

2024年度 総合化学院修士課程

入学試験問題

総合基礎科目（総合基礎化学）

（専門基礎科目も解答しなさい）

2023年8月8日（火） 9:30～12:00

（専門基礎科目の試験時間も含む）

注意事項

- (1) 全設問に解答しなさい。
- (2) 配点は100点である。
- (3) 解答は設問毎に所定の答案用紙に記入しなさい。
- (4) 答案用紙の所定の欄に受験番号を必ず記入しなさい。
- (5) 答案用紙は全部で4枚ある。4枚ともすべて提出しなさい。
- (6) 草案用紙は全部で2枚ある。
- (7) 問題紙、草案用紙は提出する必要はない。

総合化学院 総合化学専攻

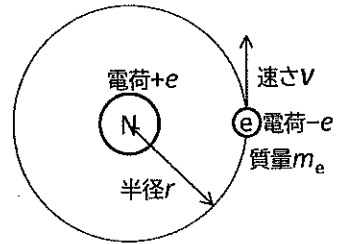
試験科目	総合基礎化学 (1 / 4)
------	----------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙4枚)。

設問1 以下の問 (1) ~ (4) に答えなさい。必要に応じて、以下の定数を用いること。

真空中の光速	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$	
真空の誘電率	$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$	$[1 \text{ F m}^{-1} = 1 \text{ m}^{-3} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^4 \text{ A}^2]$
電子の質量	$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$	
陽子の質量	$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$	
中性子の質量	$m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$	
電気素量	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$	$[1 \text{ C} = 1 \text{ s A}]$
プランク定数	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$	$[1 \text{ J s} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}]$
電子ボルト	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$	$[1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}]$

右図のような水素原子核 N と電子 e で構成される水素原子のボーア模型を考える。すなわち、電子 e は原子核 N を中心に等速円運動している。ここではクーロン力のみを考え、クーロンの法則により、原子核 N が電子 e に及ぼす力は、電荷の積および原子核-電子間距離 r の逆数の二乗 (r^{-2}) に比例し、比例係数は $(4\pi\epsilon_0)^{-1}$ である。



- (1) 安定水素原子核のひとつである重水素 D (^2H) の原子核の質量は $3.344 \times 10^{-27} \text{ kg}$ である。D の核子間の結合エネルギー (単位は eV) を求めなさい。
- (2) 電子の等速円運動の速さを v (単位は ms^{-1}) とすると、向心力は $F = \frac{m_e v^2}{r}$ で表され、これがクーロン力の大きさと一致する。 $r = \square$ の形で r と v の関係を表しなさい。
- (3) ボーアの量子化条件によると、電子が円軌道を周回した時に物質波の位相が重なる (定在波になる) 場合のみ、電子が安定に円運動できる。この条件を満たす半径最小の円軌道の半径 r とその時の電子の速さ v を、 r と v を使わない文字式で表しなさい。運動量 p で運動する物質波のド・ブローイ波長 λ は $\lambda = \frac{h}{p}$ で表されることを利用してよい。
- (4) (3) の半径最小の円軌道を周回する電子のド・ブローイ波長を、有効数字4桁で求めなさい (単位は m)。

総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (2/4)
------	--------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙4枚)。

設問2 以下の問 (1) および (2) に答えなさい。

(1) 三フッ化ホウ素 (BF_3) 分子および五フッ化塩素 (ClF_5) 分子について、以下の問

1) ~ 4) に答えなさい。

1) それぞれの分子のルイス構造を描きなさい。

2) それぞれの分子の立体構造を次の (あ) ~ (け) から選び、記号で答えなさい。

(あ) 平面三角形 (い) 平面正方形 (う) 平面五角形

(え) 正四面体形 (お) 歪んだ四面体形 (か) T字形

(き) 正方ピラミッド形 (く) 三方両錐体形 (け) 正八面体形

3) それぞれの分子の極性の有無を答えなさい。

4) それぞれの分子において中心原子がとるべき混成軌道を答えなさい。

(2) イオン結晶に関する表1の (ア); (イ) にはあてはまる語句を、(ウ) ~ (ク) にはあてはまる数字を答えなさい。また、(ケ), (コ) にはあてはまる化学式を、 CaF_2 , Fe_3O_4 , TiO_2 , ZnS の中からそれぞれ1つ選んで答えなさい。

表1

陰イオンの 充填構造	4配位位置にお ける陽イオンの 占有率 (%)	6配位位置にお ける陽イオンの 占有率 (%)	8配位位置にお ける陽イオンの 占有率 (%)	結晶の例
立方最密	0	(オ)	-	NaCl
	50	0	-	(ケ)
	(ウ)	(カ)	-	Li_2O
(ア)	0	(キ)	-	NiAs
	0	50	-	(コ)
	(エ)	0	-	ZnO
(イ)	-	-	(ク)	CsCl

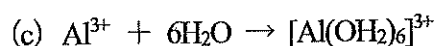
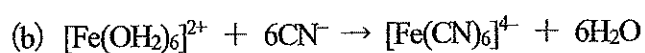
総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (3/4)
------	--------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙4枚)。

設問3 以下の問(1)～(4)に答えなさい。ただし、すべて標準状態を考えるものとする。

(1) 以下の(a)～(c)の反応でルイス塩基として働いているのはそれぞれ何か、化学式で答えなさい。



(2) 酢酸ナトリウム水溶液 (0.10 mol dm^{-3}) 中の水素イオン濃度を計算し、有効数字2桁で求めなさい。ただし、酢酸の酸解離定数 K_a は $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ とする。

(3) 安息香酸の $\text{p}K_a$ は 4.2 である。安息香酸の共役塩基を書き、その $\text{p}K_b$ を求めなさい。

(4) NaHCO_3 水溶液 (0.10 mol dm^{-3}) の pH を炭酸の酸解離定数 $\text{p}K_{a1} = 6.37$ および $\text{p}K_{a2} = 10.25$ を用いて有効数字2桁で求めなさい。

総合化学院 総合化学専攻

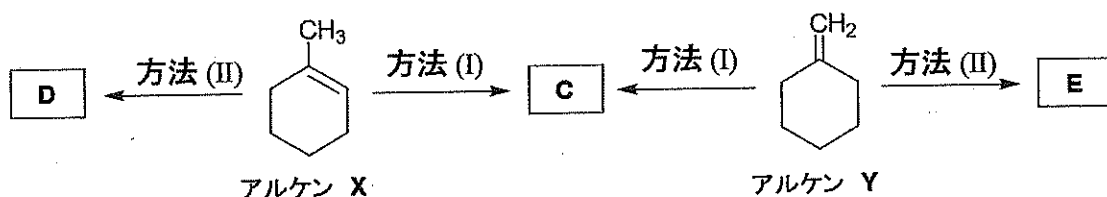
試験科目

総合基礎化学 (4 / 4)

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

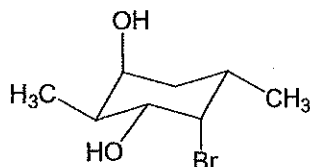
設問4 以下の問(1)～(3)に答えなさい。

アルケンの水和によってアルコールを生成する代表的な方法として、 $\text{Hg}(\text{OAc})_2$ を作用させた後に NaBH_4 と反応させる方法 (I), および **A** を作用させた後に **B** と反応させる方法 (II) がある。非対称に置換したアルケンを出発物質にすると、方法 (I) と方法 (II) は、構造異性体の関係にあるアルコールをそれぞれ選択的に与える。以下のスキームの環状アルケン **X** および **Y** をそれぞれ出発物質にすると、方法 (I) では同一のアルコール **C** を、また方法 (II) では **X** および **Y** からそれぞれ別のアルコール **D** および **E** を与えた。



- (1) 空欄 **A** および **B** にはあてはまる試薬または試薬の組み合わせをそれぞれ化学式で答えなさい。
- (2) アルコール **C**, **D**, および **E** はいずれもシクロヘキサン構造を持つ。その構造式を、アキシアルおよびエクアトリアル置換基の向きに注意しながら例にならって描きなさい。ただし、シクロヘキサン上の炭素置換基はすべてエクアトリアル位になるように描くこと。

構造式の例



- (3) 方法 (I) と同様に、**X** および **Y** を出発物質として、同一のアルコール **C** を与える試薬または試薬の組み合わせを化学式で答えなさい。