

受検番号	
------	--

令和3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。

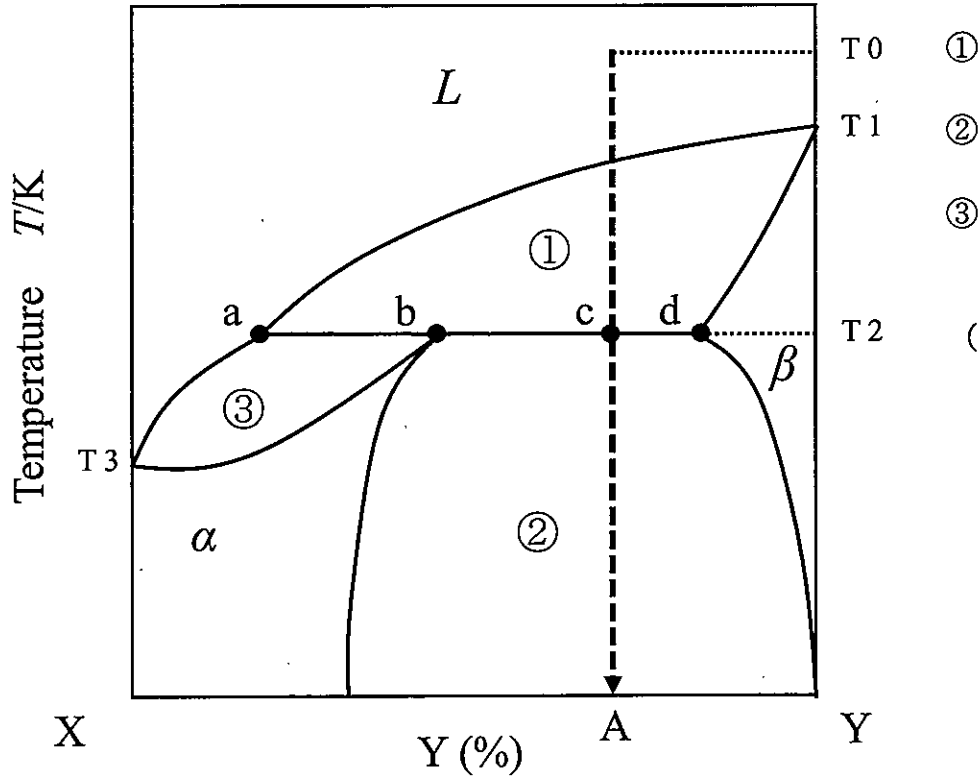
久留米工業高等専門学校

得

点

問題1. 下に示す X-Y 2 元系合金平衡状態図について次の問いに答えよ。(25点)

(1) 図中に示す①、②、③に存在する相を図中の記号を用いて示せ。



(2) A 組成の合金を温度 T0 から冷却する。温度 T2 で起こる不変系反応の名称とその反応式を示せ。

図 X-Y 2 元系合金平衡状態図

(3) A 組成の合金が温度 T2 直上の時に存在する相とその量比を図中の記号を用いて示せ。

(4) A 組成の合金が温度 T2 直下の時に存在する相とその量比を図中の記号を用いて示せ。

(5) 上の図と同じ不変系反応を含む合金状態図を持つ組み合わせはどれか。次の中から選び、○を付けよ。

- Al-Cu、 Al-Si、 Cd-Hg、 Cu-Sn、 Cu-Zn、 Fe-C、 Ni-Cu、 Pb-Sn

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題2. 必要に応じて次の値を用い、次の問いに答えよ。(25点)

(1) 熱力学第三法則を説明せよ。

1atm, 25°Cにおける各種数値

物質名	状態	ΔG_f^0 kJ/mol	ΔH_f^0 kJ/mol	S^0 J/K·mol
Fe	<i>s</i>	0	0	27.3
Fe ₂ O ₃	<i>s</i>	-739.44	-821.3	87.4
CO	<i>g</i>	-137.17	-110.5	197.6
CO ₂	<i>g</i>	-394.38	-393.5	213.7
C	<i>graphite</i>	0	0	5.740
O ₂	<i>g</i>	0	0	205.1

(2) 高炉法による鉄鋼製錬では、鉄鉱石(主成分: Fe₂O₃)を一酸化炭素で還元している。このときの反応式をかけ。

(3) 上記の反応の標準自由エネルギー変化を求めよ。

(4) 上記の反応の任意の温度における自由エネルギー変化は、以下のように書ける。

$$\Delta G = -17400 + 21.5T$$

このとき、この反応は発熱反応か、吸熱反応か、理由を含めて答えよ。

(5) 上記の反応に対して、圧力はどう影響するか、理由も含めて答えよ。

受検番号	
------	--

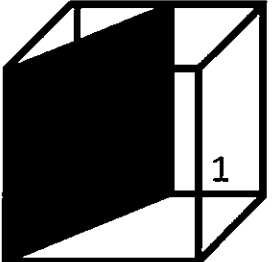
物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

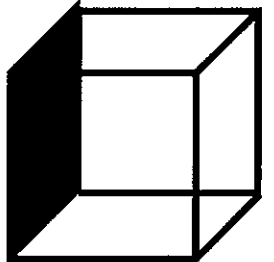
問題3. 次の問いに答えよ。(25点)

(1) 立方晶の単位格子の各ミラー指数を示せ。ただし、座標軸は図の通り、数字は辺の比を表す。

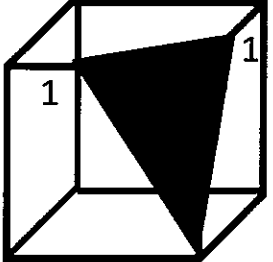
(i)

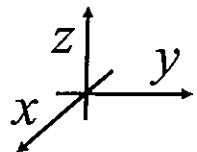


(ii)

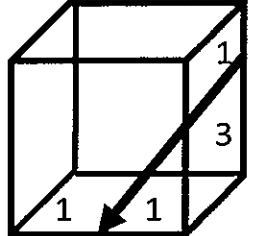


(iii)

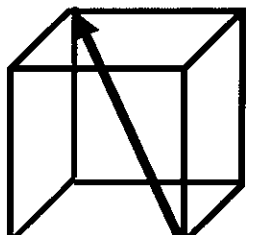




(iv)



(v)



(i)		(ii)	
(iii)		(iv)	
(v)			

(2) 空孔濃度の算出過程を以下に示す。空欄にあてはまる式を示せ。

結晶は絶対零度でないかぎり空孔が存在したほうが安定である。これを熱力学的に見る。自由エネルギー F は、内部エネルギーを U 、エントロピーを S 、温度を T とすると次のようになる。

(i)

まずは空孔ができることによる内部エネルギーの変化をみる。空孔ができると内部エネルギーは大きくなる。なぜなら空孔を一切含まない理想的な結晶が最もよい凝縮状態だからである。1つの空孔をつくるのに内部エネルギーが E 増加したとすると、 n 個の空孔ができると内部エネルギー U は

(ii) となる。

次にエントロピー変化を見る。空孔が存在すると、空孔を格子にランダムに配置するためのエントロピーが与えられる。ボルツマンの式 (ボルツマン定数: k) より全格子点に対する空孔の配置が ω 通りあるとすれば

(iii) となる。

N 個の原子があるとし、その中に n 個の空孔が存在するので ω は

(iv) 式

したがって S はスターリングの近似式 ($\log n! = n \log n - n$) によりまとめると、

$S =$ (v) となる。

またエントロピーは空孔が導入されたことにより熱振動が変化し、結果配置のエントロピー変化以外にも変化する。このエントロピーを S' とすると次のように書き換えることができる。

$S =$ (v) $+ nS'$

以上より、自由エネルギーを求めることができる。自由エネルギーが最も小さいところが平衡状態なので自由エネルギーを n で微分しまとめると、

(vi) $= 0$

から、 $n/(N+n) =$ (vii)

一般に空孔数 n は圧倒的に原子の数より少ないので c を空孔濃度とすると

$c =$ (viii)

となる。ただし、 A はエントロピー項とする。

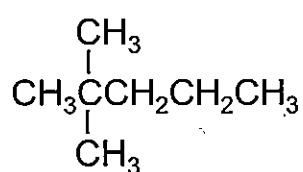
(i)		(ii)		(iii)		(iv)	
(v)		(vi)		(vii)		(viii)	

得	点

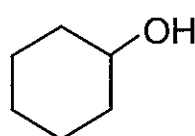
問題4. 次の問いに答えよ。(25点)

(1) 次の化合物の IUPAC 名を答えよ。

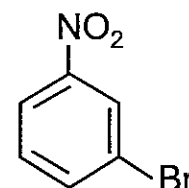
(ア)



(イ)



(ウ)



(2) 次の元素の基底状態の電子配置を記せ。たとえば炭素は $1s^2 2s^2 2p^2$ である。

(ア) フッ素

(イ) カルシウム

(3) 分子式 $\text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2$ をもつ化合物について、構造異性体を線結合構造ですべて示せ。また、その中に不斉炭素原子を含むものがあれば、その炭素原子を C^* で示せ。

(4) エタノールと酢酸の混合物を酸触媒下で加熱すると、酢酸エチルが生成する。示性式を用いて、この反応の化学反応式を示せ。

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題5. 次の(a)から(i)にあてはまる数式を求めよ。(25点)

(1) 図1に示す、物体にねじりモーメント T が負荷されている場合を考える。極断面係数を $Z_P (= \frac{D^3}{6})$ とする時、ねじり応力 τ_T を直径 D を用いて表わすと $\tau_T = (a)$ となる。次に、図2に示す同じ棒に垂直荷重 P を負荷する。直径 D と断面係数を $Z (= \frac{\pi D^3}{32})$ とする時、曲げ応力 σ_M を直径 D を用いて表すと $\sigma_M = (b)$ となる。安全率を考慮する場合は、例えば、上記求めた曲げ応力 σ_M を基準応力 σ_s として、安全率が1.2の時、許容応力 σ_a は $\sigma_a = (c)$ と表される。また、図3に示すように、ねじりモーメント T と垂直荷重 P が同時に作用する時、最大主応力 σ_1 をねじり応力 τ_T と曲げ応力 σ_M を用いて、表すと $\sigma_1 = (d)$ となる。

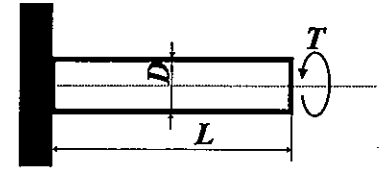


図1

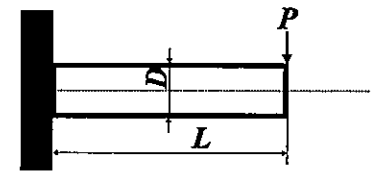


図2

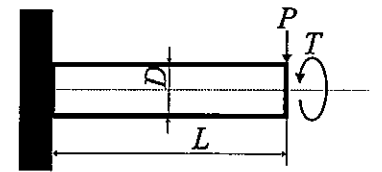


図3

(2) 2本の固定されていない丸棒 AB、BC が温度が ΔT °C 上昇した場合、棒の長さを L_1 、 L_2 、線膨張係数がそれぞれ α_1 、 α_2 ($\alpha_1 > \alpha_2$) とすると、棒 AB、BC の温度変化による伸び λ_{AB} 、 λ_{BC} は $\lambda_{AB} = (e)$ 、 $\lambda_{BC} = (f)$ となる。 ΔT °C 上昇した後圧縮応力が生じて、棒 AB の長さが $L_1 + \lambda$ となる時を考える。ヤング率を E とする時、棒 AB において生じる圧縮応力 σ_{AB} を、 E 、 L_1 、 λ 、 ΔT を用いて表すと $\sigma_{AB} = (g)$ となる。次に、 ΔT °C 上昇した後圧縮応力が生じて、棒 BC の長さが $L_2 - \lambda$ となる時を考える。ヤング率を E とする時、棒 BC において生じる圧縮応力 σ_{BC} は E 、 L_2 、 λ 、 ΔT を用いて、 $\sigma_{BC} = (h)$ となる。これらの情報をもとに、図4に示したように壁に固定した後、温度が ΔT °C 上昇した場合を考える。棒 AB、BC において直径をそれぞれ D_1 、 D_2 であり、ヤング率はともに E である。上記の σ_{AB} 、 σ_{BC} から計算される力が棒 AB、棒 BC 間の作用反作用の法則により等しい時、変位 λ は D_1 、 D_2 、 L_1 、 L_2 、 α_1 、 α_2 、 ΔT で表すと、 $\lambda = (i)$ となる。

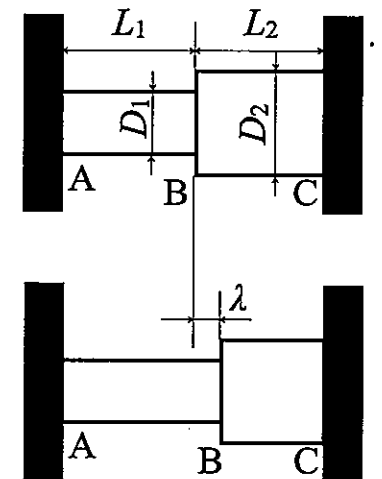


図4