

令和8年度専攻科入学者選抜検査

(学力一次) 検査問題

生産工学専攻

(環境材料工学コース)

専 門 科 目

(検査時間 120分)

(注)

- 1 問題用紙は、表紙を含めて1～5ページです。
- 2 4科目（金属材料学、無機材料学、有機化学、材料加工学）
すべてに解答してください。
- 3 電卓は、貸与したものを使用してください。
- 4 解答は、全て解答用紙に記入してください。
- 5 検査終了後、検査問題は持ち帰ってください。

科目名：金属材料学

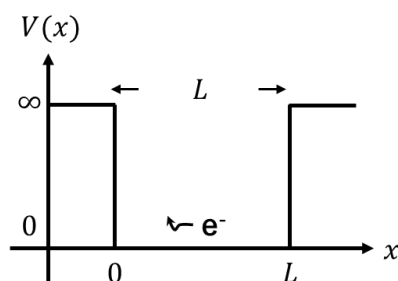
1. 3 [mol] の純銅を 25 [°C] から 1200 [°C] まで変化させるために必要なエンタルピー量を有効数字 3 桁で答えなさい。必要であれば解答用紙に示す式を用いてもよい。
2. アルミニウムについて、解答用紙の説明文の括弧を有効数字 3 桁で埋めなさい。但し、解答に至った過程についても説明すること。
3. 鋼について次の問いに答えなさい。
 - (1) 解答欄の括弧を適切な語句および数値で埋めなさい。
 - (2) 300 [g] の Fe-1.0 [wt.%]C 合金を 1000 [°C] から室温まで徐冷した。この時形成される組織名を答えなさい。
 - (3) Fe₃C が Fe-C 二元系状態図上に出現する炭素濃度[wt.%]を有効数字 3 桁で答えなさい。必要であれば解答用紙に示す値を用いてもよい。
 - (4) (2) の状態において Fe₃C は何[g]存在するか有効数字 3 桁で答えなさい。ただし α 相への炭素固溶量は最大固溶量と同等とし、Fe₃C の組成は (3) で求めた値を用いることとする。
 - (5) 解答用紙に記載されている組織および相は拡散現象の観点からどのような条件において形成されるか答えなさい。
4. 金属材料の変形について次の問いに答えなさい。
 - (1) 1000 [°C]における純鉄のすべり面をミラー指数で明記し、それら全てについて図示しなさい。ただし、すべり系はその温度における結晶構造の最密面と最密方位のみから予想されるとき、面の表裏は区別しないものとする。
 - (2) (1) の状態における単位すべり量を有効数字 3 桁で答えなさい。必要であれば解答用紙に示す値を用いてもよい。

科目名：無機材料学

1. ナトリウム結晶は体心立方構造をとる。また原子 1 つにつき、1 つの電子を結晶中に放出するとする。このとき、解答用紙記載の情報を用い、以下のナトリウムについての物性値を算出なさい。

- (1) 格子定数 a [nm]
- (2) 自由電子密度 n [/cm³]
- (3) 導電率 σ [/Ω cm]
- (4) 緩和時間 τ [s]

2. 時間に依存しないシュレディンガー方程式



$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \varphi(x)}{dx^2} + V(x) \varphi(x) = E \varphi(x)$$

を用いて、一次元の井戸型ポテンシャル中の電子波動関数 $\varphi(x)$ について、左図の状況を用いて考える。

ポテンシャル $V(x)$ について、

$$\begin{aligned} V(x) &= 0 \quad (0 < x < L) \\ &= \infty \quad (x \leq 0, x \geq L) \end{aligned}$$

の条件がある。 $\hbar$ はディラック定数である。

- (1) $0 < x < L$ の領域においてシュレディンガー方程式を考え、エネルギー E を波数 k と電子質量 m を必ず用いて導出なさい。必要に応じ、微分方程式の仮定解 $\varphi(x) = A \sin kx + B \cos kx$ ($A \geq 0, B \geq 0$ と仮定する) を用いなさい。
- (2) $x = 0$ または $x = L$ の境界条件を考え、 $\varphi(x)$ を自然数 n と定数 A を必ず用いて表しなさい。
- (3) 規格化条件 $\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi(x)|^2 dx = 1$ を考慮し、 $\varphi(x)$ を L と自然数 n を必ず用いて表しなさい。必要に応じ、三角関数の関係式 $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$ を用いなさい。

3. 以下の語句を説明しなさい

- (1) N型半導体 (シリコン), (2) 有効核電荷, (3) 第一イオン化エネルギー

科目名：有機化学

1. 解答欄に示す名称の有機化合物の構造式を書きなさい。
2. 構造未知のアルケンをオゾン、それから亜鉛と水で処理したとき、アセトンが2等量生成された。このアルケンの構造式と IUPAC 名を記しなさい。
3. ベンゼンから (1) *p*-ニトロトルエンと (2) *m*-ブロモアニリンをそれぞれ合成する反応経路 (化学反応式) を書きなさい。 反応試薬も記述すること。ただし、全ての過程で反応試薬と反応して生成する化合物は1置換体の化合物として考えなさい。
4. 以下の設問に答えなさい。
 - (1) *p*-クロロニトロベンゼンに求核試薬 (OH^-) が反応したときの生成物を書きなさい。
 - (2) (1) の反応の中間体陰イオンについて、共鳴に寄与する極限構造式を書きなさい。
(注意：左右対称の共鳴構造は省略可。)
 - (3) *m*-クロロニトロベンゼンでは求核試薬 (OH^-) とは反応が起こりにくい。
この理由を中間体陰イオンの共鳴に基づいて説明しなさい。
5. 2-ブロモ-2-メチルブタンをメタノールに溶解すると $\text{S}_{\text{N}}1$ 反応生成物と $\text{E}1$ 反応生成物が生じる。ただし、 $\text{E}1$ 反応生成物は一種類ではない。考えられる全ての構造式を書きなさい。また、 $\text{E}1$ 反応生成物では主生成物を区別して書き、その IUPAC 名も書きなさい。
6. 次の化合物を塩基として強い順に並べなさい。
アニリン、アンモニア、*p*-クロロアニリン、トリエチルアミン ($(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$)
7. 以下の設問に答えなさい。
 - (1) 成分元素が炭素と水素から成るある化合物を完全に燃焼した。生じた気体を塩化カルシウム管、ソーダ石灰管に通したら、それぞれの質量が 0.540 [g]、1.760 [g] 増加した。この化合物の分子量が 108.0 であるとき、組成式と分子式を求めなさい。計算過程も記述すること。(水素の原子量=1.0 炭素の原子量=12.0)
 - (2) 解答欄に示す官能基 (置換基) の名称とその置換基のベンゼン誘導体が *o,p*- 配向性か、*m*-配向性かについての区別をつけなさい。(解答欄に *o,p*-、*m*-のどちらかを選択して○で囲むこと)。

科目名：材料加工学

1. 次の問いに答えなさい。

- (1) 「ストレッチャー・ストレイン」について説明し、問題点とその対策を述べなさい。
- (2) 「デッドメタル」について、発生原因などを詳しく説明しなさい。
- (3) 塑性加工による延性破壊のメカニズムを微視的観点から説明しなさい。
- (4) 「コットレル効果」とはどのような現象であるか説明しなさい。

2. ある金属の変形抵抗曲線が σ [MPa] = $150 \cdot \varepsilon^{0.25}$ で与えられている。次の問いに答えなさい。但し、 σ は真応力、 ε は対数ひずみとし解答は単位に対して小数点第 1 位までとする。

- (1) 引張変形においてくびれが生じる変形ひずみを公称ひずみ [%] で示しなさい。
- (2) (1) の材料に対して、引張方向に 15 [%] の公称ひずみを与えた後、圧縮方向に 30 [%] の公称ひずみを与えた。この変形における塑性ひずみ ε [%] の絶対値を求めなさい。
- (3) (2) のとき、この材料の変形仕事 W [MPa] を求めなさい。
- (4) この材料に 50 [MPa] の変形仕事を与えた場合、材料に生じる温度上昇を求めなさい。但し、変形は断熱状態で行われ、材料の体積は 20 [mm³] である。また、この材料の比熱は $c = 0.91$ [J/g·°C]、密度は $\rho = 2.8$ [g/cm³] とする。

3. ある物体に主応力 $\sigma_1 = 150$ [MPa]、 $\sigma_2 = 100$ [MPa]、 $\sigma_3 = -25$ [MPa] が作用している。次の問いに答えなさい。但し、解答は単位に対して小数点第 2 位までとする。

- (1) 平均垂直応力 σ_m [MPa]、偏差応力 σ_1' [MPa]、 σ_2' [MPa]、 σ_3' [MPa] を求めなさい。
- (2) この応力状態において σ_1 方向に 2.0% の伸びが確認されたとき、 σ_2 および σ_3 方向のひずみ増分 [%] をそれぞれ求めなさい。
- (3) この物体の単軸降伏応力が $Y = 160$ [MPa] とすると、この応力状態において塑性変形が生じるかどうかをトレスカとミーゼスの降伏条件式に当てはめ判断しなさい。

4. 主応力 $\sigma_1 = 200$ [MPa] および $\sigma_2 = -20$ [MPa] の平面応力が作用している材料がある。次の問いに答えなさい。但し、解答は単位に対して小数点第 1 位までとする。

- (1) σ_1 の作用面から反時計回りに 30° 傾斜した面の応力 σ [MPa] および τ [MPa] を求めなさい。
- (2) 垂直応力が 0 [MPa] となる面の方向 [deg.] およびその面に生じるせん断応力 τ [MPa] の値を求めなさい。