

令和3年度
理学部・都市デザイン学部

一般選抜（後期日程）

化学

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は、中敷き用紙1枚、問題用紙5枚、解答用紙4枚、下書き用紙1枚からなっています。試験開始の合図があってから確認して下さい。
なお、試験問題に文字などの印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れなどがあつた場合は、直ちにその旨を監督者に申し出て下さい。
3. 試験開始後に、すべての解答用紙の指定欄に受験番号を記入して下さい。
氏名を書いてはいけません。
4. 解答用紙には問題番号が指定されていますので、確かめてから解答して下さい。
指定された解答用紙以外に記入した解答は、評価（採点）の対象としません。
5. 試験終了後、解答用紙以外の問題冊子は持ち帰って下さい。

中敷き用紙

字数制限のある解答文中で記号や数字を用いる場合には、元素記号は各元素で1字、その他の記号・数字は（上付き、下付きでも）、それぞれ各1字と数えること。

（例： $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ は1 1字）

I 以下の問いに答えよ。

問（1） 密閉容器内に適当な量の液体を入れて放置すると、液体の表面で蒸発が起こり、やがて気液平衡状態に達する。気液平衡状態についての（ア）から（ウ）の記述のうち、正しいものを全て選べ。ただし、容器内には単一の物質しか存在していないとする。

- （ア）気液平衡状態では、単位時間あたりに蒸発する分子の数と凝縮する分子の数が等しい。
- （イ）気液平衡状態では、単位時間あたりに蒸発する分子数は、温度に関係なく一定である。
- （ウ）気液平衡状態での気体の圧力は、温度が一定であれば、容器の体積に関係なく一定である。

問（2） 容積 1.0 L の容器に、温度 0°C で圧力 $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ のアルゴンガスが入っている。この容器に、ある純物質 X の液体試料 3.7 g を加えた後密閉した。この容器全体の温度をゆっくりと上昇させながら、容器内の圧力を測定すると、図のような温度と圧力のグラフが得られた。次の①から③に答えよ。この実験では、液体試料を加える際に気体の出入りはないとする。また容器内で気体と液体との間は常に平衡状態にあるとする。なお、すべての気体は理想気体の状態方程式にしたがうものとし、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

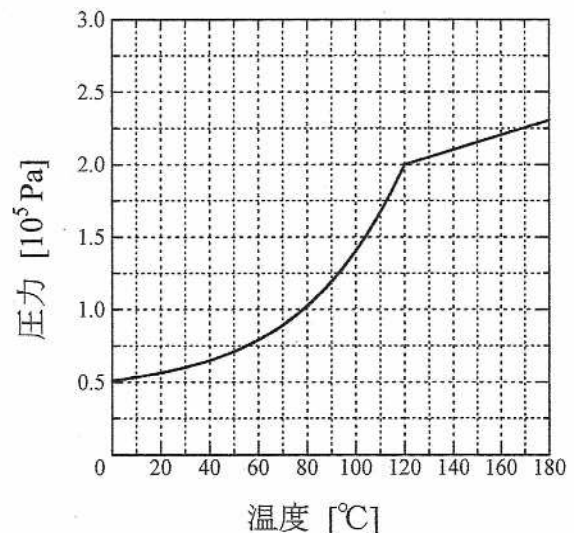


図 容器内の圧力の温度変化

（次のページに続く）

- ① 100℃と 140℃の温度において、容器内の純物質 X はそれぞれどのような状態であるか。次の (ア) ~ (ウ) から最も適切なものを選び記号を記せ。

(ア) 気体状態 (イ) 液体状態 (ウ) 気液平衡状態

- ② 容器内のアルゴンの物質量を有効数字 2 桁で求めよ。
- ③ 純物質 X の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問 (3) 標準状態における 1 mol の実在気体の体積とその物質の沸点を表に示した。以下の①から③に答えよ。

- ① HCl や NH₃ の沸点が、表に示した物質の中で著しく高い理由を 40 字以内で記せ。
- ② 標準状態における 1 mol の理想気体の体積は 22.41 L である。一方、実在気体の体積は、H₂ を除いて、沸点が高いほどこの値より小さくなる。この理由について 160 字以内で記せ。
- ③ H₂ の標準状態の体積が理想気体の体積よりも大きい理由を 40 字以内で記せ。

表 標準状態における 1 mol の実在気体の体積

気体	沸点 [°C]	体積 [L]
H ₂	-253	22.43
N ₂	-196	22.40
O ₂	-183	22.39
CH ₄	-161	22.37
HCl	-85	22.24
NH ₃	-33	22.09

II 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

窒素は幅広い酸化数をとる元素であり、様々な化合物を形成する。硝酸は強酸であると同時に強い酸化作用を持つため、(A)水素よりイオン化傾向の小さい銅や銀を酸化することができる。一方で、塩基として知られるアンモニアは、還元剤としても働き、(B)アンモニアの燃焼過程は複雑であり窒素酸化物が生成する反応もある。

硝酸をアンモニアで中和すると硝酸アンモニウムが生成する。硝酸アンモニウムは食料生産に欠かせない肥料であると同時に、爆発性を示す化合物である。窒素の化合物には他にも爆発性を示す化合物が知られている。亜硝酸アンモニウムも爆発性を示し、(C)その水溶液は加熱すると分解し窒素 N_2 を生成する。「雷銀」とも呼ばれる窒化銀(Ag_3N)も爆発性を示す。窒化銀は刺激に対して敏感で、叩く、こする、などにより容易に爆発する。

問(1) 硝酸、アンモニア、窒化銀における窒素の酸化数を記せ。

問(2) 下線部(A)に関連し、銀に濃硝酸および希硝酸を反応させた際の化学反応式をそれぞれ記せ。

問(3) 下線部(B)の反応のうち、アンモニアが燃焼して、水と二酸化窒素を生成する反応の化学反応式を記せ。

問(4) 下線部(C)で起こる反応の化学反応式を記し、酸化剤として働くイオンと還元剤として働くイオンをイオン式で記せ。

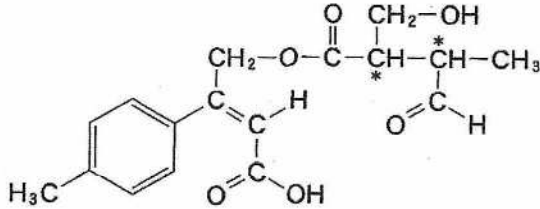
問(5) 窒化銀は爆発性を示すが、同じ窒化物の窒化リチウム(Li_3N)や窒化アルミニウム(AlN)は爆発性を示さない。亜硝酸アンモニウムの分解反応を参考に、窒化銀の爆発の際に起きると考えられる反応の化学反応式を書き、窒化リチウムや窒化アルミニウムが爆発性を示さない理由を80字以内で述べよ。

III

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

構造式は以下の例にならって記せ。ただし、*は不斉炭素原子を表す。



油脂はグリセリンと高級脂肪酸とのエステルである。(A)油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すれば、油脂の種類に応じたセッケンが得られる。この反応はけん化と呼ばれる。

セッケンを一定の濃度以上で水に溶かすと粒子状の集合体をつくる。この粒子中では、セッケンは炭化水素基部分を に向け、親水基部分を に向けて集合している。この水溶液に横から強い光を当てると、入射した光が される 現象が観察される。

けん化の際、(B)反応後の水溶液に多量の NaCl を加えると、セッケンを沈殿させて、取り出すことができる。セッケンの水溶液にフェノールフタレインを加えると、溶液は を呈する。

セッケンは 作用による洗浄力をもつが、セッケンの水溶液に(C)酸を加えて酸性にすると不溶物が生じ、溶液は洗浄力を失う。セッケンを(D)Ca²⁺を多く含む水(硬水)中で使用しても不溶物が生じ、溶液は洗浄力を失う。

大豆油やオリーブ油など常温で液体の油脂は不飽和脂肪酸のグリセリンエステルを多く含み と呼ばれる。 に対し、(E)ニッケルを触媒として水素を付加すると不飽和脂肪酸で構成された油脂が飽和脂肪酸で構成された油脂へと変化し、油脂が固化する。こうしてできた油脂を という。

問(1) から に最も適した語句をそれぞれ記せ。

問(2) 下線部(A)の反応を化学反応式で記せ。その際、油脂とそれを構成する脂肪酸とグリセリンは構造式で記し、脂肪酸の炭化水素基部分は、種類を区別せずに R で表せ。

問(3) 下線部(B)について、この操作によってセッケンが沈殿する理由を140字以内で説明せよ。

(次のページに続く)

問(4) 下線部 (C), (D) について, 生じる不溶物を構造式でそれぞれ記せ。
ただし, 脂肪酸の炭化水素基部分は, 種類を区別せずに R で表せ。

問(5) 下線部 (C) と (D) の操作を, ステアリン酸のみで構成された油脂から得たセッケンに行った結果, それぞれから不溶物として白い固体が得られた。しかし2つの白い固体が, 酸性溶液から生じたか, 硬水から生じたかの記録を忘れたので, 判別できなくなった。2つの白い固体に同一の実験操作を行い, その結果から改めて判別したい。

判別に用いる実験操作と, その結果から, 2つの白い固体が酸性溶液から生じたか硬水から生じたかを判別できる理由を, 140字以内で記せ。

問(6) 下線部 (E) の操作を, 単一の不飽和脂肪酸で構成された 436 mg の油脂 Q に行い, 飽和脂肪酸で構成された油脂へと完全に变化させたところ, 標準状態に換算して 100.8 mL の水素 H_2 が反応で消費された。また 436 mg の油脂 Q を完全に加水分解したところ, グリセリンが 46.0 mg 得られた。

油脂 Q を構成する不飽和脂肪酸の炭化水素基部分の炭素の数 m と水素の数 n を, それぞれ求めよ。計算過程も記せ。

受験番号

I

問(1)

--

問(2) ①

100°C	140°C

問(2) ②

	mol
--	-----

問(2) ③

計算過程		
	分子量	

問(3) ① (40字以内)

--

40

問(3) ② (160字以内)

--

160

問(3) ③ (40字以内)

--

40

受験番号

II

問(1) 窒素の酸化数

硝酸	アンモニア	窒化銀

問(2) 化学反応式

濃硝酸との反応	
希硝酸との反応	

問(3) 化学反応式

--

問(4)

化学反応式	酸化剤	還元剤

問(5) 化学反応式

--

問(5) (80字以内)

--

受験番号

Ⅲ

問(1)

ア		イ		ウ		エ	
オ		カ		キ		ク	

問(2) 化学反応式

--

問(3) (140字以内)

--

100

140

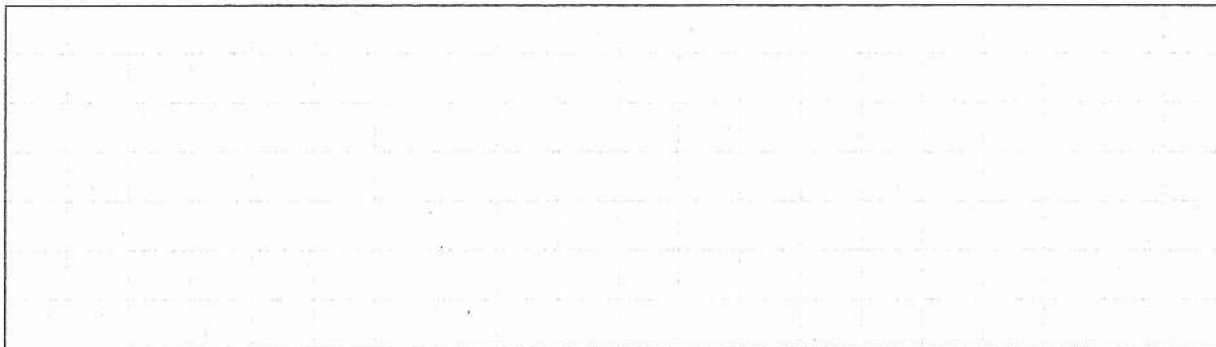
問(4) 構造式

(C)	(D)

受験番号							
------	--	--	--	--	--	--	--

Ⅲ 続き

問(5) (140字以内)


--

100

140

問(6)

計算過程



答え $m =$ $n =$

下書き用紙

見本