

切 り 離 さ な い こ と

令和3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

令和3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  $R = 8.31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

1 温度 300 K, 物質量 1 mol, 圧力  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  の単原子理想気体がある。この気体を体積が 2 倍になるまで準静的に断熱膨張させた。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) 膨張後の温度はいくらか。(5 点)

(3) この膨張による仕事はいくらか。(5 点)

※  ※受検者は何も記入しないでください。

令和3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）		

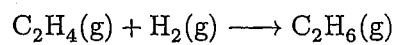
2 表1に示す標準生成エンタルピー  $\Delta H_f^\ominus$ 、標準エントロピー  $S^\ominus$  および標準生成ギブスエネルギー  $\Delta G_f^\ominus$  のデータを用いて以下の間に答えなさい。

表1 298 K, 1気圧における熱力学データ

物質	$\Delta H_f^\ominus / \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$S^\ominus / \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\Delta G_f^\ominus / \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52.26	219.56	68.15
$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-84.68	229.60	-32.82
$\text{CH}_4(\text{g})$	-74.81	186.26	(a)
$\text{H}_2(\text{g})$	0	130.68	0
C(黒鉛)	0	5.740	0

(1) 空欄(a)に入る数値を求めなさい。(10点)

(2) 次の反応の298K、1気圧における標準ギブスエネルギー変化を計算しなさい。(5点)



※

※受検者は何も記入しないでください。

令和3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 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 の理想気体が 2 倍の体積まで不可逆的に等温膨張した時の  $A$  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。

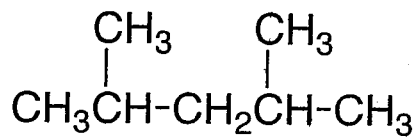
令和3年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

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)		

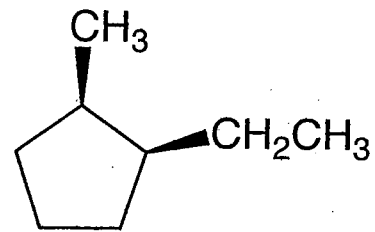
4 有機化合物の命名法と異性体について以下の問いに答えよ。

(1) つぎの化合物を命名せよ。(ii), (iii)は立体配置も表示すること。(各3点, 計12点)

(i)



(ii)

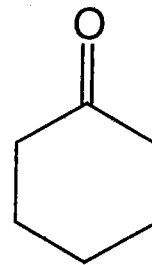
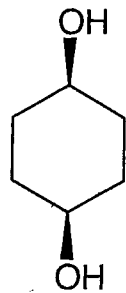


(i)

(ii)

(iii)

(iv)

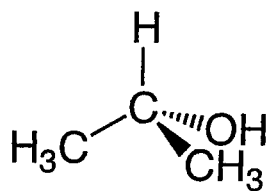


(iii)

(iv)

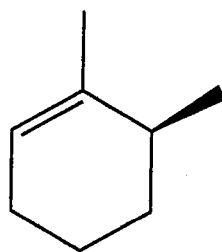
(2) つぎの化合物がキラルかアキラルか判別せよ。(各2点, 計6点)

(i)



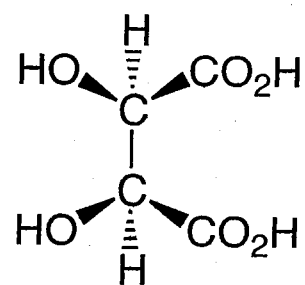
(キラル・アキラル)

(ii)



(キラル・アキラル)

(iii)



(キラル・アキラル)

※

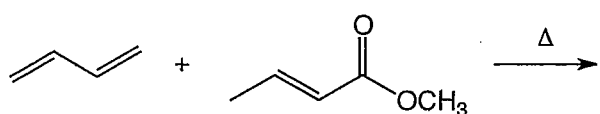
※受検者は何も記入しないでください。

令和3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)		

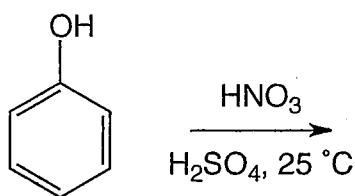
5 つぎの反応の生成物を全て記せ。(各5点, 計25点)

(1)



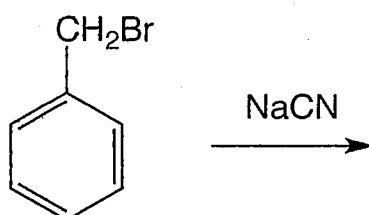
(1)

(2)



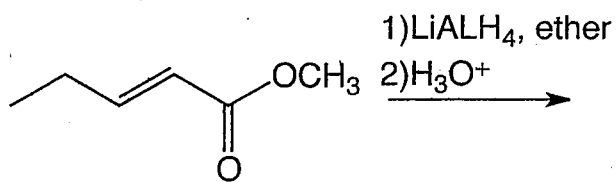
(2)

(3)



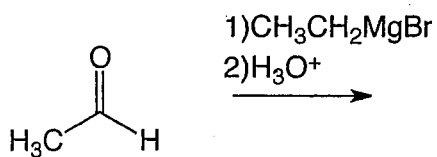
(3)

(4)



(4)

(5)



(5)

※

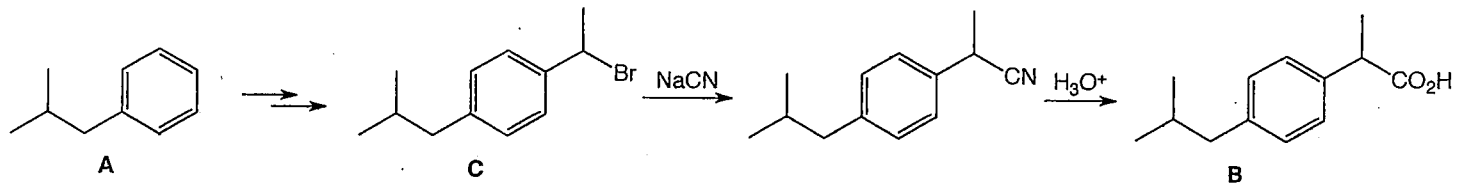
※受検者は何も記入しないでください。

令和3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 下記はイソブチルベンゼン(A)を出発物質としてイブプロフェン(B)を合成する反応経路である。イソブチルベンゼン(A)から中間物質(C)を合成する反応を提案せよ。(7点)



※  ※受検者は何も記入しないでください。

令和3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) B成分が30wt.%のA-B系2成分系合金がある。この合金をある温度で平衡状態としたとき、B成分が10wt.%含まれる固溶体 $\alpha$ とB成分が45wt.%含まれる液相とに分離していることがわかった。この状態における自由度を計算しなさい。また、このときの組織の模式図を以下の図1の解答欄に描きなさい。ただし、自由度を計算する際は変数の定義も含めて計算過程をすべて記述すること。また、模式図を解答する際は相の記号を定義した上で相の記号も解答欄に書き加えること。

自由度の計算 (5点)、組織の模式図(5点)

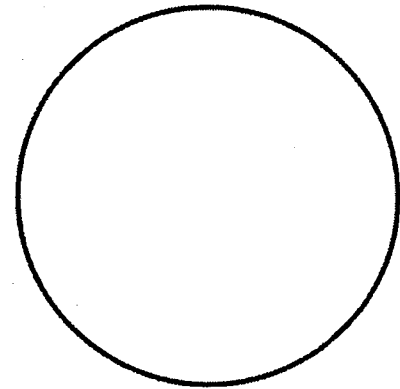


図1 模式図の解答欄

(2) 問題 1-(1) の合金中に含まれる液相の割合を百分率で答えなさい。ただし、計算過程はすべて記述すること。また、組織の割合は百分率で小数点以下2桁目を四捨五入すること。(5点)

(3) 問題 1-(1) の合金のB成分を55wt.%として、液相からゆっくり冷却し固相とした。熱分析曲線において時間経過に対して温度変化がない領域を超えた後に組織観察を行ったところ、液相が全く観察されずに細かな層状組織のみが観察された。この合金はどのような不変系反応(自由度が0の時の反応)が起こったと考えられるか、その反応名を答えなさい。(5点)

※

※受検者は何も記入しないでください。



令和3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。

(1) 均一な過飽和固溶体中に体積  $V$ 、表面積  $A$  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、 $\Delta G_V[\text{J/m}^3]$  は核生成の駆動力で負の値、 $\Delta G_S[\text{J/m}^3]$  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、 $\sigma[\text{J/m}^2]$  は新相形成により生じる界面エネルギーである。

$$\Delta G_n = V(\Delta G_V + \Delta G_S) + A\sigma \quad (2-1)$$

この系に現れた核が半径  $r$  の球体であった場合、系の自由エネルギー変化が最大となる臨界半径 ( $r^*$ ) 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。また、臨界半径と  $\Delta G^*$  の関係をあらわすグラフ を図 2 の解答欄に描きなさい。ただし、計算の過程が書かれていない場合は不正解とする。

(活性化エネルギー：10 点， グラフ：5 点)

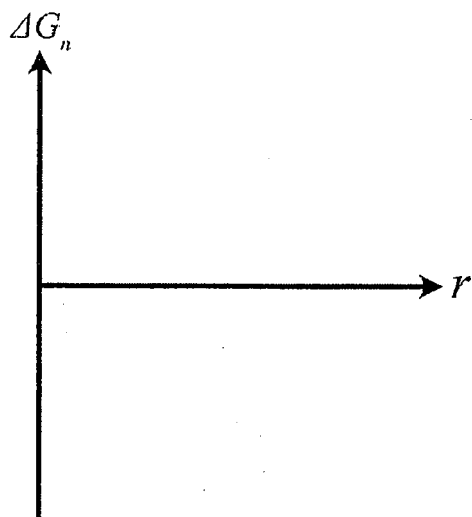


図 2 解答欄

(2) 均一な過飽和固溶体中に半径  $r$  の球状クラスターが現れた。このクラスター半径は、系の自由エネルギー変化が最大となる臨界半径 ( $r^*$ ) よりも小さいことがわかった。このクラスターは時間の経過とともにどのようなようになるかを簡単に説明しなさい。(5 点)

※

※受検者は何も記入しないでください。

令和3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 マルテンサイト変態に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 以下の①から⑤の文章はマルテンサイト変態の特徴である。①から⑤の文章の横の（ ）に、正しい説明が書かれている場合は○を、誤った説明が書かれているものには×を書きなさい。ただし、①から⑤すべてを正解した場合にのみ得点を与えることとする。(5点)

- ①単相から単相への変態で組成変化がない。( )
- ②体積変化および形状変化を伴い、表面起伏が発現する。( )
- ③マルテンサイト/母相間には一定の結晶方位関係がある。( )
- ④マルテンサイトは一定の晶癖面に沿って成長する。( )
- ⑤マルテンサイト相中には高密度の格子欠陥が存在する。( )

(2) 以下のマルテンサイト変態に関連する文章の①～⑤に入る正しい語句を以下の解答欄に書きなさい。

解答欄 (各1点)

①	②	③	④	⑤
---	---	---	---	---

マルテンサイト変態では結晶格子が（ ① ）的に変形するので、原子は母相の格子位置から生成相への格子位置に向かって同じ（ ② ）かつ同じ量だけ移動する。このため、母相結晶中の原子と変態後のマルテンサイト相結晶中の原子は一対一に対応する。これを（ ③ ）という。

形状記憶効果とは熱弾性マルテンサイト変態を起こす合金を（ ④ ）点以下の温度で任意に変形しても、これを（ ⑤ ）点以上の温度に加熱するともとの形に戻ってしまう現象である。

※

※受検者は何も記入しないでください。

令和3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 下図のような点 C で集中荷重  $P$  を受ける単純支持はりで、 $a > b$  とするとき、最大たわみを示すのは左端（点 A）からどの位置か求めよ。また、点 C が AB の中点である場合の最大たわみを示せ。【各 15 点 計 30 点】

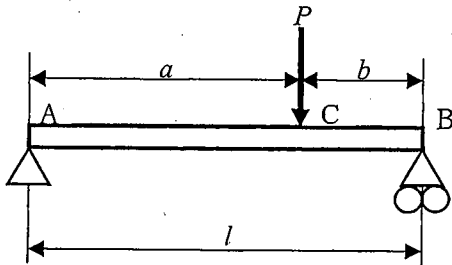


図 4-1 集中荷重を受ける単純支持はり

※  ※受検者は何も記入しないでください。

令和3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）		

最大たわみの位置 \_\_\_\_\_

$a = l/2$ のときの最大たわみ \_\_\_\_\_

※  ※受検者は何も記入しないでください。

令和3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）
-----	------------------------

5 ねじりモーメント  $T=70 \text{ Nm}$  を受ける部品に外径  $d_0=20 \text{ mm}$  の中空丸棒を使用したい。使用材料の許容せん断応力を  $\tau_a = 50 \text{ MPa}$  とするとき、内径の最大値  $d_i$  を求めた上で必要な肉厚を示せ。【20点】

肉厚 \_\_\_\_\_ mm 以上

※  ※受検者は何も記入しないでください。

令和3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) (1/2)		

1 ボーアの水素原子モデルでは、 $-e$  の電荷を持つ電子は  $+e$  の電荷を持つ原子核を中心として半径  $r$  の円軌道上を速度  $v$  で回転運動している。以下の設問に答えよ。導出過程も示すこと。【計 50 点】

- (1) 電子に働く遠心力  $f_1$  と原子核から受けるクーロン力  $f_2$  のつりあいの式を  $r$  を用いて記せ。ただし、電子の質量を  $m$ 、真空誘電率を  $\epsilon_0$  とせよ。【5 点】
- (2) 電子の持つ全エネルギー  $E$  は運動エネルギーと電気的なポテンシャルエネルギーの和である。全エネルギー  $E$  を  $r$  を用いて表せ。【5 点】
- (3) 水素原子中の電子を波長  $\lambda$  のド・ブローイ波としてみた場合、安定な電子の円軌道の円周の長さ ( $2\pi r$ ) は波長  $\lambda$  の整数倍に等しい。このとき、角運動量  $mvr$  を整数  $n$  を用いて表し、ボーアの量子条件を導け。【10 点】
- (4) 量子条件から、水素原子中で電子が安定に存在する円軌道の半径  $r$  を整数  $n$  の関数  $r_n$  として表せ。【10 点】
- (5) 電子の持つ全エネルギー  $E$  を整数  $n$  の関数  $E_n$  として表せ。【10 点】
- (6)  $n=1$  のとき、電子の最小軌道半径 (ボーア半径) を求めよ。ただし、 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $m=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、 $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ 、 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  とせよ。【10 点】

※

※受検者は何も記入しないでください。

令和3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) (2/2)

2 エネルギーバンド図について、以下の問いに答えよ。

(1) 金属、絶縁体、半導体のエネルギーバンド図を図示せよ。図示する際には、エネルギーバンドの名称とフェルミエネルギー $E_F$ の位置を記入し、電子が占有している状態には斜線を入れよ。【3×7点】

(2) (1)で解答したエネルギーバンド図を用いて、金属、絶縁体、半導体の導電性の違いを説明せよ。【3×7点】

(3) 真性半導体では、伝導帯の電子密度 $n$ と価電子帯の正孔密度 $p$ にはどのような関係が成り立つか。【4点】

(4) 不純物半導体において、自由電子を供給するために添加する不純物を何と呼ぶか。【2点】

(5) 電子が多数キャリアとなる不純物半導体を何と呼ぶか。【2点】

※

※受検者は何も記入しないでください。