

受験番号	
------	--

令和6年度
専攻科入学者選抜学力検査問題(後期)
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の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、分度器および計算機は用いないこと。
- 4 受験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

受験番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

問題1. 図は半導体センサー物質の一つであるMおよびX元素からなる化合物の単位格子である。ここで、MおよびX元素はそれぞれVIおよびIV族元素と仮定する。以下の問いに答えよ。解答に際し、原子座標は図の原点Oとしたデカルト座標系、数値は以下を利用すること。
 $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{5} = 2.2$, $\pi = 3.14$ (25点)

得	点

- (1) 単位格子の結晶構造の名称を右の解答欄へ答えよ。

解答欄

	型構造
--	-----

- (2) 単位格子中に含まれる各原子の原子数を計算し、下記解答欄へ算術式とその結果を示せ。

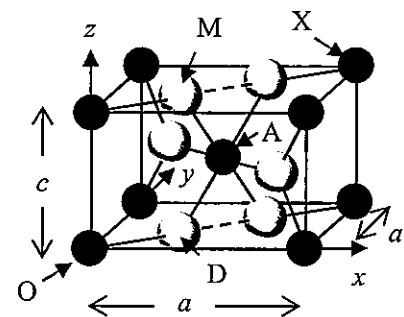


図 化合物の単位格子

解答欄

M原子の算術式：	M原子数：
X原子の算術式：	X原子数：

- (3) 設問(2)を参考に、化合物の化学式をMおよびXを使って右の解答欄へ示せ。

解答欄

--

- (4) 図のAで示す体心位置のX原子のみをV族元素で置き換え、不純物半導体を作製したと仮定する。この半導体化合物のタイプ(型)を右の解答欄へ答えよ。

解答欄

タイプ

- (5) 図のDで示す原子位置座標を $(\frac{a}{4}, \frac{a}{4}, 0)$ とする。O→D原子間ベクトルを下の解答欄へ示せ。格子定数を $a = 0.480 \text{ nm}$, $c = 0.360 \text{ nm}$ とするとき、O-D原子間距離を算術式とともに答えよ。

解答欄

O→Dベクトル：	
算術式：	
	O-D原子間距離= _____ nm

受験番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

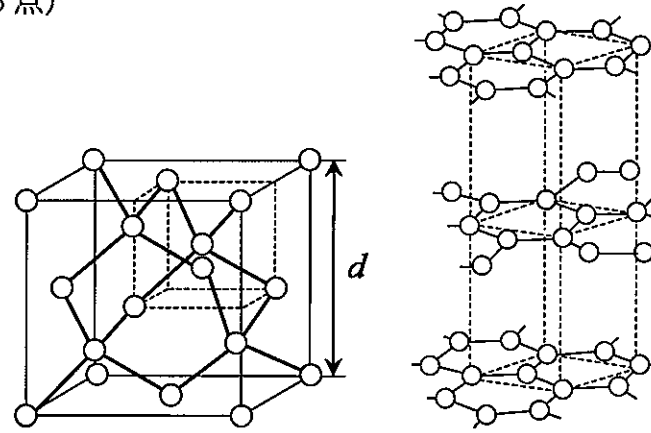
得	点

問題2. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(25点)

結晶には、鉄や銅のように金属原子が(ア)電子を共有してできる(イ)結晶や、ヨウ素のように(ウ)力によって結合した(エ)結晶、塩化ナトリウムのようにカチオンとアニオンが(オ)力によって結合した(カ)結晶、ダイヤモンドのように炭素同士が(キ)電子対を形成してできる(ク)結合結晶などがある。ダイヤモンドと黒鉛は、同じ元素からなる単体であるが、化学的性質が異なる同素体である。

図1と図2は、それぞれダイヤモンドと黒鉛の結晶構造を表したものである。ダイヤモンドの中の炭素原子は、(ク)個の価電子すべてを使って隣接する炭素原子と互いに結合している。

一方、黒鉛は(ク)個の価電子のうち(ケ)個が(キ)結合に使われ、炭素原子は正六角形の網目構造からなる平面状の層をつくる。残りの価電子は層内を自由に動き回ることができるため、(コ)性をもつ。また、層と層は(ウ)力で結合しているが、この力は(キ)結合よりもはるかに弱いため、層状にはがれやすい。



ダイヤモンド

図1

黒鉛

図2

(1) 空欄(ア)～(オ)に入る最も適切な語句または数値を記入せよ。

ア		イ		ウ		エ		オ	
カ		キ		ク		ケ		コ	

(2) ダイヤモンドの単位格子は図1のように見ることができる。この単位格子を構成する炭素原子間の最短距離を d を用いた式で表せ。なお、平方根が必要な場合は、その平方根を数値に直さずそのまま表記せよ。

(3) ダイヤモンドの単位格子中に含まれる炭素原子の数は何個か、計算過程を示して答えよ。

(計算過程)

個

(4) 黒鉛の単位格子は図2の点線で示した四角柱で表される。この単位格子中に含まれる炭素原子の数は何個か、計算過程を示して答えよ。

(計算過程)

個

受験番号	
------	--

得	点

問題3. 以下の問いに答えよ。(25点)

- (1) 断面直径がそれぞれ d_1 、 d_2 の丸棒1と丸棒2がある。 d_2 が d_1 の半分の時、丸棒2の断面二次モーメントは丸棒1の断面二次モーメントの何分の1となるか。なお、直径 d [mm] の断面を有する丸棒の断面二次モーメント I は、式(1)のように表される。答えは分数を用いて表せ。

$$I = \left(\frac{\pi d^4}{64} \right) \quad (1)$$

- (2) 図1に示すように、長さ100 mmで、圧縮強さ σ_B が400 MPa、ヤング率 E が200 GPaの丸棒の長手方向に対して、 1.00×10^3 Nの圧縮荷重 P を負荷する時を考える。座屈は生じないと仮定した時、圧縮荷重に耐えられる最小の丸棒直径 d [mm] を求めよ。円周率 π は3.14とし、有効数字は3桁とする。

$\sqrt{10} = 3.16$ 、 $\sqrt{3.14} = 1.77$ として計算せよ。答えは小数を用いて表せ。



図1 圧縮荷重を受ける丸棒

- (3) 図1に示すように、棒の両端は回転が可能である。また、オイラー座屈の公式における係数 c が1として与えられる。(2)と同様、長さ $l = 100$ mm、ヤング率 $E = 200$ GPa、円周率 $\pi = 3.14$ として、(2)で求めた最小の丸棒直径 d [mm] の時、座屈荷重 P_{cr} を求めよ。

- (4) (2) および (3) と同じ形状、材料、拘束条件の丸棒に対して徐々に荷重を負荷する時を考える。この時、丸棒は、座屈と圧縮荷重による破壊のどちらの形態で破壊するか、理由もあわせて答えよ。

受験番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題4. 以下の問いに答えよ。(25点)

- (1) 以下の文は、波動関数と量子数について説明したものである。空欄(ア)～(オ)に当てはまる最も適切な語句を記入せよ。

原子の構造についてのシュレーディンガーの量子力学モデルは波動方程式と呼ばれる微分方程式の形で組み立てられる。波動方程式の解は波動関数、あるいは(ア)とよばれ、 ψ という記号で表される。波動関数は量子数と呼ばれる3個のパラメータで特徴づけられ、(イ)量子数では(ア)の大きさが決まる。また(ウ)量子数では(ア)の三次元的形状が決まり、(エ)量子数では座標軸に関する(ア)の空間的な配向が決まる。また多電子原子においては単純な量子力学で予測されるより多くのエネルギー準位が存在しており、(オ)量子数と呼ばれる第4の量子数を考える必要がある。

ア		イ		ウ		エ		オ	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

- (2) 以下の文は、結晶場理論について説明したものである。空欄(カ)～(ケ)に当てはまる最も適切な語句を記入せよ。

結晶場理論は錯体中の結合を静電的な相互作用から生じるものとみて、配位子の電荷が金属イオンのd軌道のエネルギーに及ぼす効果を考察するモデルである。d電子は負の電荷をもつので、負の電荷をもつ配位子によって(カ)を受ける。したがって、d軌道のエネルギーは自由金属イオン中よりも錯体中では(キ)なる。しかし全てのd電子が同じ量だけエネルギーが(キ)なるわけではなく、直接配位子の方向を向いているd軌道のエネルギーは配位子の間の方向を向いているd軌道のエネルギーよりも大きく上昇する。d軌道の2つの組の間のエネルギーの分裂は(ク)と呼ばれ、金属錯体の色はd軌道の低いエネルギーの組と高いエネルギーの組の間の(ケ)によるものである。

カ		キ		ク		ケ	
---	--	---	--	---	--	---	--

- (3) 水素は、水蒸気-炭化水素改質プロセスによって工業的に生産されている。このプロセスの最初のステップは、以下の反応式で表される。



- ① 平衡定数 K_p を示せ。

$K_p =$

- ② 平衡定数 K_p と K_c の関係を示せ。

$K_p =$ $\times K_c$

「 専門（材料工学系） 」

訂正箇所	
2 ページ	2 問 15 行目
正	誤
残りの価電子は層の面方向に自由に動き回ることができるため、黒鉛は (コ) 性をもつ。	残りの価電子は層内を自由に動き回ることができるため、(コ) 性をもつ。

「 専門（材料工学系） 」

訂正箇所	
4 ページ	問 4 (1)
3 行目	
正	誤
<p>原子内の電子についてのシュレーディンガーの量子力学モデルは、波動方程式と呼ばれる微分方程式の形で組み立てられる。波動方程式の解は波動関数、あるいは<u>電子の</u> (ア) とよばれ、…</p>	<p>原子の構造についてのシュレーディンガーの量子力学モデルは波動方程式と呼ばれる微分方程式の形で組み立てられる。波動方程式の解は波動関数、あるいは (ア) とよばれ、…</p>

「 専門（材料工学系） 」

訂正箇所	
5 ページ	問題5 2 行目
正	誤
その含有量 0.02 <u>mass%</u> 以下のものを (2)、0.02~2.14 <u>mass%</u> までのものを (3)、2.14 <u>mass%</u> 以上のものを…	その含有量 0.02%以下のものを (2)、0.02~2.14 %までのものを (3)、2.14%以上のものを…

「 専門（材料工学系） 」

訂正箇所	
5 ページ	問 5 (2) 1 行目
正	誤
(2) 以下に示す各種金属材料 <u>(室温時)</u> について	(2) 以下に示す各種金属材料について