

切 り 離 さ な い こ と

平成29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

平成29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 / 3 ）		

気体定数の値は $8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ を用いること。

1. 1.00 mol , 300 K の理想気体を可逆的に等温膨張させて、体積を 10 倍とした。この変化について、以下の値を計算しなさい。

1) 気体が外界から吸収する熱 (5点)

2) 気体の内部エネルギー変化 (5点)

3) 気体のエンタルピー変化 (5点)

4) 気体のエントロピー変化 (5点)

2. 純物質の2相が平衡にある系の圧力 P と温度 T の間には次の関係が成立する。

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta V}$$

ここで、 ΔH と ΔV は、それぞれ相変化のエンタルピー (J/mol) と、相変化によるモル体積の変化 (m^3/mol) である。以下の問いに答えなさい。

1) この式を液相と気相の平衡に適用して次式を導出しなさい。ただし、気相は理想気体としてよい。

$$\ln \frac{P}{P_0} = -\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

なお、温度が T_0 のときの液体の蒸気圧を P_0 とする。(10点)

平成29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 / 3 ）		
<p>2) 1) の結果を用いて 363 K における水の蒸気圧を計算しなさい。ただし、$1.013 \times 10^5 \text{ Pa} (=1 \text{ atm})$ における水の沸点は 373 K であり、水のモル蒸発エンタルピは 40.66 kJ とする。(10 点)</p>			
<p>3. 熱力学関数に関する以下の問いに答えなさい。</p> <p>1) 内部エネルギー U，エントロピ S および温度 T を用いて</p> $A = U - TS$ <p>と定義される熱力学関数 A の名称を答えなさい (5 点)</p> <p>2) 次式を導出しなさい。ただし、P, V はそれぞれ圧力と体積である。(5 点)</p> $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$			

平成29年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

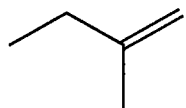
専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群

材料化学（物理化学、有機化学） (3 / 3)

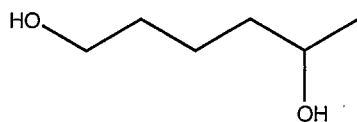
4. 以下に示す有機化合物について構造は名前に、名前は構造に変換せよ。尚、立体配置がわかるキラル化合物に関しては R・S 表示も含めること。(各 4 点、計 20 点)

1)



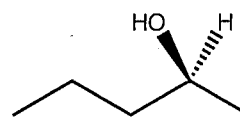
()

2)



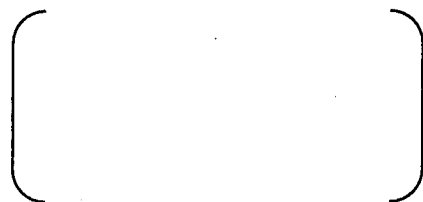
()

3)



()

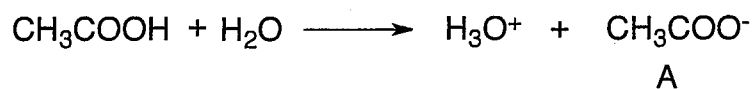
4) *m*-クロロニトロベンゼン



5) 4-メチルペンタン酸



5. 酢酸の水溶液内での解離反応を以下に示す。

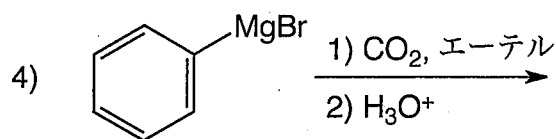
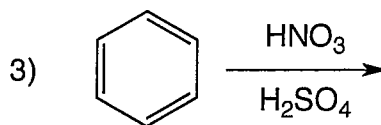
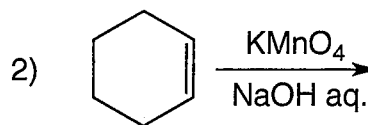
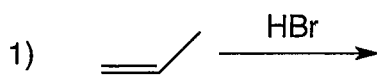


1) 酢酸イオン A の構造を Kekulé 構造式で示せ。孤立電子対も明記すること。(3 点)

2) 酢酸などのカルボン酸は一般的に対応するアルコールよりも強い酸性を示す。酢酸イオンの共鳴形を図示した上で、酢酸が酸性を示す理由を説明せよ。(5 点)

3) 安息香酸、*p*-ブロモ安息香酸、*p*-ニトロ安息香酸を酸性度の強い順に並べよ。(2 点)

6. つぎの反応の主生成物を反応式に記入せよ。(各 5 点、計 20 点)

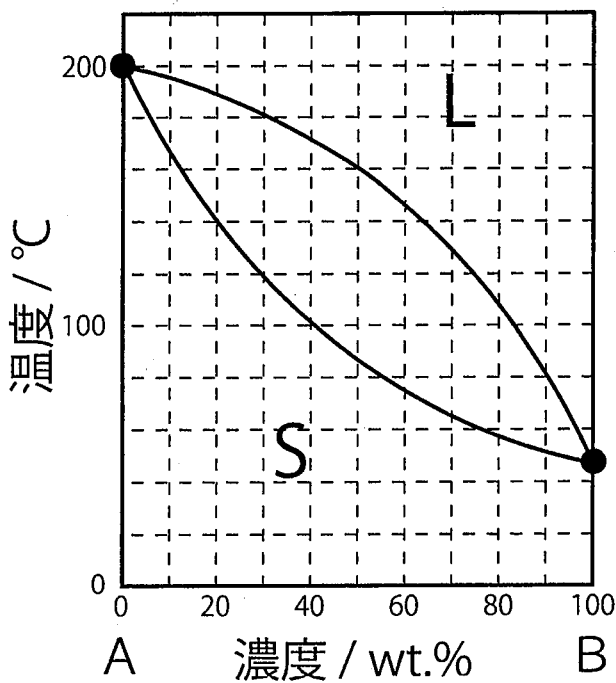


平成29年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

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）（1/3）		

1. 炭素を 0.30wt.%含む鉄を室温で組織観察したところ、パーライトと初析フェライトが観察された。このとき観察される初析フェライトは組織中に何%含まれるかを答えよ。フェライト相の炭素固溶限は 0.02wt. %、この系における共析組成は Fe-0.80wt.%C、セメンタイトの炭素含有量は 6.67wt.%として計算すること。また、答えは小数点以下 1 桁まで求めること。計算過程もすべて記述することとし、計算過程の記述がない場合は採点の対象外とする。(10 点)

2. 図 1 の A-B2 成分系合金状態図において、以下の説明から推測できる合金組成を答えよ。(5 点×3)



- ①液相から固相が晶出したときの温度が 180°Cであった。
- ②熱分析曲線で自由度が 0 のときの温度が 100°Cよりも高かった。
- ③120°Cにおいて液相と固相の存在比が液相 : 固相 = 2 : 1 であった。

図 1 全率固溶型状態図

平成 29 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） (2/3)

3. Al-4wt.%Cu 合金に対して強加工を加えたのち、550℃で 10 時間加熱後に油焼入れを行った。①このときの組織はどのような状態になっているかを答えなさい。また、油焼入れ後の合金を 150℃で約 100 時間保持したあとに強度試験したところ、油焼入れ後の合金よりも 150℃で約 100 時間保持した合金の強さが増していることがわかった。②この合金の強さが増した理由を説明しなさい。この合金の状態図は図 2 に示すものとする。

①組織の状態(5 点)

②強さが増した理由 (8 点)

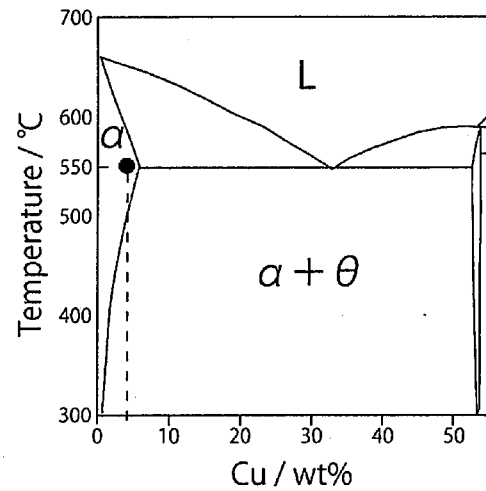


図 2 Al-Cu 合金状態図

4. マルテンサイト変態は、結晶構造が原子の拡散を伴わずにせん断変形することによって変化する変態である。特徴のひとつに単相から単相への変化で組成変化が無いことがあげられるが、他にどのような特徴があるのかを 3 つ答えよ。

(4 点×3)

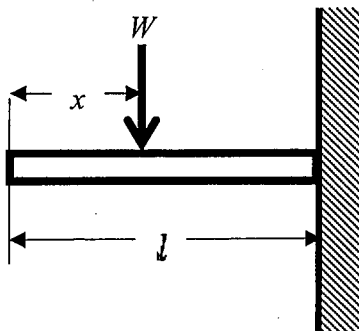
平成29年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

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）（3/3）

5. 長さが l で幅に対して高さが2倍の長方形断面を有する片持ちはりにおいて、下の図のように任意の位置 x で集中荷重 W が作用しているものとする。このとき、左端のたわみを δ として x との関係を求めよ。曲げ剛性を EI として答えよ。次に、同じ材質および断面積を有する中実丸棒はりに変更した場合を考える。どちらの場合も中立面は中心を通るものとする。長方形断面において左端に負荷した時と比較して、中実丸棒に $x=l/2$ の位置で負荷を加えたときの左端のたわみは大きいか小さいか論ぜよ。解答欄には大きいか小さいかのみ答えよ。計算過程を簡潔に記すこととし、記述がない場合は採点の対象外とする。(50点)



左端のたわみ (25点)

中実丸棒のたわみ(25点)

平成29年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

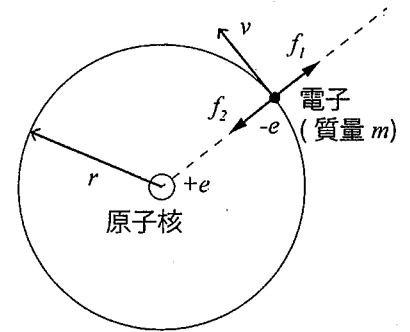
専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群

材料物性学 (材料物性) (1/2)

【問題1】ボーアの水素原子モデルに関する以下の問いに答えよ。

(1) 右図のように水素原子中では、 $-e$ 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。このとき、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 のつりあいの式を記せ。ただし、電子の質量を m 、真空誘電率を ϵ_0 とせよ。(10点)



(2) 運動量 $p (= mv)$ を持つ粒子は、波長 λ の波動とも見なせる。運動量 p と波長 λ を関係づけるド・ブロイの関係式を記せ。ただし、プランク定数を h とする。(5点)

(3) 「電子の回転運動では角運動量 mvr が $h/2\pi$ の整数倍となる軌道のみで安定に存在する」ことを表す量子条件を示せ。ただし、整数を n とせよ。(5点)

(4) (3)の量子条件から、安定な円軌道の半径 r を整数 n の関数として表せ。(10点)

(5) 電子の持つ全エネルギー E は運動エネルギーとポテンシャルエネルギー $V = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$ の和である。電子の全エネルギーを n の関数として表せ。(10点)

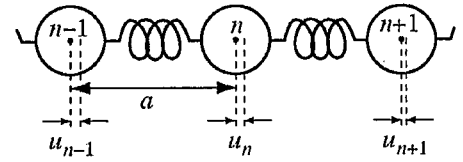
(6) (4)より $n=1$ のときの電子の最小の軌道半径(ボーア半径)を求めよ。ただし、 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とせよ。(10点)

解答

平成29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)		

【問題2】結晶中の格子振動について、右図のように平均距離 a だけ離れた質量 m の原子が力定数 C のバネで結ばれている一次元格子を仮定する。



- (1) フックの法則をもとに、 n 番目の原子についての運動方程式が、以下のように表わされることを示せ。ここで、 u_{n-1} , u_n , u_{n+1} は、それぞれ $n-1$, n , $n+1$ 番目の原子の変位である。(10点)

$$m \frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2} = C(u_{n-1} + u_{n+1} - 2u_n)$$

- (2) n 番目の原子の変位 u_n は、以下のような角周波数 ω と波数 k の進行波として表されるとする (A は振幅、 n は整数)。

$$u_n = A \exp[i(kx - \omega t)] = A \exp[i(kna - \omega t)]$$

上式が (1) の運動方程式を満たすことを用いて、以下の ω と k の分散関係 $\omega = \sqrt{\frac{4C}{m}} \left| \sin \frac{ka}{2} \right|$ を導け。(20点)

- (3) 波数 k を横軸、角周波数 ω を縦軸にとり、第一ブリルアン帯 ($-\pi/a \leq k \leq \pi/a$) の範囲で上の分散関係を図示せよ。(10点)
- (4) 分散関係の $k \rightarrow 0$ 付近の傾き $v_g = d\omega/dk$ は音速を与える。(2) の結果から v_g を導出し、音速が物質によって異なる理由を述べよ。(10点)

解答