

2025 年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 応用化学コース)

(科目名: 専門)

2025 年 2 月 22 日 (土)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

次の 6 問のうち、3 問を選んで答えなさい。別紙解答用紙には、必ず解答する問題番号を記入した上で、解答しなさい。

問題 1 [無機化学系 1]

I 空欄に入る最も適切な語句、記号及び数字を入れなさい。

- (1) 陰イオンが立方最密充填されており、陽イオンがその 4 面体サイトの半分を一つおきに占めている構造に関して次の問いに答えなさい。このような構造を (a) 構造といい、この結晶構造の化合物には、一例として (b) がある。また、この化合物の陰イオンが六方最密充填している場合には、(c) 構造といい、この結晶構造の化合物には、一例として (d) がある。この化合物では、それぞれ陰イオンは陽イオンに、陽イオンは陰イオンに (e) : (f) 配位している。

(a)	(b)	(c)	(d)
(e)	(f)		

- (2) $MgAl_2O_4$ の化学式で表される化合物について、最も適切なものを選びなさい。O は、面心立方構造を取り、その 4 面体サイトの (a) % を Mg が、8 面体サイトの (b) % を Al が占めている。O は、Mg に (c) 配位、Al に (d) 配位している。この化合物の空間群を考えた場合、国際表記の最初にくるブラベー格子は、(e) であり、[111] 軸周りの対称要素は (f) で表され、[110] 軸周りの対称要素は、(g) で表される。

(a)	(b)	(c)	(d)
(e)	(f)	(g)	

II A と B の 2 種類の構成原子からなる化合物を考えた場合、単位格子中の各原子位置は定まっており、3 次元的に規則性のある結晶構造をとる。一方、固溶体は、単位格子中の構成原子の位置が定まっていない。固溶体には、置換型固溶体と侵入型固溶体の 2 種類が知られている。それぞれの固溶体の構成原子を 2 種類とし、それら固溶体の特徴を各 100 字以内で説明しなさい。

得点

2025 年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 応用化学コース)

(科目名: 専門)

2025 年 2 月 22 日 (土)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問題 2 [無機化学系 2]

問(a) 水蒸気蒸留では、なぜ沸点より低い温度で蒸留できるのか、次の用語を必ず用いて説明しなさい。(用語: 蒸気圧、大気圧、一致、沸騰)。

問(b) 水に難溶の高沸点化合物 A を大気圧 101.3 kPa で水蒸気蒸留したとき 98.5°C で留出した (この温度における水の蒸気圧は 94.6 kPa とする)。その留液中には A が質量百分率で 26.8% 含まれていた。このときの A の分子量を求めなさい。この化合物はベンゼン環をもつことがわかっている。この化合物の物質名を答えなさい。

必要であれば、原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.01、C = 12.01、O = 16.00、N = 14.01

得点

2025年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 応用化学コース)

(科目名:専門)

2025年2月22日(土)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問題3 [有機化学系1]

I 次の問いに答えなさい。

- 次の名称をもつ化合物の構造式をそれぞれ書きなさい。
(a) 2-クロロブタノール (b) 4-ブロモ-2-ヒドロキシシクロヘキサノン
- C_3H_6 の分子式をもつ化合物に対して可能な異性体を全て考え、それらの構造式と名称を書きなさい。
- 1,3-ブタジエンの共鳴構造(極限構造式)を書きなさい。

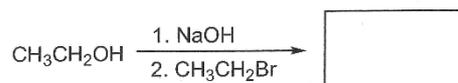
II プロピオン酸 (CH_3CH_2COOH : 沸点 $141^\circ C$) は、同じ分子式をもつ酢酸メチル (CH_3COOCH_3 : 沸点 $57^\circ C$) よりも高い沸点を持つ。その理由を考え、100字程度で説明しなさい。

III 次の(a)~(c)の各反応式において、空所に入る分子構造を、それぞれ書きなさい。

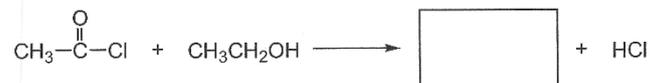
(a) アルケンの付加反応 (Markovnikov型付加)



(b) Williamsonエーテル合成



(c) 酸塩化物からのエステル合成



得点

得点

2025年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 応用化学コース)

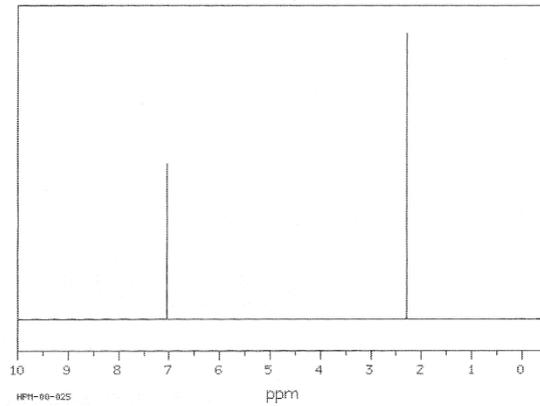
(科目名: 専門)

2025年2月22日(土)

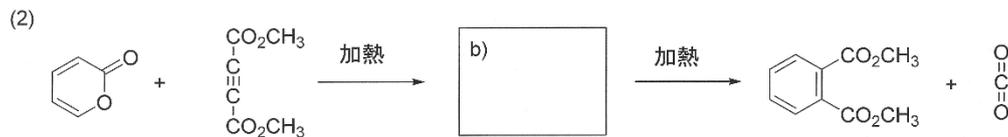
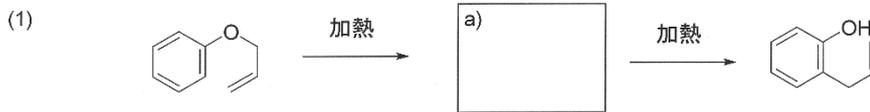
受験番号		氏名	
------	--	----	--

問題4 [有機化学系2]

I ベンゼンに塩化アルミニウムの存在下、ヨウ化メチルを反応させると複数の化合物が生成した。蒸留によって分離した主な生成物の¹H NMRスペクトルを以下に示す。なお、2.30 ppmと7.05 ppmの一重線のシグナルの積分比は3:2であった。この化合物の構造式と化合物名を答えなさい。



II 次の二つのペリ環状反応は、遷移状態あるいは中間体を経て進行する。これらの中間状態の構造を書きなさい。



III ビレンなどの多環芳香族化合物に光を照射すると発光するものが存在する。その発光には蛍光とりん光の2種類がある。蛍光とりん光の違いを2つ挙げて、これらを識別する方法を説明しなさい。

得点

2025年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 応用化学コース)

(科目名: 専門)

2025年2月22日(土)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問題5 [物理化学系1]

次の問いⅠ～Ⅲに答えなさい。必要ならば、原子量、定数および数値は次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12, O = 16

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、気体定数 $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$\log_e 0.2 = -1.6$, $\log_e 0.5 = -0.69$, $\log_e 1.5 = 0.41$, $\log_e 2 = 0.69$, $\log_e 5 = 1.6$

Ⅰ 次の文章の空所【1】～【3】を埋め、適切な式を完成させなさい。

ある理想気体(完全気体)の分子1個の質量を m 、その平均二乗速度を $\langle v^2 \rangle$ とすると、気体分子1個の並進の平均運動エネルギー $\bar{\epsilon}_k$ は m と $\langle v^2 \rangle$ を用いて、 $\bar{\epsilon}_k = \text{【1】}$ と記述できる。気体分子運動論によると、気体の熱力学温度が T であった場合、ボルツマン定数 k_B を用いて、 $\bar{\epsilon}_k = \text{【2】}$ と予測される。これらの式より、分子の根平均二乗速度は、 $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \text{【3】}$ となる。

Ⅱ 気体のエタン (C_2H_6) 6.00 g が温度 310 K で 5.15 dm^3 の体積を占めている。エタンは理想気体としてふるまうものとして、次の問い(1)および(2)に答えなさい。

(1) この気体が 50.0 kPa の一定外圧に対して等温で膨張し、体積が 10.3 dm^3 にまで増加したとき、この気体が行った仕事を有効数字3桁で求めなさい。

(2) 前記(1)と同じ体積増加の膨張が、等温可逆的に起こった場合(膨張の間、系と外界は力学的平衡にある)、この気体が行った仕事を有効数字3桁で求めなさい。

Ⅲ 窒素肥料の原料であるアンモニアを低コストで合成するプロセスの開発は、食料の安定供給を達成する上で重要な課題である。そこで、ありふれた液体の水と窒素ガスからアンモニアを合成する反応①を考案した。

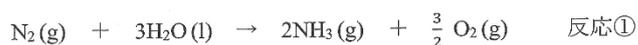


表1に示す各物質の標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\ominus$ および標準モルエントロピー S^\ominus の値を用いて、反応①の

(1) 標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\ominus$ 、
(2) 標準反応エントロピー $\Delta_r S^\ominus$ 、(3) 標準反応ギブズエネルギー $\Delta_r G^\ominus$ をそれぞれ求めなさい。また、この反応が大気圧下 ($1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)、 25°C において自発的に進行するか否かをその根拠とともに論じなさい。

	$\Delta_f H^\ominus / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^\ominus / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
「水素」		
$\text{H}_2(\text{g})$	0	130
$\text{H}(\text{g})$	+220	110
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-290	70
「窒素」		
$\text{N}_2(\text{g})$	0	190
$\text{N}(\text{g})$	+470	150
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46	190
「酸素」		
$\text{O}_2(\text{g})$	0	210
$\text{O}(\text{g})$	+250	160

得点

2025年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 応用化学コース)

(科目名: 専門)

2025年2月22日(土)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問題6 [物理化学系2]

I 波長 550 nm におけるモル吸光係数 ϵ が $1.00 \times 10^4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ の有機化合物 X の水溶液を光路長 1 cm のセルに入れ、550 nm における光の透過率 T を測定したところ、 $T=10.0\%$ であった。以下の問い(1)と(2)にそれぞれ答えなさい。

- (1) 吸光度 A と透過率 T の関係式を書きなさい。
- (2) この水溶液の有機化合物 X のモル濃度を求めなさい。

II ある一塩基酸 (HA) の 25°C における酸解離定数 K_a が $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとする。この HA の共役塩基 (A⁻) の塩基解離定数 K_b はいくらか求めなさい。

III 水酸化カルシウム Ca(OH)_2 の 25°C における溶解度積 K_{sp} は $5.0 \times 10^{-7} (\text{mol dm}^{-3})^3$ である。以下の問い(1)～(3)に答えなさい。なお、水の電離による H^+ および OH^- の影響は無視できるものとする。

- (1) Ca(OH)_2 の溶解平衡の反応式、溶解度積、電気的中性の関係式をそれぞれ書きなさい。なお、平衡状態のときの Ca^{2+} および OH^- のモル濃度を、それぞれ $[\text{Ca}^{2+}]$ および $[\text{OH}^-]$ と表すこと。
- (2) 25°C における Ca(OH)_2 の溶解度 (mol dm^{-3}) を求めなさい。
- (3) Ca(OH)_2 の飽和水溶液の pH を求めなさい。

得点