

環境エネルギー工学専攻	第1志望 コース	エネルギー量子 工学コース	受験 番号	
-------------	-------------	------------------	----------	--

2021年度入学 大学院博士前期課程
環境エネルギー工学専攻 エネルギー量子工学コース

基礎科目
入試問題

【注意】

- ・ 下表の科目について、それぞれ2題を選択して解答しなさい。
- ・ 下表の空欄に、解答する小問番号（（1）～（3））を記入すること。
- ・ 各小問番号（（1）～（3））に対する解答は、全てその問題の解答欄内に記入し、別の問題の解答欄内に記入しないこと。
- ・ 問題解答用紙について、不足や汚損、破損がないか最初に確認すること。なお、試験終了後の問題解答用紙の不備に関わる問い合わせについては受け付けない。
- ・ 本紙およびすべての問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を、計算用紙には受験番号を必ず記入しなさい。
- ・ 計算用紙に記入したものは採点の対象にならない。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙と計算用紙を回収する。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の不足、汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせること。

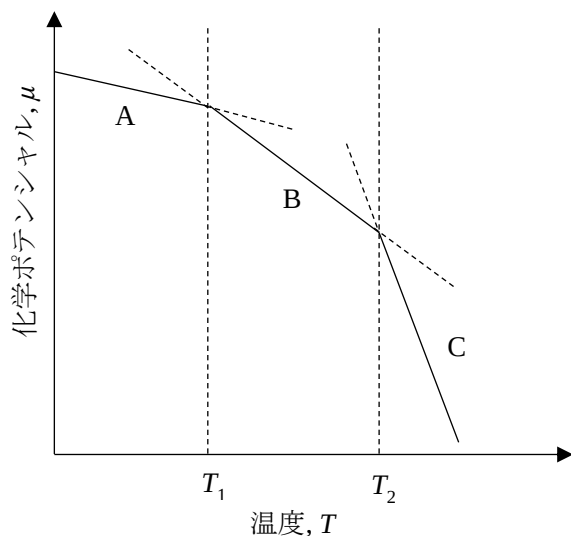
受験科目一覧

科目名	出題番号	問題解答 用紙	解答する小問番号記入欄	
数学	【問1】	3枚		
物理	【問2】	3枚		
化学	【問3】	3枚		

2020年8月19日（水）
13:00～15:30 実施

【問 3】化学	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

- (1) 下の図は、ある純物質の気相、液相、固相のそれぞれの化学ポテンシャル μ （物質 1 mol 当たりのギブズの自由エネルギー）の温度変化の模式図を表す。以下の問に答えなさい。



- (a) 仕事が体積変化だけに限定され、しかも全ての変化が可逆である場合、ギブズの自由エネルギー G は、体積 V 、温度 T 、圧力 p 、エントロピー S を用いて式(1)のように表される。

$$dG = Vdp - SdT \quad (1)$$

- (i) エンタルピー H の定義 $H=U+pV$ 、ギブズの自由エネルギーの定義 $G=H-TS$ 、この条件における内部エネルギー U の増加 $dU=TdS-pdV$ を用いて、式(1)を導出しなさい。
- (ii) 圧力 p のみ、および温度 T のみをそれぞれ変化させたときの純物質の化学ポテンシャル μ の変化について、それぞれ解答欄に示しなさい。このとき、物質 1 mol 当たりの体積とエントロピーをそれぞれ V_m 、 S_m として用いなさい。
- (b) 上の図において、A、B、Cの各直線が、気相、液相、固相のどの相をそれぞれ示すか、答えなさい。また T_1 、 T_2 の温度をそれぞれ何と呼ぶか、答えなさい。
- (c) この物質に、Bの相でのみ溶体を形成する不揮発性物質を混合した場合、領域Bにおける化学ポテンシャルのグラフは上下どちらの方向に移動するか、答えなさい。また、この移動によって T_1 、 T_2 が変化する現象をそれぞれ何と呼ぶか、答えなさい。
- (d) 平衡状態にある 0°C の氷と水の混合物にかかる圧力を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ まで増加させたときの、氷と水のそれぞれの化学ポテンシャルの変化 $\Delta \mu(\text{ice})$ 、 $\Delta \mu(\text{water})$ を J/mol の単位で計算しなさい。次に、この結果をもとに、圧力の増加によって起こる現象を説明しなさい。ここで、水のモル質量は 18 g/mol 、 0°C での氷の密度は 0.92 g/cm^3 、水の密度は 1.0 g/cm^3 とする。

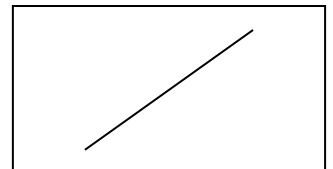
以下に記入すること

(1)

(a)

(i)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(ii)

$$\left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_p =$$

$$\left(\frac{\partial \mu}{\partial p}\right)_T =$$

(b)

A	B	C
T_1	T_2	

(c) グラフが動く方向：

T_1 が変化する現象：

T_2 が変化する現象：

以下に記入すること

(d)

【問 3】化学	第1志望 コース		受験 番号	
---------	-------------	--	----------	--

(2) 以下の文章に関する問に答えなさい。

図1に示すように、1次元に交互に正負のイオンが間隔 R で配列するイオン結晶があると
する。イオンの価数はそれぞれ $+q, -q$ とする。

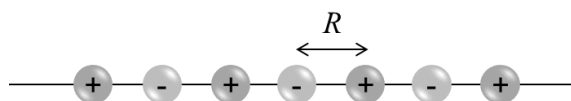


図1 1次元イオン結晶

このとき、あるイオン i におけるクーロンポテンシャルの和 $U_Q(R)$ は次式で与えられる。

$$U_Q(R) = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j(j \neq i)} \left(\frac{\pm}{p_{ij}R} \right) = -\frac{\alpha q^2}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\alpha = \sum_{j(j \neq i)} \left(\frac{\pm}{p_{ij}} \right)$$

ここで α はマードリング定数、 ϵ_0 は真空の誘電率であり、 $p_{ij}R$ はイオン i とイオン j の距離である。式中の $\pm$ は、同符号のイオンについては負、異符号のイオンについては正を用いる。このとき、マードリング定数 α は以下のように表される（第4近接イオンの項まで表記）。

$$\alpha = \boxed{\text{(ア)}} - \frac{2}{\boxed{\text{(イ)}}} + \frac{\boxed{\text{(ウ)}}}{3} - \frac{2}{\boxed{\text{(エ)}}} + \dots$$

以下の関係式より、1次元イオン結晶のマードリング定数は $\alpha = \boxed{\text{(オ)}} \ln \boxed{\text{(カ)}}$ となる。

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots$$

次に3次元結晶のマードリング定数を考える。イオン結晶の代表的な構造として、図2に示す塩化ナトリウム構造と塩化セシウム構造がある。正負のイオン間の最短距離を R とする。

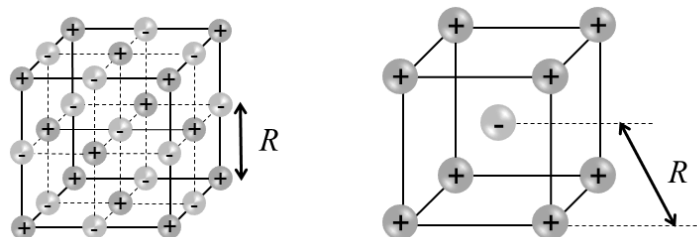


図2 (左) 塩化ナトリウム構造 (右) 塩化セシウム構造

以下に記入すること

この2つの結晶構造におけるマードリング定数 α は、それぞれ次式で与えられる（第4近接イオンの項まで表記）。

$$\text{塩化ナトリウム構造: } \alpha = \boxed{\text{(キ)}} - \frac{\boxed{\text{(ク)}}}{\sqrt{2}} + \frac{8}{\sqrt{\boxed{\text{(ケ)}}}} - \frac{\boxed{\text{(コ)}}}{2} + \dots$$

$$\text{塩化セシウム構造: } \alpha = \boxed{\text{(サ)}} - \frac{6}{(\boxed{\text{(シ)}}/\sqrt{3})} + \frac{\boxed{\text{(ス)}}}{(2\sqrt{2}/3)} - \frac{\boxed{\text{(セ)}}}{(\sqrt{11}/\sqrt{3})} + \dots$$

これらのイオン結晶において、 N 個のイオンがあり、斥力ポテンシャルが定数 A を用いて NA/R^{12} で与えられるとき、全エネルギー $U_{\text{tot}}(R)$ は次式で与えられる。

$$U_{\text{tot}}(R) = \frac{NA}{R^{12}} - \frac{Naq^2}{4\pi\epsilon_0 R}$$

また、(*) 平衡距離 R_0 を用いてこの全エネルギーを表すと次式となる。

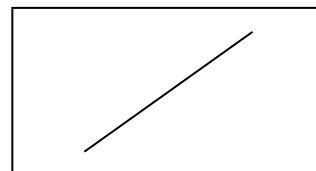
$$U_{\text{tot}}(R_0) = -\frac{Naq^2}{4\pi\epsilon_0 R_0} \left(1 - \frac{1}{\boxed{\text{(ソ)}}} \right)$$

R_0 は実験によっても求められる。上式より求められた全エネルギーは、測定値と良く一致することが知られている。

(a) (ア) ~ (ソ) に入る整数を解答欄に記入しなさい。

(b) 文中の下線部(*)で示したイオン間の平衡距離 R_0 を A 、 ϵ_0 、 α 、 q を用いて表しなさい。ただし、導出過程を記述すること。

【裏面につづく】



以下に記入すること

(2)

(a)

ア	イ	ウ
エ	オ	カ
キ	ク	ケ
コ	サ	シ
ス	セ	ソ

以下に記入すること

(b)

【問 3】化学	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の文章に関する問に答えなさい。

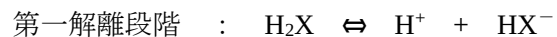
酸と塩基について、アレニウスは以下のように定義している。

酸 : 水に溶けて を生じる物質

塩基 : 水に溶けて を生じる物質

酸と塩基との反応は 反応であり、生成物を塩という。複数個の解離しうる をもつ酸を多塩基酸、同じく複数個の解離しうる をもつ塩基を多酸塩基という。このような酸・塩基では、完全に された塩を正塩、 が残っている塩を酸性塩、 が残っている塩を塩基性塩と呼ぶ。

多塩基酸である H_2X (X:仮想の元素)が下記のように段階的に解離される過程を考える。



物質収支を考えると、全濃度 C は以下の関係で表現される。

$$C = [\text{(エ)}] + [\text{(オ)}] + [\text{(カ)}]$$

また電荷均衡を考えると、以下の関係式が成り立つ。

$$[\text{(キ)}] = [\text{(ク)}] + [\text{(ケ)}] + 2[\text{(コ)}]$$

第一解離段階の解離定数 K_1 、第二解離段階の解離定数 K_2 は、以下の式で表される。

$$K_1 = \text{ }$$

$$K_2 = \text{ }$$

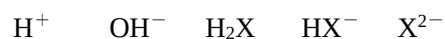
以下に記入すること

(a) 空欄 (ア) から (ウ) に入る、適切な用語を答えなさい。

(b) 例にならって、酸性塩および塩基性塩が生成する反応式をそれぞれ一つ答えなさい。
(例では一塩基酸と一酸塩基の反応式を示している。)



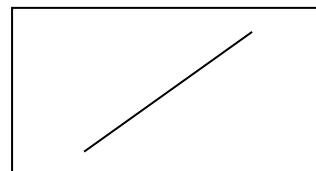
(c) 空欄 (エ) ～ (コ) には、以下のいずれかの化学式が入る。適切な化学式を答えなさい。同じ化学式を複数回使ってもよい。



(d) 空欄 (サ) および (シ) に入る、適切な式を答えなさい。

(e) H_2X 水溶液の解離定数が、 $K_1 = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 、 $K_2 = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ であった場合について考える。全濃度 C が $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の場合、溶液中の $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{HX}^-]$ 、 $[\text{X}^{2-}]$ を求めなさい。計算の過程において適切な近似を用いること。また、水の解離は無視できる程度に少ないと仮定してよいものとする。

【裏面につづく】



以下に記入すること

(3)

(a)

ア	イ	ウ
---	---	---

(b)

酸性塩が生成する反応式	
塩基性塩が生成する反応式	

(c)

エ	オ	カ
キ	ク	ケ
コ		

エオカ：順不同 クケ：順不同

(d)

サ
シ

以下に記入すること

(e)

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	エネルギー量子 工学コース	受験 番号	
--------------	-------------	------------------	----------	--

2020 年 4 月入学 大学院博士前期課程

環境・エネルギー工学専攻 エネルギー量子工学コース

基礎科目 入試問題

【注意】

- ・ 下表の科目について、それぞれ2題を選択して解答しなさい。
- ・ 下表の空欄に、解答する出題番号（(1)～(3)）を記入すること。
- ・ 各出題番号（(1)～(3)）に対する解答は、全てその問題の解答欄内に記入し、別の問題の解答用紙に解答を記入しないこと。
- ・ 本紙およびすべての問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を、計算用紙には受験番号を必ず記入しなさい。
- ・ 問題解答用紙について、汚損や破損がないか確認すること。
- ・ 計算用紙に記入したものは採点の対象にならない。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙と計算用紙を回収する。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせること。

受験科目一覧

科目名	解答番号記入欄	
数学		
物理		
化学		

2019 年 8 月 21 日（水）
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 原子の電子配置に関する以下の問に答えなさい。

- (a) 原子中の電子の軌道は、主量子数 n 、方位量子数 l 、磁気量子数 m 、スピン量子数 M_s の 4 つの量子数によって決定づけられる。 n が 1、2、3 の値をとるとき、 l 、 m はどのような値を取り、またそれぞれどのような副殻 (1s、2s 軌道など) に対応するか、答えなさい。解答は解答欄の表中の (ア) ~ (コ) の括弧内【 】に書き込みなさい。なお同じ記号の部分は同じ数字が入る。

n	l	m	M_s	副殻名称
1	0	(ウ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	1s
2	0	(ウ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	2s
	(ア)	(エ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	(ケ)
		(オ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(カ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
3	0	(ウ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	3s
	(ア)	(エ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	3p
		(オ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(カ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
	(イ)	(キ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	(コ)
		(エ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(オ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(カ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(ク)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	

- (b) 上記の表に基づいた、原子における電子配置に関係した重要な原理・規則の一つに、パウリの禁制 (排他) 原理がある。パウリの禁制 (排他) 原理について、50~100 字程度で説明しなさい。
- (c) 基底状態において、上記の表中の 1s 軌道から 3s 軌道まで全ての軌道を電子が占有している元素の原子番号と元素記号を答えなさい。
- (d) (c)の元素の単体に希塩酸を加えると水素が発生する。このときの反応を化学反応式で答えなさい。
- (e) (c)の元素の単体に希塩酸を加えると水素が発生するが、銅や銀の単体に希塩酸を加えても水素は発生しない。これはなぜか、50 字程度で説明しなさい。

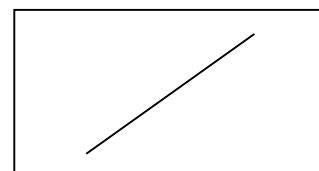
以下に記入すること

(1)

(a)

n	l	m	M_s	副殻名称
1	0	(ウ) 【 】	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	1s
2	0	(ウ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	2s
	(ア) 【 】	(エ) 【 】	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	(ケ) 【 】
		(オ) 【 】	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(カ) 【 】	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
3	0	(ウ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	3s
	(ア)	(エ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	3p
		(オ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(カ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
	(イ) 【 】	(キ) 【 】	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	(コ) 【 】
		(エ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(オ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(カ)	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	
		(ク) 【 】	$+\frac{1}{2}$ 、 $-\frac{1}{2}$	

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

(c)

原子番号：

元素記号：

(d)

以下に記入すること

(e)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(2) 以下の問に答えなさい。

- (a) 体心立方格子構造、面心立方格子構造、ダイヤモンド構造について、表 1 の空欄に入るべき数字もしくは元素名を解答欄に記入しなさい。

表 1 各結晶構造の特徴

	体心立方格子構造	面心立方格子構造	ダイヤモンド構造
最近接原子数	(ア)	(イ)	(ウ)
充填率 (注 1)	68 %	(エ) %	34 %
それぞれの構造をとる元素 (注 2)	(オ)	(カ)	(キ)

(注 1) 充填率は剛体球によって占有できる最大体積の単位格子体積に対する割合である。

(注 2) 室温、大気圧条件で安定に存在できる元素名を 1 つあげること。元素記号で示してもよい。

- (b) 基本単位格子ベクトル a, b, c をもつ結晶構造について、図 1 から図 3 にそれぞれ灰色で示された結晶面に相当する面指数 (hkl) を記入しなさい。

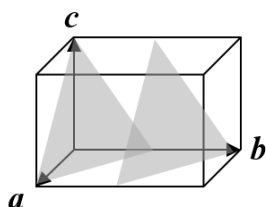


図 1

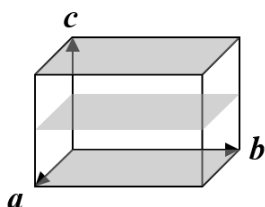


図 2

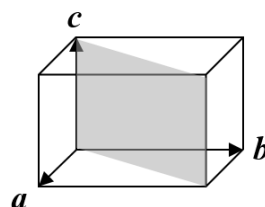


図 3

- (c) 物質に単一波長の X 線を用いて X 線回折測定を行ったところ、特定の結晶面からの回折ピークが観察された。面指数 (hkl) で表される結晶面からの散乱強度は、式(1)で表される結晶構造因子 F の二乗に比例する。 f_i は位置 $i(x_i, y_i, z_i)$ にある原子の原子散乱因子である。

$$F = \sum_i f_i \exp[2\pi i(hx_i + ky_i + lz_i)] \quad (1)$$

原子散乱因子を f として、体心立方格子構造の結晶構造因子 F を求めなさい。また回折ピークが観察されるとき h, k, l の条件を示しなさい。

以下に記入すること

(2)

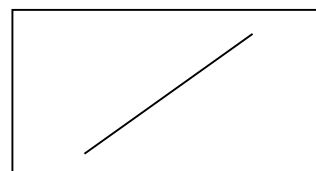
(a)

ア： _____ イ： _____ ウ： _____

エ： _____ %

オ： _____ カ： _____ キ： _____

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

図 1 : $(hkl) = (\quad \quad \quad)$

図 2 : $(hkl) = (\quad \quad \quad)$

図 3 : $(hkl) = (\quad \quad \quad)$

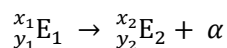
(c)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の文章に関する問に答えなさい。

原子は物質を構成する基本的な単位で、正の電荷をもつ原子核と、それを取り巻く核外電子とによって構成される。原子核は (ア) と (イ) からなる。(ア) と (イ) は原子核を構成する粒子であり、両者を総称して (ウ) と呼ぶ。(ア) の数を Z 、(イ) の数を N であらわすとき、 $Z+N$ を (エ) と呼び、 A であらわす。原子が中性の場合、核外電子の数は Z と一致する。 Z と N の数が決まると原子の種類は一意に決まる。2 種以上の核種を比較する際、 Z の値が同じで N の値のみが異なる場合がある。これらの核種を (オ) と呼び、 ${}^x_y\text{E}$ といった表記法が用いられる。なお、 E は仮想の元素記号とする。(オ) の中には、不安定な原子核が放射線を放出することで、他の安定な核種へと変化するものも存在する。これらの核種は (カ) と呼ばれる。

- (a) 空欄 (ア) から (カ) に入る、適切な用語を答えなさい。
- (b) ${}^x_y\text{E}$ という表記法において、 x と y には Z 、 N 、 A のいずれかの数値が入る。それぞれにどの数値が入るかを答えなさい。
- (c) 下線部は、放射性壊変（あるいは放射性崩壊）と呼ばれる現象である。ある核種 E_1 が α 壊変し核種 E_2 が生成する以下の反応式について、 x_1 と x_2 、 y_1 と y_2 の関係を答えなさい。



- (d) (エ) が 14 の炭素原子が β^- 壊変した場合、どのような核種が生成するかを答えなさい。
- (e) 放射性壊変は、一次反応速度式に従うことが知られている。(d) の放射性壊変の半減期を $5.7 \times 10^3 \text{ year}$ とした場合、その壊変定数 λ を計算し求めなさい。ただし、 $\ln 2 = 0.69$ とし計算すること。
- (f) 実験室で (カ) を扱う場合について考える。 α 壊変、 β^- 壊変および γ 壊変により放出される放射線の遮蔽方法について、それぞれ 50 文字程度で説明しなさい。

以下に記入すること

(3)

(a)

ア	イ	ウ
エ	オ	カ

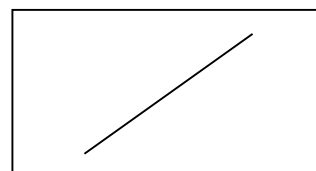
(b)

x	y
-----	-----

(c)

(d)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(e)

以下に記入すること

(f)

α 壊変	
β^- 壊変	
γ 壊変	

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	エネルギー量 子工学コース	受験 番号	
--------------	-------------	------------------	----------	--

平成 31 年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 エネルギー量子工学コース

基礎科目 入試問題

【注意】

- ・ 下表の科目について、それぞれ2題を選択して解答しなさい。
- ・ 下表の空欄に、解答する出題番号（(1)～(3)）を記入すること。
- ・ 各出題番号（(1)～(3)）に対する解答は、全てその問題の解答欄内に記入し、別の問題の解答用紙に解答を記入しないこと。
- ・ 本紙およびすべての問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入しなさい。
- ・ 問題解答用紙について、汚損や破損がないか確認すること。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収する。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせること。

受験科目一覧

科目名	解答番号記入欄	
数学		
物理		
化学		

平成 30 年 8 月 22 日（水）
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 以下の問に答えなさい。

塩化ナトリウム (NaCl) を例にとって、イオン結晶の結合エネルギーを概算してみよう。

距離 a にある一対の正負イオン (電荷は $\pm e$) を、その間の引力に逆らって無限遠まで引き離すのに必要なエネルギーは、 $\square$ (ア) と表される。このようなイオン対が 1 モルあるとき、それらを引き離すのに必要なエネルギーは、 $\square$ (ア) にアボガドロ定数をかければ良い。しかし、結晶のエネルギーは、このような種類のイオン対についてのみではなく、あらゆるイオン間の対についてのエネルギーの総和として考えなければならない。例えば、結晶中の一つのイオンに着目すると、NaCl 型結晶の場合、ある一つのイオンから近い順に、距離 a (最隣接) のところに $\square$ (イ) 個の異符号のイオンがあり、 a の $\square$ (ウ) 倍の距離 (第二隣接) のところに $\square$ (エ) 個の同符号のイオンがあり、そして、 a の $\square$ (オ) 倍の距離 (第三隣接) のところに $\square$ (カ) 個の異符号のイオンがあり、・・・と、正負の項が無限遠まで順次続き、これらを全て加えて計算に反映させなければならない。このような級数は $\square$ (キ) 定数と呼ばれ、結晶構造ごとに数値が定まっている。ちなみに、NaCl 型構造の場合は、約 1.7476 である。

以上より、NaCl の 1 モルあたりの結合エネルギーは、 $\square$ (ア) にアボガドロ定数をかけたものに、さらに $\square$ (キ) 定数をかけることで概算できる。

(a) (ア) に入る式を、 a 、 e 、 ϵ_0 を用いて表しなさい。ただし、 ϵ_0 は真空の誘電率とする。

(b) (イ)、(ウ)、(エ)、(オ)、(カ) に入る数字を記しなさい。必要があれば、 $\sqrt{\quad}$ を用いて表すこと。

(c) (キ) に入る言葉を、カタカナで記しなさい。

(d) 上記のようにして求めた結果は、必ずしも実測値と一致しない。具体的には、計算結果のほうが 10% ほど実測値より大きくなるようである。なぜ、このような差が生じるのか。考えられる理由を 150 字程度で述べなさい。

以下に記入すること

(1)

(a)

(b) (イ)

(ウ)

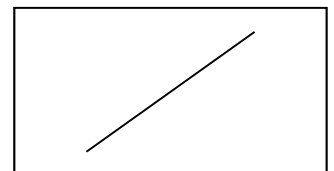
(エ)

(オ)

(カ)

(c) (キ)

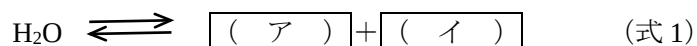
(d)



化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

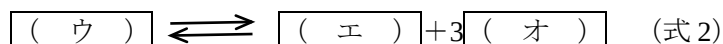
(2) 水溶液中における化学反応について、以下の文章に関する問に答えなさい。

水は極めてわずかであるがイオンに解離している。この化学反応式は以下の通りである。



上記反応式の右辺において、解離したイオン濃度の積を水の $\boxed{\text{(カ)}}$ と呼ぶ。25℃においてはこの値は $\boxed{\text{(キ)}} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ である。酸や塩基が溶解した水溶液でも、温度が一定であればこの関係が成り立っている。したがって、水溶液の酸性と塩基性の度合いは $\boxed{\text{(ア)}}$ の濃度の対数を用いて表され、これは $\boxed{\text{(ク)}}$ と呼ばれる。

これに類似した考え方は難溶性塩の溶解・析出反応にも適用できる。例えば、3価の鉄イオンに塩基を加えたときに生成する水酸化鉄の溶解反応は下記のように表される。



上記反応式の右辺において、溶解により生成したイオン濃度の積を溶解度積 K_{sp} と呼び、温度が一定であれば一定の値をとる。

- (a) 空欄 $\boxed{\text{(ア)}} \sim \boxed{\text{(オ)}}$ に入る化学種を、下記の例のように元素記号を用いて表しなさい。

例：NaCl、 Na^+ 、 Cl^-

- (b) $\boxed{\text{(カ)}}$ 、 $\boxed{\text{(ク)}}$ に入る用語と、 $\boxed{\text{(キ)}}$ に入る数値を記しなさい。

- (c) (式 2) における溶解度積 K_{sp} を、 $\boxed{\text{(エ)}}$ 、 $\boxed{\text{(オ)}}$ の濃度を用いて表しなさい。
なお、各化学種の濃度は下記の例のように角括弧を用いて表すものとする。

例： $[\text{Na}^+]$ 、 $[\text{Cl}^-]$

- (d) $2 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ の 3 価の鉄イオンを含む 25℃の酸性溶液に水酸化ナトリウム溶液を少量ずつ滴下していく場合、水酸化鉄の沈殿生成が起こり始める $\boxed{\text{(ク)}}$ を求めなさい。ただし、25℃における (式 2) の反応の溶解度積を $2 \times 10^{-39} \text{ mol}^4 \text{ dm}^{-12}$ とする。

- (e) 水溶液の $\boxed{\text{(ク)}}$ を電気化学的に測定するガラス電極の原理について、以下の用語を全て用いて 100 字程度で説明しなさい。

(用語：ガラス隔膜、内部液、試料溶液)

以下に記入すること

(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ
オ	

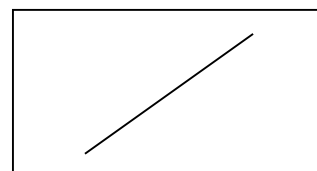
(b)

カ	キ
ク	

(c)

(d)

【裏面につづく】



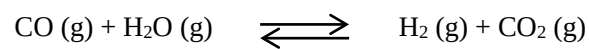
以下に記入すること

(e)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の間に答えなさい。

一酸化炭素と水から水素ガスを得る反応について考える。



反応に関与する物質は全て理想気体として扱ってよいものとし、また 298 K での標準生成自由エネルギーは以下の値とする。

$\text{H}_2 \text{ (g)} : 0 \text{ kJ/mol}$

$\text{CO (g)} : -137 \text{ kJ/mol}$

$\text{H}_2\text{O (g)} : -228 \text{ kJ/mol}$

$\text{CO}_2 \text{ (g)} : -394 \text{ kJ/mol}$

- (a) この反応の 298 K での標準自由エネルギー変化 ΔG° を求めなさい。
- (b) ある温度 T における平衡状態でのそれぞれの物質の分圧を、 P_{H_2} 、 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 P_{CO} 、 P_{CO_2} とする。これらの分圧を用いて圧平衡定数 K_p を求める式を書きなさい。
- (c) 圧平衡定数 K_p は、反応の標準自由エネルギー変化 ΔG° から計算することができる。両者の関係を示す式として適切なものを、以下の(i)～(iv)から選びなさい。また、その導出過程も示しなさい。ただし、 R は気体定数、 T は絶対温度とする。

$$(i) \Delta G^\circ = -RT \ln K_p \quad (ii) \Delta G^\circ = RT \ln K_p$$

$$(iii) K_p = -RT \ln \Delta G^\circ \quad (iv) K_p = RT \ln \Delta G^\circ$$

- (d) 共に 2.00 mol の一酸化炭素と水を密封容器に入れ、700 K で反応させ平衡に到達させたところ、全圧力は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。この平衡状態における各成分の分圧とモル数を求めなさい。なお、この反応の 700 K での圧平衡定数は、 $K_p = 9.00$ であるとする。

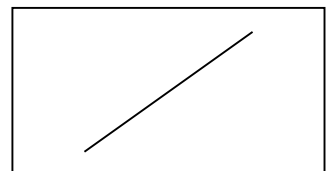
以下に記入すること

(3)

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

以下に記入すること

(d)

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	エネルギー量 子工学コース	受験 番号	
--------------	-------------	------------------	----------	--

平成30年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 エネルギー量子工学コース

基礎科目 入試問題

【注意】

- ・ 下表の科目について、それぞれ2題を選択して解答してください。
- ・ 下表の空欄に、解答する出題番号（(1)～(3)）を書いて示してください。
- ・ 本紙およびすべての問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入してください。
- ・ 問題解答用紙について、汚損や破損がないか確認してください。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収します。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせてください。

受験科目一覧

科目名	解答番号記入欄	
数学		
物理		
化学		

平成29年8月23日（水）
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 以下の問に答えなさい。

- (a) 平衡状態にある系に含まれる相の数を P 、成分の数を C 、自由度を F とすると、

$$F = C - P + 2$$

となる。これを Gibbs の相律と言う。以下の言葉を必ず用いて Gibbs の相律を導出しなさい。

化学ポテンシャル、温度、圧力、相、成分

- (b) 硫酸アンモニウムと硫酸ナトリウムの混合物がある。この混合物中の硫酸アンモニウムの含有量を調べるために、混合物 2.00 g を水酸化ナトリウム水溶液に溶かして煮沸し、アンモニアを完全に揮発させた。揮発させたアンモニアを 0.500 mol/l の硫酸 50.0 ml に吸収させた。吸収液に純水を加え 200 ml にし、そのうち 20.0 ml をフラスコにとり、含まれる硫酸の量を 0.200 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和するのに 11.0 ml 要した。一連の操作に関して以下の問に答えなさい。

- (i) アンモニアを吸収させた硫酸に純水を加えて 200 ml にする操作はなぜ必要なのか説明しなさい。
- (ii) 中和に要した水酸化ナトリウムの物質量は何 mol か答えなさい。
- (iii) 揮発したアンモニアの物質量は何 mol か答えなさい。
- (iv) 混合物中の硫酸アンモニウムの割合を重量%で求めなさい。

ただし、計算に用いる原子量は以下のとおりとする。

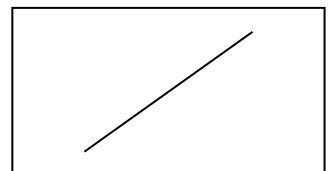
H: 1.00、N: 14.0、O: 16.0、S: 32.1、Na: 23.0

以下に記入すること

(1)

(a)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

(i)

(ii)

(iii)

(iv)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(2) 以下の間に答えなさい。

(a) ヘスの法則について、以下の (ア) から (エ) の空欄を埋めなさい。

ある化学反応の (ア) は、その反応の始めの状態と (イ) の状態だけで決まり、反応を形の上で何段階かに分けた場合でも、(ウ) は同じとなる。これは熱力学 (エ) 法則を (ア) に応用したものである。

(b) グラファイト、水素およびエタノールの燃焼反応の反応式を示しなさい。

(c) エタノールの 25℃における標準生成エンタルピーを計算しなさい。ただし、グラファイト、水素およびエタノールの標準燃焼エンタルピーは 25℃で、それぞれ $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 $-285.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ および $-1367 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。

以下に記入すること

(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ

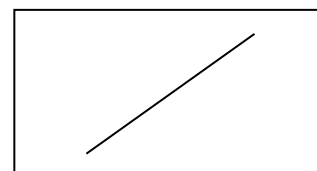
(b)

グラファイト

水素

エタノール

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の文章に関する問に答えなさい。

(ア) とは、中心となる原子（イオン）に数個の原子または原子団が結合して生成した分子または多原子イオンである。中心原子は多くの場合、金属元素の原子である。これを、中心元素が非金属元素の原子である場合と区別して、(イ) ということもある。中心原子に結合している原子または原子団を(ウ) という。また、中心原子を取り巻く(ウ) の数を(エ) と呼ぶ。(ウ) の空間的な配置により、(ア) の幾何学的構造が決まる。

塩化銀は、硝酸銀水溶液と塩化ナトリウム溶液を混合したときにできる白色の沈殿で、水にはほとんど溶けないが、アンモニア水には溶けてジアンミン銀イオンを生成する。このイオンは、中心原子が銀原子、(ウ) がアンモニアである(イ) であり、(エ) は(オ) である。

金属ニッケルは、一酸化炭素と反応してテトラカルボニルニッケルを生成する。テトラカルボニルニッケルも一種の(イ) であって、中心原子のニッケルの酸化数は 0 という特異的な化合物であり、また(エ) は(カ) である。

- (a) 空欄(ア) から(カ) に入る、適切な用語もしくは数字を答えなさい。
- (b) ジアンミン銀イオンの化学式を書きなさい。
- (c) テトラカルボニルニッケルの化学式を書きなさい。
- (d) 中心原子が M、(ウ) が L の場合について、下線部に示した幾何学的構造について考える。(エ) が 2 である $[\text{ML}_2]$ の場合にとりうる主要な構造は直線型であり、以下のように図示できる。



この例にならって、 $[\text{ML}_4]$ が取り得る主要な立体構造を 2 つ、 $[\text{ML}_6]$ が取り得る主要な立体構造 1 つを図示しなさい。

- (e) 中心原子 M に対し、2 種類の(ウ) (X と Y) が結合した $[\text{MX}_2\text{Y}_4]$ について考える。この化合物が取り得る立体構造には、シス体とトランス体の 2 種類がある。これら幾何異性体をそれぞれ図示しなさい。

以下に記入すること

(3)

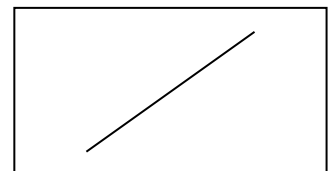
(a)

ア	イ	ウ
エ	オ	カ

(b)

(c)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(d)

(e)

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	エネルギー量 子工学コース	受験 番号	
--------------	-------------	------------------	----------	--

平成 29 年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 エネルギー量子工学コース

基礎科目 入試問題

【注意】

- ・ 下表の科目について、それぞれ2題を選択して解答してください。
- ・ 下表の空欄に、解答する出題番号（(1)～(3)）を書いて示してください。
- ・ 本紙およびすべての問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入してください。
- ・ 問題解答用紙について、汚損や破損がないか確認してください。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収します。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせてください。

受験科目一覧

科目名	解答番号記入欄	
数学		
物理		
化学		

平成 28 年 8 月 24 日 (水)
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 以下の問に答えなさい。

(a) 六方最密構造の単位格子を描きなさい。格子内原子座標と格子定数（各軸の長さと軸どうしのなす角）も記しなさい。

(b) 図 1 に示すような 1 価の正負のイオンが等間隔 r で交互に無限に並んだ線状の系のマードルンク定数 α を求めなさい。ただし、 $\ln(1+x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{(k-1)}x^k}{k}$ で、 $\ln 2 \doteq 0.69$ とする。

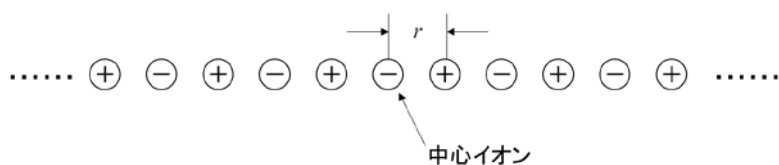


図 1 r 間隔ごとに交互に符号が変わる 1 価のイオンが直線上に並んでいる系

(c) 下記の四角の枠内の物質の結晶を、解答欄にある適切な結合様式に分類しなさい。

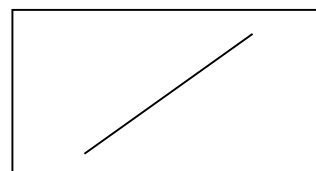
鉄、塩化カルシウム、エタノール、チタン、ダイヤモンド、アンモニア、
水、ネオン、アルゴン、ナトリウム、シリコン、塩化セシウム

以下に記入すること

(1)

(a)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

以下に記入すること

(c)

結合様式	物質名
ファンデルワールス力	
イオン結合	
共有結合	
金属結合	
水素結合	

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(2) 以下の問に答えなさい。

(a) ラウールの法則について、以下の (ア) ～ (エ) の空欄を埋めなさい。

溶媒の蒸発速度と (ア) 速度が釣り合ったとき、蒸気の示す圧力を (イ) という。つまり、(イ) とは溶液と蒸気が (ウ) にあるときの蒸気の圧力である。混合物に含まれているある成分の蒸気分圧は、純物質の (イ) に混合物中のその成分の (エ) をかけたものに等しい。

(b) 硝酸カルシウム四水和物 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の結晶 50 g を水 250 g に溶解した。 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ の質量百分率を計算しなさい。なお硝酸カルシウム四水和物および水の分子量はそれぞれ 236 および 18 とする。

(c) 質量百分率 35 wt%、密度 1.2 g cm^{-3} の塩酸がある。この塩酸のモル濃度および重量モル濃度を計算しなさい。なお塩酸の分子量を 37 とする。

以下に記入すること

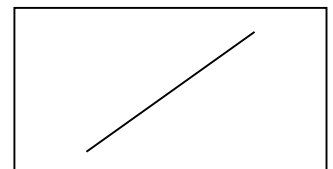
(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

モル濃度

重量モル濃度

以下に記入すること

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の問に答えなさい。計算に必要であれば、以下の数値を用いること。

系の温度 $T = 25^{\circ}\text{C} = 298\text{ K}$

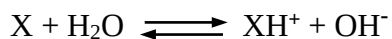
水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ (25°C)

常用対数 $\log 2 \doteq 0.30$ $\log 3 \doteq 0.48$ $\log 5 \doteq 0.70$ $\log 7 \doteq 0.85$

- (a) NaOH は強塩基であり、水溶液中で完全に解離しているものとみなして考える。
濃度 $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ の NaOH 水溶液の pH はいくらになるか。以下の選択肢 (ア) ～ (セ) の中から最も近い値を選びなさい。

(ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 5
(カ) 6 (キ) 7 (ク) 8 (ケ) 9 (コ) 10
(サ) 11 (シ) 12 (ス) 13 (セ) 14

- (b) 1 価の弱塩基である物質 X が、水溶液中で以下のように解離しているものとする。



X の初期濃度を $[\text{X}_0]$ 、解離度を α_x とした場合、平衡に達した時の各物質の濃度 $[\text{X}]$ 、 $[\text{XH}^+]$ 、 $[\text{OH}^-]$ を、 $[\text{X}_0]$ と α_x を使って示しなさい。

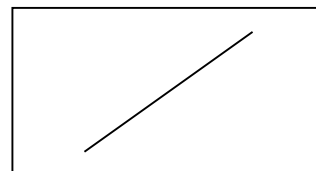
- (c) 物質 X の塩基解離定数 K_x を、 $[\text{X}_0]$ と α_x を使って示しなさい。
- (d) $[\text{X}_0]$ が $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ 、 K_x の値が $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ とした場合、この溶液の pH はいくらになるか。(a)の選択肢 (ア) ～ (セ) の中から最も近い値を選びなさい。
- (e) この物質 X の水溶液 0.10 dm^3 を、強酸である HCl 水溶液 (濃度 : $0.020 \text{ mol dm}^{-3}$) で滴定する場合について考える。当量点となる滴定量 V_1 を求めなさい。
- (f) さらに HCl 溶液を加え、滴定量が $2V_1$ になった時の pH はいくらになるか。(a)の選択肢 (ア) ～ (セ) の中から最も近い値を選びなさい。

以下に記入すること

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

(d)

以下に記入すること

(e)

(f)