

受検番号	
------	--

令和2年度(前期)  
専攻科入学者選抜学力検査問題  
物質工学専攻  
専門(材料工学系)

総 得 点	

出題5問中、4問を選択し解答すること。  
なお、選択した問題4問の番号を下の□に記入すること。

選択した4問の番号				
得点欄	※	※	※	※

※印欄は、記入しないでください。

(注 意)

- 1 検査問題用紙は指示があるまで開かないこと。
- 2 検査問題用紙は 1 ページから 5 ページまでである。  
検査開始の合図のあとで確かめること。
- 3 定規、コンパス、物差し、分度器及び計算機は用いないこと。
- 4 受検番号は検査問題表紙及び全ての検査問題用紙に記入すること。

久留米工業高等専門学校

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題1. 純鉄の状態図に関する以下の問いに答えよ。(25点)

(1) 純鉄は、温度や圧力の変化に伴って結晶構造が可逆的に変化する。この現象を何と呼ぶか。

(2) 領域 I、II、III で示される相の名称ならびにそれらの結晶構造を答えよ。

領域	相の名称	結晶構造
I		
II		
III		

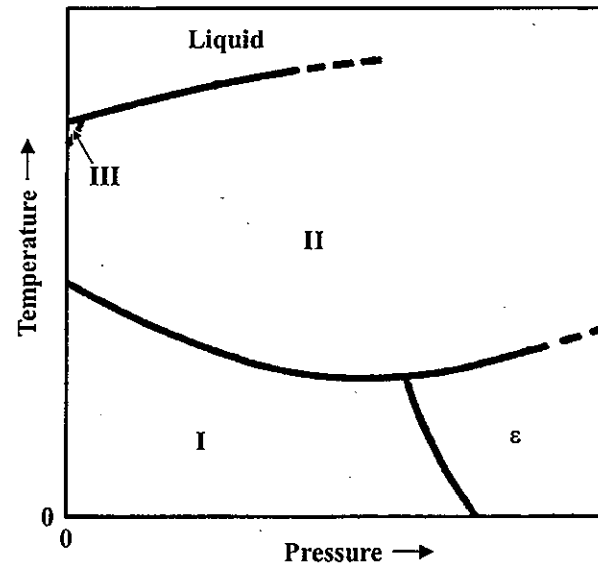


図1

(3) 常圧下における純鉄の融点ならびに領域 I から領域 II への変態温度をそれぞれ答えよ。

融点：

変態温度：

(4) 図中 ε は高圧下で生じる相であり、その結晶構造は hcp である。hcp の単位格子に属する原子数と配位数をそれぞれ答えよ。

単位格子に属する原子数：

配位数：

(5) 領域 I と ε 相の境界線上での自由度を答え、そこでの相の状態を説明せよ。

(6) 自由度が 0 (ゼロ) になる領域を図中に示し、そこでの相の状態を説明せよ。

(7) 金属の変態点を測定するためには熱分析がよく用いられる。これ以外に、相変態を調べる際に利用される手段を2つ挙げよ。

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題2. 次の問いに答えよ。(25点)

(1) 非酸化物セラミックスに関する以下の記述のうち、正しいものには○、誤っているものには×を解答欄左に記入せよ。また、誤っている場合は、その理由を解答欄右に説明せよ。

- ① 非酸化物セラミックスは、半金属性元素により構成される物質のことである。
- ② 非酸化物セラミックスには、金属性元素と非金属性元素間の化合物がある。
- ③ 非酸化物セラミックスは、構成元素の拡散係数が大きく難焼結性であるため、焼結や緻密化に特殊な技術が必要となる。
- ④ 非酸化物セラミックスの焼結は、酸化を抑えるために真空や活性ガス雰囲気中で加熱される。

①		
②		
③		
④		

(2) ダイヤモンド結晶の単位格子に関する以下の文章を読んで、(ア)～(エ)の問いに答えよ。

ダイヤモンドは炭素(C)の同素体で、1つのC原子の周りに4つのC原子が結合した正四面体構造を基本としており、ダイヤモンド構造と呼ばれる結晶である。その単位格子は3本の等しい長さの稜を持ち、3つの軸角はすべて90°の立方晶系に属する結晶構造である。

(ア) 格子定数を $a$ 、C-C結合の距離を $d$ とする。 $a$ と $d$ の関係を文字式で表せ。ただし、平方根が必要な場合はそのまま用いよ。

(イ) ダイヤモンドの格子定数は $a=3.57 \text{ \AA}$ である。C-C結合距離 $d$ は何nmか、計算過程を示して有効数字3桁で求めよ。ただし、平方根が必要な場合は $\sqrt{2}=1.41, \sqrt{3}=1.73$ を用いよ。

(ウ) 単位格子中に含まれるC原子の数は何個か、計算過程を示して答えよ。

(エ) ダイヤモンドの密度は何 $\text{g/cm}^3$ か、計算過程を示して有効数字3桁で求めよ。ただし、C原子量は $M_C=12$ 、アボガドロ定数は $N_A=6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

得点

問題3. 次の問いに答えよ。(25点)

(1) 固体金属材料の拡散の機構を4通り上げ、その中で最も支配的な機構に○印を付けよ。

(2) 拡散を表す代表的な式にフィックの法則がある。(式1)で示されるフィックの第一法則において、 $C$ : 濃度 [mol/m<sup>3</sup>]、 $x$ : 距離 [m] とすると  $J$ 、 $D$  が示すものとその単位を答えよ。

$$J = -D \frac{dC}{dx} \quad (\text{式1})$$

(3) 多結晶金属材料の強化方法として結晶粒の微細化がある。降伏応力を  $\sigma_y$ 、結晶粒径を  $d$  とすると、両者の関係を表す式とその名称を示せ。また、その式に使われている記号についても説明せよ。(4) タングステンの原子半径 ( $r$ ) を 0.13 nm、原子量は 184 とする。タングステンの格子定数 ( $a$ ) と密度 ( $D$ ) を求めよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ 、アボガドロ数は  $6 \times 10^{23}$  として計算せよ。

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題4. 次の問いに答えよ。(25点)

- (1) 質量 10.0 g の FeO と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の混合物から 7.55 g の純粋な金属鉄が得られた。混合物中の FeO は何グラムであったか計算せよ。ただし、原子量は Fe=56、O=16 とする。

解:  g

- (2) ブタジエン (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>) はそれ自身と反応して、C<sub>8</sub>H<sub>12</sub> で表される二量体を形成する。この反応は C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> について二次であり、ある温度での速度定数は  $4.0 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$  である。また C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> の初期濃度は 1.2 M であり、逆反応は無視できるものとする。

(ア) 1分後の C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> のモル濃度を計算せよ。

解:  M

(イ) この反応の半減期を計算せよ。

解:  秒

- (3) 10 mM ギ酸と 80 mM ギ酸ナトリウムの緩衝液の pH を計算せよ。ただし、ギ酸の pK<sub>a</sub> は 3.74 であり、 $\log_{10} 2 = 0.30$  とする。

解: pH =

(4) 次の化合物の化学式を書け。

(ア) ヘキサアクアバナジウム(III)硝酸塩 →

(イ) テトラアンミンジブロミドコバルト(III)臭化物 →

(ウ) アンミニトリクロリド白金(II)酸カリウム →

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題5. 次の問いに答えよ。(25点)

- (1) 図1にエンジンの一部を示す。このシリンダーの内径  $D$  は 7.5 cm である。ガソリン燃焼時にシリンダー内の最高圧力 ( $P$ ) が 8.0 MPa となる。また、このエンジン上部にあるシリンダヘッドは4本のボルトで固定されている。安全係数  $n=5$  とした時、ボルトがこの圧力で破断しない直径  $d$  を求めよ。ただし、ボルトの引張強さ ( $\sigma_u$ ) は 450.0 MPa とする。また、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$  とする。

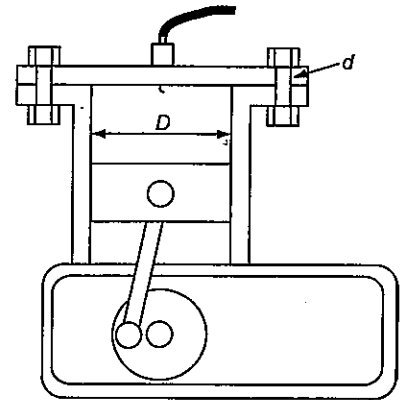


図1

- (2) 単軸降伏応力が 480 MPa の材料に対して、図2に示すように三軸方向から  $\sigma_x = -200$  MPa、 $\sigma_y = 200$  MPa、 $\sigma_z = 300$  MPa の応力を負荷した。この材料が降伏するかどうかトレスカおよびミーゼスの降伏条件を用いて判定せよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$  とする。

トレスカの降伏条件の場合

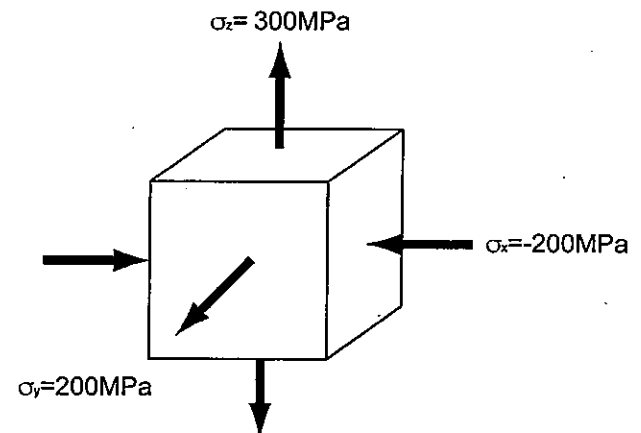


図2

ミーゼスの降伏条件の場合