

切 り 離 さ な い こ と

2020年度専攻科入学者選抜学力検査問題・解答用紙

## 専 門 科 目

### 生産システム工学コース(Ⅲ群)

( 検査時間 10:00 ~ 12:00 )

( 注 意 )

- 1 「はじめ」の合図があるまで開かないこと。
- 2 専門科目の問題・解答用紙は、表紙(本紙)と問題・解答用紙からなっています。
- 3 下記の3科目の中から2科目を選択すること。
- 4 選択した科目の問題・解答用紙には必ず受検番号、氏名を記入すること。
- 5 問題・解答用紙は切り離さないで提出すること。
- 6 下記の表に受検番号、氏名を記入し、選択する科目名を○で囲むこと。

(※印の欄は記入しないこと)

受検番号		氏 名		※
------	--	-----	--	---

群	科 目 名
Ⅲ	材料化学(物理化学、有機化学) (※ )、 材料強度学(材料組織学、材料力学) (※ )、 材料物性学(材料物性) (※ )

仙台高等専門学校 生産システムデザイン工学専攻

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（1/6）		

■必要ならば以下の値を用いること

- 気体定数  $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

1 温度 300 K, 物質量 1 mol, 圧力  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}(=1 \text{ atm})$  の単原子理想気体がある。この気体を体積が 4 倍になるまで等温的に膨張させた。以下の問に答えなさい。

(1) 膨張後の圧力はいくらか。(5 点)

(2) この膨張が準静的である場合、仕事はいくらか。また、その時に周囲から吸収する熱はいくらか。(5 点 × 2)

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（2/6）		

2 エントロピおよび自由エネルギーに関する以下の間に答えなさい。

(1) 熱力学第一法則にエントロピ  $S$  の定義を代入すると次式を得る。

$$dU = TdS - PdV$$

ここで、 $U$  は内部エネルギー、 $T, P, V$  はそれぞれ温度、圧力、体積である。この式を用いて、理想気体の 1 mol あたりのエントロピが次式で与えられることを示しなさい。

$$S = C_v \ln T + R \ln V + S_0$$

ただし  $C_v$  は定積モル熱容量、 $R$  は気体定数、 $S_0$  は定数である。(10 点)

(2) ヘルムホルツの自由エネルギー  $A$  は次式で定義される。

$$A = U - TS$$

温度 300 K、物質量 1 mol、圧力  $1.013 \times 10^5$  Pa (=1 atm) の理想気体が 4 倍の体積まで等温膨張した時の  $A$  の変化はいくらか。(10 点)

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（3/6）		

- 3 アンモニア $\text{NH}_3$ 、窒素 $\text{N}_2$  および水素 $\text{H}_2$  の 1 atm, 298 K における標準生成エンタルピ  $\Delta H_f^\ominus$  と標準エントロピ  $S^\ominus$  が次表のように与えられている。

物質	$\Delta H_f^\ominus / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^\ominus / \text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46.11	192.5
$\text{N}_2(\text{g})$	0	191.6
$\text{H}_2(\text{g})$	0	130.7

この表の数値を用いて 1 atm, 298 K におけるアンモニアの標準生成ギブスエネルギーを求めなさい。(15点)

※  ※受検者は何も記入しないでください。

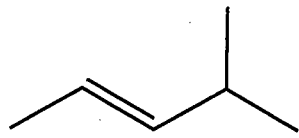
2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学 (物理化学、有機化学) (4/6)		

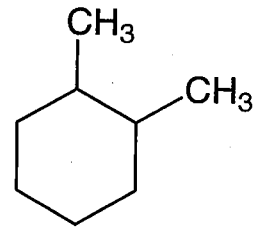
4 有機化合物の命名法と異性体について以下の問いに答えよ。

(1) つぎの化合物を命名せよ(立体配置は示さなくてよい)。(各2点, 計8点)

(i)



(ii)

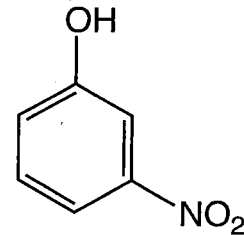
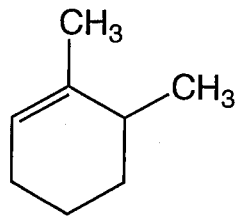


(i)

(ii)

(iii)

(iv)

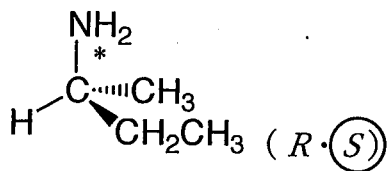


(iii)

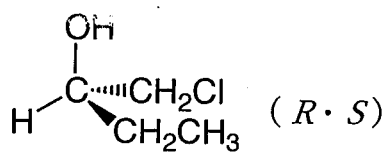
(iv)

(2) 解答例にならい, つぎの分子のキラル炭素に\*印をつけ, 立体配置を *RS*表示法により示せ。  
(各3点(キラル炭素1点, 立体配置2点)計9点)

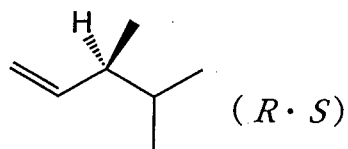
解答例



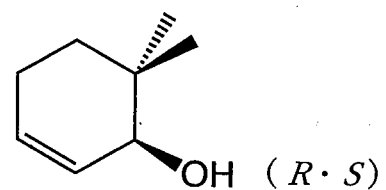
(i)



(ii)



(iii)



※

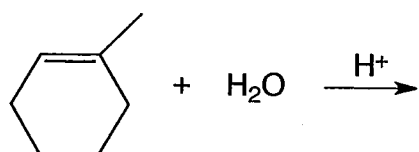
※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学 (物理化学、有機化学) (5/6)		

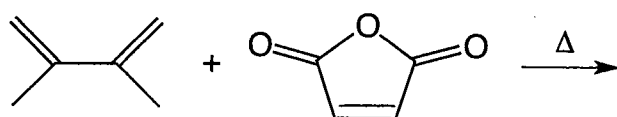
5 つぎの反応の主生成物を記せ。(5)については生成物の立体も示せ。(各5点, 計25点)

(1)



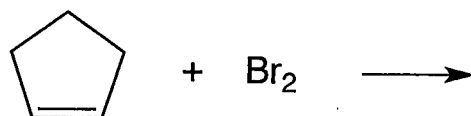
(1)

(2)



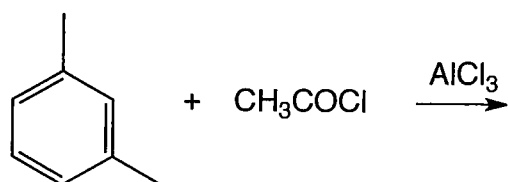
(2)

(3)



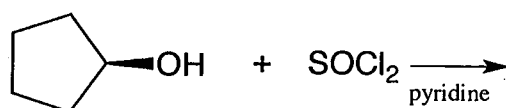
(3)

(4)



(4)

(5)



(5)

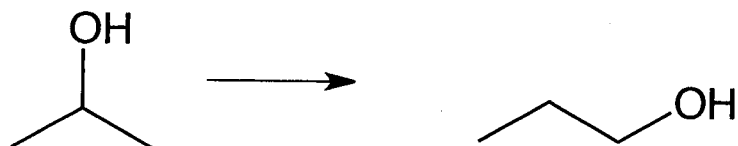
※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（6/6）		

6 つぎに示す出発物質から目的物を合成する経路を示せ(反応は複数段階必要である). (8点)



※  ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学（材料組織学、材料力学）（1/6）		

1 2成分系平衡状態図に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 以下の4つの不変系反応のみを含む2成分系状態図を図1-1の解答欄に図示しなさい。各反応は指定された組成で現れること、また、各反応が現れる温度は解答者が決めてよいこととする。(20点)

※指定した不変系反応が正しく描けている場合、1つにつき5点加点

※指定外の不変系反応が描かれていた場合、1つにつき5点減点

※相律に従わない状態図を描いた場合は不正解(0点)とする。

A-30at.%Bで共晶反応1つ、A-80at.%Bで包晶反応1つ、  
A-50at.%Bで共析反応1つ、A-40at.%Bで包析反応1つ

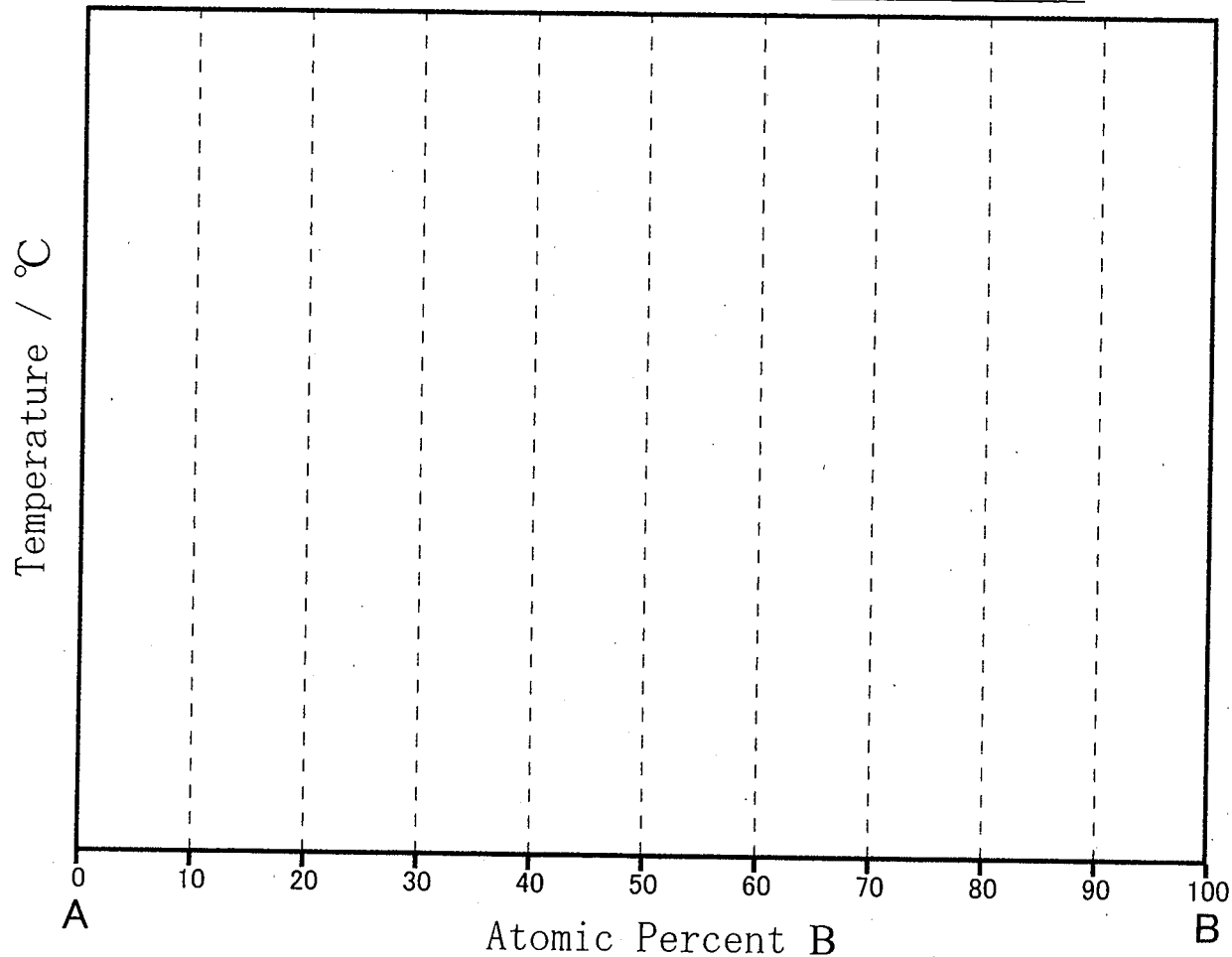


図1-1 2成分系状態図の解答欄

(2) 金属および合金の状態図においては一般に凝縮系の相律を用いるが、この凝縮系において自由度を求める式を示しなさい。解答にあたっては変数の定義を行うこと。(5点)

※

※受検者は何も記入しないでください。



2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学（材料組織学、材料力学）（2/6）		

2 固相中の核生成に関する以下の問いに答えなさい。

均一な過飽和固溶体中に半径 $r$ の球形固相の核が現れた場合、系の自由エネルギー変化は式 2-1 の様に表すことができる。ここで、 $\Delta G_V$  [J/m<sup>3</sup>]は核生成の駆動力で負の値、 $\Delta G_S$  [J/m<sup>3</sup>]は母相と新相の間の結晶構造や原子体積の違いのために新相の形成に伴い発生するひずみエネルギーで正の値である。また、 $\sigma$  [J/m<sup>2</sup>]は新相形成により生じる界面エネルギーである。

$$\Delta G_n = \frac{4\pi r^3}{3} (\Delta G_V + \Delta G_S) + 4\pi r^2 \sigma \quad (2-1)$$

この系に現れた核が円筒型（半径 $r$ 、長さ $l$ の円筒）であった場合、系の自由エネルギー変化が最大となる臨界円筒半径（ $r^*$ ）ならびにこの時の系の自由エネルギー変化（臨界核発生のための活性化エネルギー） $\Delta G^*$ を求めなさい。ただし、核生成・成長する核の円筒半径と円筒の長さの関係は常に $l=2r$ であるとする。また、計算の過程が書かれていない場合は不正解とする。

（核の臨界サイズ：10点、活性化エネルギー：5点）

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学（材料組織学、材料力学）（3/6）		

3 回復と再結晶に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 金属、合金を塑性加工すると、結晶内部に多量の点欠陥、転位が蓄積される。これを熱処理することにより、回復や再結晶などの現象が現れる。この回復現象について、素過程を説明しなさい。ただし、以下の言葉を使用して解答すること。(6点)

空孔、格子間原子、転位、交差すべり、上昇運動、消失源、熱平衡濃度、低エネルギー状態への再配列

(2) 以下の文章の下線部の一部に加工度と再結晶温度の関係について間違った説明が書かれている。以下の解答欄に書かれている文章の出だしと結びに合うように正しい文章を書きなさい。(4点)

「加工度が一定の場合、再結晶温度は初期粒径が小さいほど、加工温度が高いほど、焼鈍温度までの加熱速度が大きいほど、高温になる。」

加工度が一定の場合、

ほど、高温になる。

※

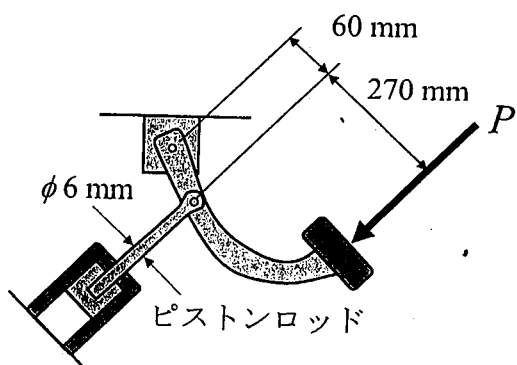
※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群	材料強度学 (材料組織学、材料力学) (4/6)
-----	--------------------------

- 4 下図のように踏み力  $P=36\text{ N}$  でブレーキペダルを押下げたときのピストンロッドに生じる圧縮応力を求めよ。  
 なお、押下げ方向とピストンロッドの長手方向は一致しているものとする。【15点】



答：圧縮応力 \_\_\_\_\_ MPa

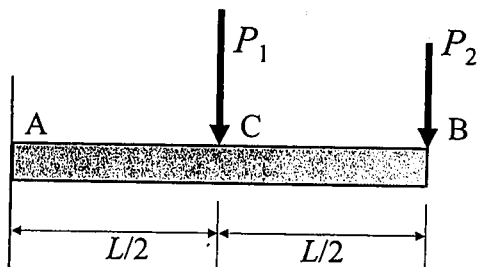
※ \_\_\_\_\_ ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群 材料強度学（材料組織学、材料力学）（5/6）

5 下図のように片持ちはり ACB に対して集中荷重  $P_1$ ,  $P_2$  が作用しているとき、自由端 B におけるたわみを求めよ。 $P_1=6 \text{ kN}$ ,  $P_2=4 \text{ kN}$ ,  $L=2 \text{ m}$  とし、ヤング率  $E=200 \text{ GPa}$ , 断面二次モーメント  $I=18.5 \times 10^6 \text{ mm}^4$  とする。【20点】



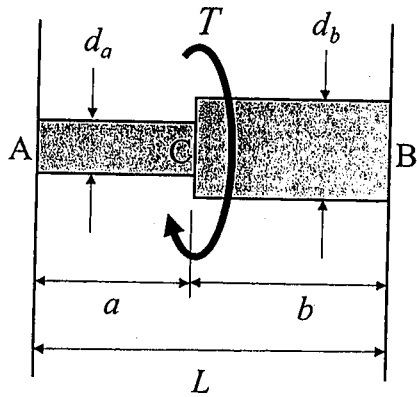
答：たわみ \_\_\_\_\_ mm

※ \_\_\_\_\_ ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学 (材料組織学、材料力学) (6/6)		

6 下図のように両端が固定された全長  $L$  の段付き中実丸棒  $AB$  は長さ  $a$ 、直径  $d_a$  の部材  $AC$  と長さ  $b$ 、直径  $d_b$  の部材  $CB$  で構成されているものとする。この丸棒に  $C$  点に対してねじりモーメント  $T$  を作用させたとき、部材  $AC$  と部材  $CB$  で同じ最大せん断応力となるようにしたい。そのときの部材  $AC$  と部材  $CB$  の長さの比を求めよ。【15点】



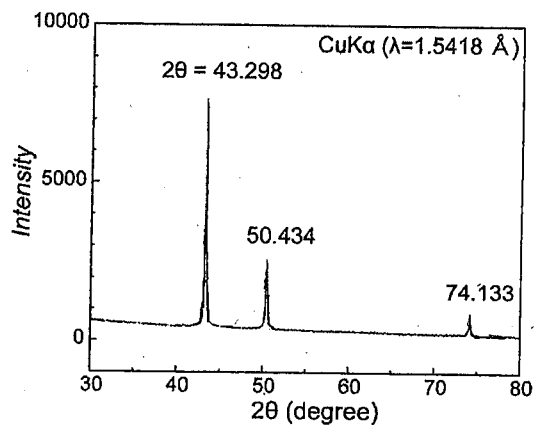
答：  $a:b=$  \_\_\_\_\_

※ \_\_\_\_\_ ※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料物性学 (材料物性) (1/3)		

1 右図は粉末X線回折により得られた銅 (Cu) のX線回折パターンである。Cuの結晶の単位格子が格子定数  $a = 3.6150 \text{ \AA}$  の面心立方格子であるとき、以下の設問に答えよ。ただし、X線の波長は  $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$  とし、立方格子の結晶面の面間隔  $d_{hkl}$  は、ミラー指数と単位格子を用いて、計算値として式(1-1)より求められる。計算過程や導出過程は省略せず、計算結果は有効数字3桁で記載すること。[計50点]



$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (1-1)$$

(1) 以下のミラー指数が示す結晶面をそれぞれ図示せよ。[各2点, 計10点]

① (101)		② (120)		③ (111)	
④ (222)		⑤ (221)			

(2) (110)面の面間隔  $d_{110}$  の値を計算し、(110)面のブラッグ角  $\theta$  を求めよ。[10点]

(3) 図中の一番強度の大きいピーク  $2\theta = 43.298$  の値から面間隔を求め、どの面からの回折かミラー指数で答えよ。[10点]

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料物性学 (材料物性) (2/3)		

(4) X線の回折強度は式(1-2)の構造因子 $F_{hkl}$ の絶対値の二乗 $|F_{hkl}|^2$ に比例する。消滅則により面心立方格子の(110)面の回折ピークは観測されない。このことを下式より導け。ただし、 $f$ は原子散乱因子、 $x_n, y_n, z_n$ は単位格子中の $n$ 個目の原子の座標分率、 $N$ は単位格子中の原子の数。[10点]

$$F_{hkl} = \sum_{n=1}^N f e^{2\pi i(hx_n + ky_n + lz_n)} \quad (1-2)$$

(5) 面心立方格子がブラベ格子に含まれない理由を説明せよ。[10点]

※

※受検者は何も記入しないでください。

2020年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料物性学（材料物性）（3/3）		

2 電子のエネルギーと波長について、以下の問いに答えよ。

(1) 次のエネルギーを持つ光（光子）と電子のド・ブROI波長を求めよ。[各 10 点]

(物理定数等は次の値を用いること。光の速度  $c = 3.00 \times 10^8 \text{m/s}$ , 電子の質量  $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$ , プランク定数  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ ,  $\hbar = h/2\pi$ ,  $1 \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{J}$ )

(i) 2.00 eV のエネルギーを持つ光（光子）のド・ブROI波長

(ii) 2.00 eV のエネルギーを持つ電子のド・ブROI波長

(2) 長さ  $L$  の 1 次元格子中に存在する自由電子のシュレディンガーの波動方程式は式 (2-1),

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x) \quad (2-1)$$

で与えられる。(i), (ii) の問いに答えよ。但し、電子の波動関数を  $\psi(x) = A\exp(ikx)$  とする。

(i) この自由電子のエネルギーと波数の関係を導出せよ。但し、周期境界条件を  $\psi(0) = \psi(L)$ 。[20 点]

(ii)  $A$  の値を導出して電子の波動関数を示せ。[10 点]

※

※受検者は何も記入しないでください。