気仕事もなす燃料電池の場合, 外界から系へ移動する熱量  $Q_{180}/kJ \cdot \text{mol}(H_2)^{-1}$  を示し, 論述せよ. [10 点]
6. A の競争的分解反応 (いずれも A の 1 次反応):  $A \rightarrow B + C$  と  $A \rightarrow 2D$  [計 14 点]
  - 6.1 A の濃度  $A$  と反応時間  $t$  の関係を微分方程式で示せ. 両反応の速度定数は順に  $k_1, k_2$  とする. [2 点]
  - 6.2 A の濃度が初濃度  $A_0$  の 1% となるまでの分解時間  $t_{0.99}$  を示せ. [8 点]
  - 6.3 上の時点での D の濃度  $D_{0.99}$  を  $k_1, k_2, A_0$  で表せ. [4 点]

以上

1.1 または 5.1 に自信ある解答ができない場合には, 必ずその旨を明記し,  $e/C \approx 2 \times 10^{-19}$ ,  $R/J \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1} \approx 1 \times 10^1$  の近似値を用いよ. 以下で部分点を得る可能性がある。