

切 り 離 さ な い こ と

平成31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31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)
-----	-----------------	-------

1 600°C の高温熱源と 20°C の低温熱源の間で動いているサイクルがある。このサイクルについて以下の問に答えなさい。

(1) このサイクルの最大効率はいくらか。(5点)

(2) このサイクルが最大効率の 40.0% で動作している時、1.00 kJ の仕事を得るために高温熱源から供給すべき熱は何 J か。(5点)

※  ※受検者は何も記入しないでください。

平成31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）

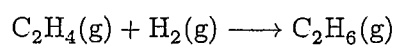
- 2 表1に示す標準生成エンタルピー  $\Delta H_f^\ominus$ 、標準エントロピー  $S^\ominus$  および標準生成ギブスエネルギー  $\Delta G_f^\ominus$  のデータを用いて以下の問に答えなさい。

表1 298 K, 1 気圧における熱力学データ

物質	$\Delta H_f^\ominus / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$	$S^\ominus / \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\Delta G_f^\ominus / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	$52.26 \times 10^3$	219.56	(a)
$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$-84.68 \times 10^3$	229.60	(b)
$\text{H}_2(\text{g})$	0	130.68	0
C(黒鉛)	0	5.740	0

- (1) 表中の (a) と (b) に入る数値を計算しなさい。(20 点)

- (2) 次の反応の 298K, 1 気圧における標準反応エンタルピーと標準ギブスエネルギーを計算しなさい。(10 点)



※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31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 溶媒 A および溶質 B からなる希薄な実在溶液における A, B の化学ポテンシャル  $\mu_A, \mu_B$  は、絶対温度  $T$ 、圧力  $P$  およびそれぞれの成分のモル分率  $x_A, x_B$  の関数として次式で与えられる。

$$\mu_A(T, P) = \mu_A^*(T, P) + RT \ln x_A \quad (1)$$

$$\mu_B(T, P) = \mu_B^\ominus(T, P) + RT \ln x_B \quad (2)$$

ここで  $\mu_A^*(T, P)$  は純溶媒の化学ポテンシャル、 $\mu_B^\ominus(T, P)$  は溶質の標準化学ポテンシャル、 $R$  は気体定数である。この時、温度圧力一定の条件における次の式の値を計算しなさい。

$$N_A d\mu_A + N_B d\mu_B$$

ただし、 $N_A, N_B$  はそれぞれ溶媒と溶質の物質質量である。(10点)

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

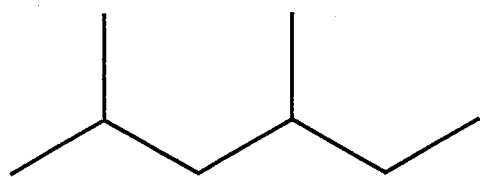
専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群	材料化学 (物理化学、有機化学) (4/6)
-----	------------------------

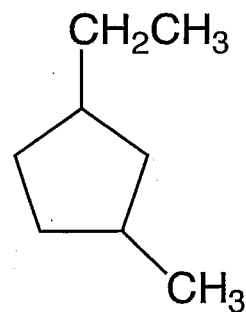
4 有機化合物の命名法と異性体について以下の問いに答えよ。

(1) つぎの化合物を命名せよ。(各3点、計12点)

(i)



(ii)

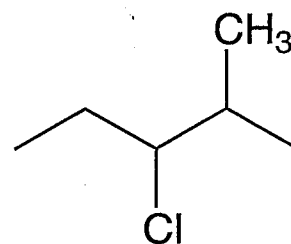
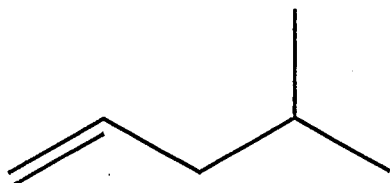


(i)

(ii)

(iii)

(iv)

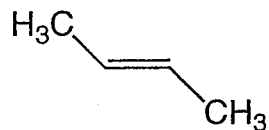


(iii)

(iv)

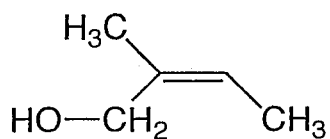
(2) つぎのアルケンの立体を *cis*体・*trans*体または *Z*体・*E*体で帰属せよ。(各2点、計6点)

(i)



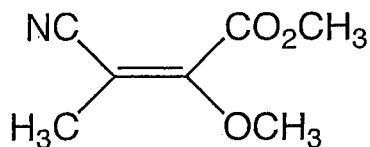
(i)

(ii)



(ii)

(iii)



(iii)

※

※受検者は何も記入しないでください。

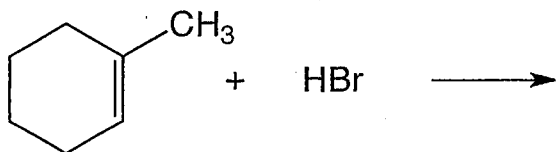
平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

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)
-----	------------------------

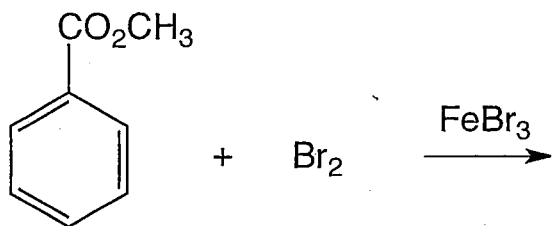
5 つぎの反応の主生成物を記せ。(各5点, 計25点)

(1)



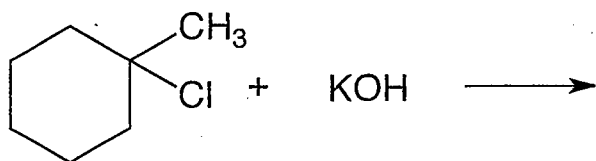
(1)

(2)



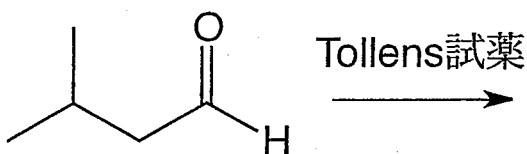
(2)

(3)



(3)

(4)



(4)

(5)



(5)

※

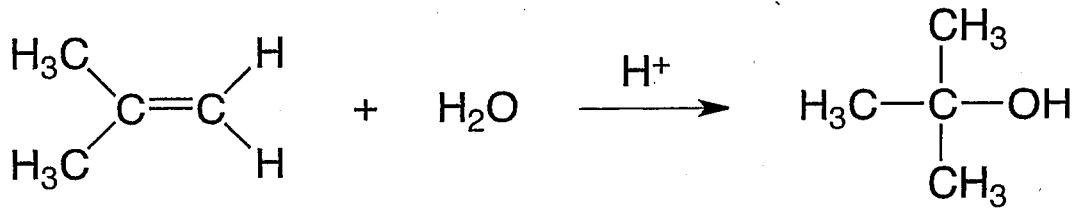
※受検者は何も記入しないで  
ください。

平成31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 つぎに示す反応の反応機構を正しく記せ。(7点)



※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31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）（1/7）		

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) 図1-1に示すNi-In系合金状態図において、自由度が0となる反応が11か所に存在するが、各反応における反応式をすべて解答欄に書きなさい。ただし、反応によって現れる単相もしくは分解する単相中のNi濃度が高い順に1番の解答欄から記述すること。(2点×11=22点)

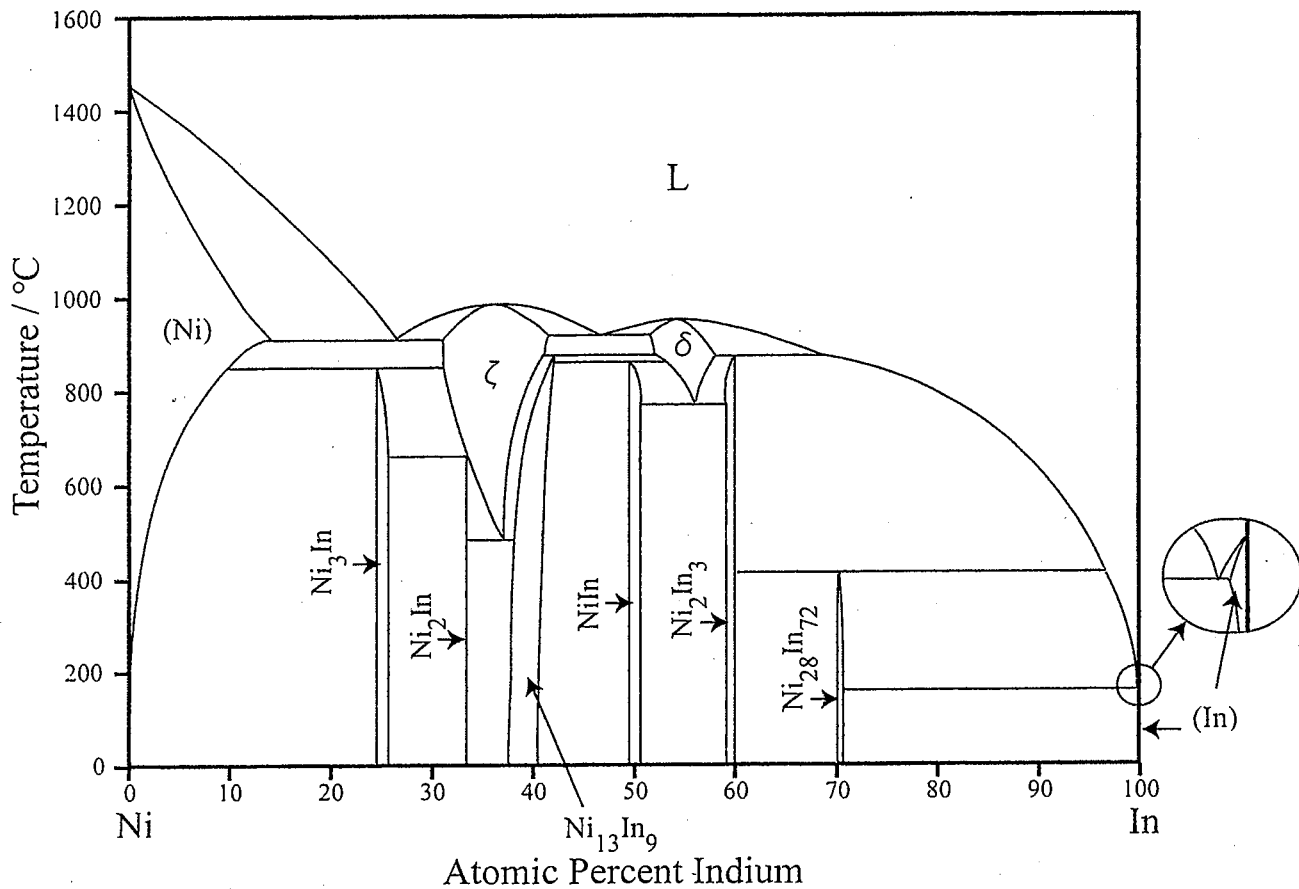


図1-1 Ni-In系合金状態図[1]

[1] Binary Alloy Phase Diagrams, second edition, plus updates to version 1.0, ASM International, 1996.

解答欄 (解答例: L相が2つの異なるA相, B相に分離する反応である場合:  $L \leftrightarrow A + B$ )

1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6			

※  ※受検者は何も記入しないでください。



平成31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) (2/7)
-----	--------------------------

2 凝固に関する以下の問いに答えなさい。

均一な純金属の液相中に半径 $r$ の球状固相の核が存在する場合、均一な液相状態から固相が形成されたときの自由エネルギー変化 $\Delta G_n$ は式 2-1 で表現される。式 2-1 において、 $\Delta G_{L \rightarrow S}$ は、一部の液相が半径 $r$ の固相へ凝固したことに伴う自由エネルギー変化、 $\sigma$ は液相中に固相が出現することによって現れる固液界面エネルギーである。

$$\Delta G_n = \frac{4\pi r^3}{3} \Delta G_{L \rightarrow S} + 4\pi r^2 \sigma \quad (2-1)$$

(1) 式 2-1 の $\Delta G_{L \rightarrow S}$ は液相と固相の密度が等しいとして簡単に考えれば、融解におけるエントロピー変化 ( $\Delta S_f$ ) とエンタルピー変化 ( $\Delta H_f$ ) で表すことができる。これらの関係から、式 2-1 は式 2-2 の様に表すことが可能である。純金属の液相、固相の単位体積あたりの自由エネルギーをそれぞれ $G_L = H_L - TS_L$ 、 $G_S = H_S - TS_S$ として、式 2-1 が式 2-2 となることを導きなさい。(5点)

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

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31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) (3/7)
-----	--------------------------

(2) 式 2-2 より  $\Delta G_n$  はある半径 (臨界半径:  $r^*$ ) で極大値 ( $\Delta G_n(r^*)$ ) となることが分かる. 液相中に現れる固相の臨界半径を求めなさい. (8 点)

(3) 式 2-2 において, 臨界半径  $r^*$  および臨界半径時の  $\Delta G_n$  は過冷度が大きくなるとどの様に変化するのかを説明しなさい. (2 点×2)

過冷度が大きくなると, 臨界半径  $r^*$  は \_\_\_\_\_

また, 臨界半径時の  $\Delta G_n(r^*)$  は \_\_\_\_\_

※  ※受検者は何も記入しないでください。

平成31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） （4/7）

3 拡散変態に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 元素A, 元素Bからなる2成分系状態図において,  $\alpha$ 相の過飽和固溶体から $\beta$ 相が析出した場合の濃度-自由エネルギー曲線を図3-1に示す. 過飽和固溶体中のB成分濃度が $x_0$ であった場合, 析出反応の駆動力( $\Delta G$ )と $\beta$ 相核生成の駆動力( $\Delta G_v$ )の大きさはどのように表すことができるのかを図3-1中に「↓」で示しなさい. なお, 平衡状態は2つの相の自由エネルギー曲線に対する共通接線で与えられるとする. (3点×2)

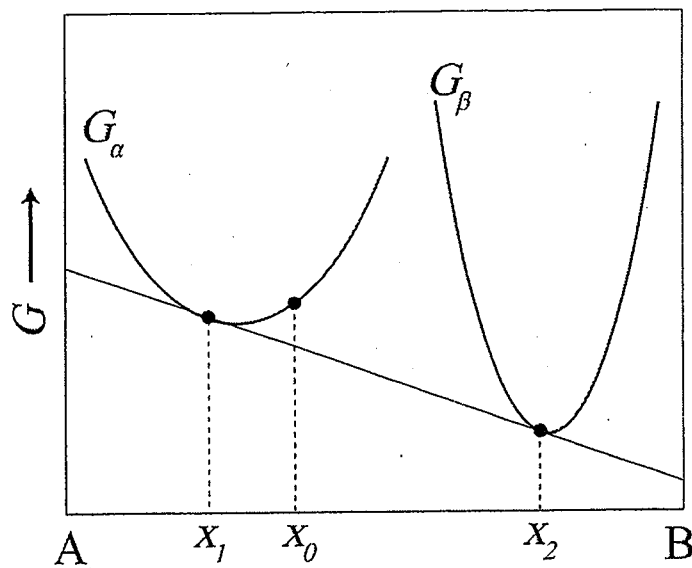


図3-1 濃度-自由エネルギー曲線

- (2) 図3-2は共析鋼のTTT曲線である.  $\gamma$ 単相状態から急冷後, 温度 $600^\circ\text{C}$ である時間だけ等温保持した後に室温まで再び急冷した結果, 組織中に占めるパーライト組織とマルテンサイト組織の割合は, それぞれ50%であった. この組織がどのような熱処理過程を経て得られたのかを図3-2中に示しなさい. (5点)

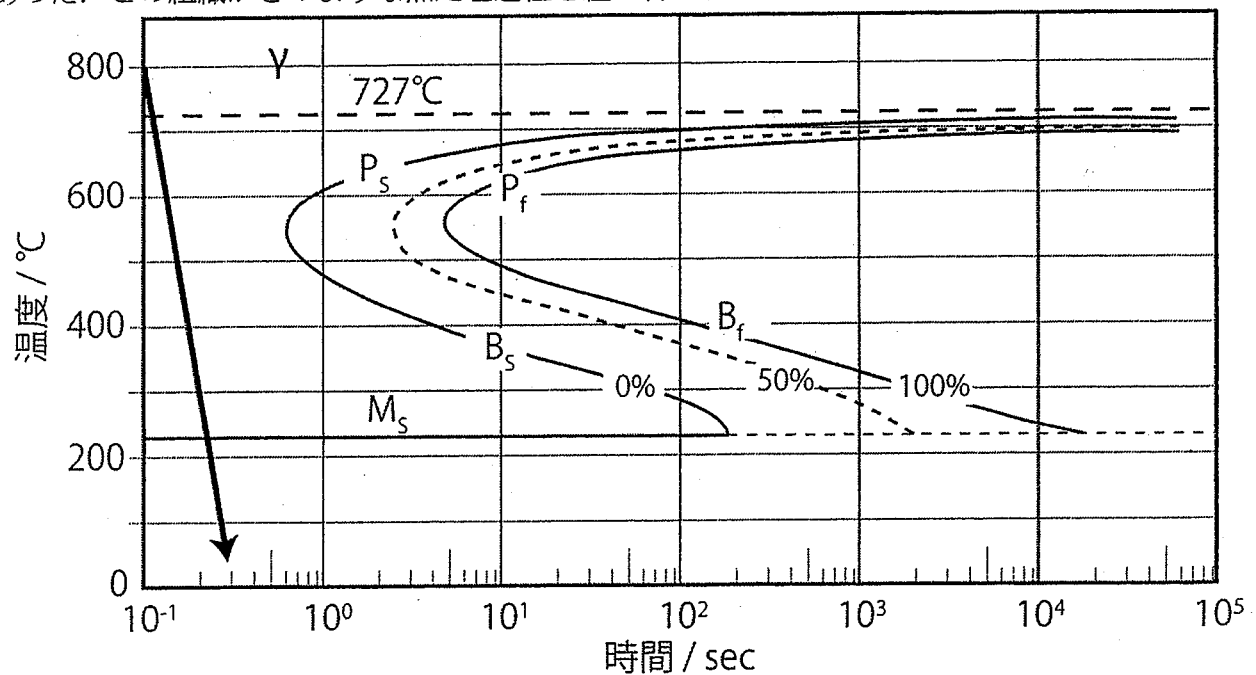


図3-2 共析鋼におけるTTT曲線

(※図中の太い矢印線: 100%マルテンサイト組織を得た場合の熱処理過程の解答例)

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31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) (5/7)
-----	--------------------------

4

密度 $\rho$ , 縦弾性係数 $E$ , 断面積 $A$ , 長さ $L$ の棒が, 棒の先端を回転軸として角速度 $\omega$ で水平方向に回転するとき、棒の伸びを求めよ。(15点)

伸び: \_\_\_\_\_

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31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）（6/7）		
<p>5</p> <p>縦弾性係数 <math>E</math>、断面二次モーメント <math>I</math> で支点 <math>A</math>、<math>B</math> からなるスパン間距離 <math>L</math> の単純支持はりに対して、<math>AB</math> 間のある点 <math>C</math> に集中荷重 <math>P</math> が作用している時、このはりにおける最大たわみとその位置を求めよ。なお、<math>AC</math> 間距離を <math>a</math>、<math>CB</math> 間距離を <math>b</math> とし、<math>a &gt; b</math> とする。（20点）</p> <p style="text-align: right;">最大たわみ： _____</p> <p style="text-align: right;">位置： _____</p>			

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

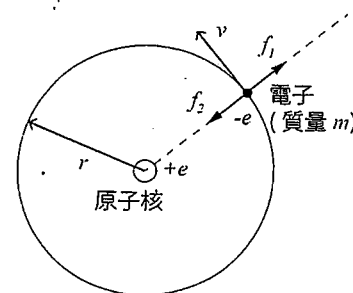
専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学（材料組織学、材料力学）（7/7）		
<p>6</p> <p>車軸の一端が他端に対して <math>30^\circ</math> ねじれてもその許容最大せん断応力 <math>90 \text{ MPa}</math> を超えないようにするには、車軸の直径に対する長さの比を何倍以上にすれば良いか。横弾性係数 <math>G=80 \text{ GPa}</math> とする。（15点）</p> <p style="text-align: right;">_____ 倍以上</p>			

※  ※受検者は何も記入しないでください。

平成31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 ボーアの水素原子モデルでは、右図に示されるように  $-e$  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 45 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) 運動量  $p (= mv)$  を持つ粒子は波長  $\lambda$  の波動ともみなせる。プランク定数  $h$  を用いて運動量  $p$  と波長  $\lambda$  を関係づけるド・ブロイの関係式を記せ。[10 点]

(3) 水素原子中の電子を波長  $\lambda$  のド・ブロイ波としてみた場合、円軌道の円周の長さが波長の整数倍に等しいとき、すなわち  $2\pi r = n\lambda$  のとき ( $n$  は整数) に電子が安定に存在する。このことからボーアの量子条件を導け。[10 点]

(4) (3) の量子条件を用いて、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  $n$  の関数として表せ。[10 点]

(5)  $n = 1$  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。

平成31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)
-----	--------------------

2 水素分子  $H_2$  から電子が1つ失われた水素分子イオン  $H_2^+$  に関する電子状態の波動関数は、原子軌道の線形一次結合による分子軌道法により、2つの原子軌道  $\chi_A$  と  $\chi_B$  (それぞれ水素原子核 A および B の 1s 軌道) の和および差から、エネルギー準位の低い結合性分子軌道の  $\phi_g$  軌道とエネルギー準位の高い反結合性分子軌道の  $\phi_u$  軌道の2つの分子軌道として以下のように表される。

$$\phi_g = c_g(\chi_A + \chi_B), \quad \phi_u = c_u(\chi_A - \chi_B)$$

このとき、以下の設問に答えよ。[計 15 点]

(1)  $\int_V |\chi_A \chi_B| dv = S$  として、 $\phi_g$  および  $\phi_u$  を規格化したとき、 $c_g$  と  $c_u$  をそれぞれ  $S$  を用いて表せ。ただし、 $0 < S < 1$  とする。[10 点]

(2) パウリの排他原理により、原子軌道と同様に分子軌道にも1つの軌道に電子は2つまで入ることができる。分子軌道の観点からヘリウムが単原子分子と安定である理由を説明せよ。[5 点]

※

※受検者は何も記入しないでください。



平成31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)		
<p>3 固体の比熱について下記の説明文を読み、以下の設問に答えよ。          振動数<math>\nu</math>で単振動する調和振動子のエネルギー<math>\epsilon</math>は次式で表される (<math>n</math>は整数),  <math display="block">\epsilon = \frac{1}{2}h\nu + nh\nu</math>         アインシュタインは、格子振動を一定の振動数<math>\nu_E</math>を持つ調和振動子と見なし、プランク分布<math>\langle n \rangle</math>,  <math display="block">\langle n \rangle = 1/(e^{h\nu_E/k_B T} - 1)</math>         を用いて1つの調和振動子の平均エネルギー<math>\langle \epsilon \rangle</math>を次式で表した。ここで<math>T</math>は温度、<math>k_B</math>はボルツマン定数、<math>h</math>はプランク定数である。3次元の振動を3つの調和振動子と考えて、<math>N_0</math>個の原子からなる結晶の内部エネルギー<math>U</math>を導出した。さらに<math>N_0 k_B = R</math>として、アインシュタインモデルの定積モル比熱<math>C_V</math>を求めた。</p> <p>(1) 1つの調和振動子の平均エネルギー<math>\langle \epsilon \rangle</math>を式で表せ。[10点]</p> <p>(2) <math>N_0</math>と<math>\nu_E</math>を用いて、結晶の内部エネルギー<math>U</math>を式で表せ。[10点]</p> <p>(3) <math>R</math>を用いて、定積モル比熱<math>C_V</math>を式で表せ。[10点]</p> <p>(4) (3)で求めた式では、<math>C_V</math>が低温で温度の3乗に比例して減少する実験値を再現できない。その原因はアインシュタインモデルのどのような仮定に問題点があるか説明せよ。[10点]</p>			

※

※受検者は何も記入しないでください。