



国語，数学，理科(化学，生物)問題

はじめに，これを読みなさい。

1. これは，国語，数学，化学，生物の4科目の問題を綴じた冊子である。必要な科目を選択して解答しなさい。食料環境政策学科受験者は「国語」が必須である。
2. 問題は，数学，化学，生物については表面から82ページ，国語については裏面から14ページある。ただし，ページ番号のない白紙はページ数に含まない。
3. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか，受験票と照合して確認すること。
4. 監督者の指示にしたがい，解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。
5. 監督者の指示にしたがい，解答用紙にある「解答科目マーク欄」に1つマークし，「解答科目名」記入欄に解答する科目名を記入しなさい。なお，マークしていない場合，または複数の科目にマークした場合は0点となる。
6. 解答は，すべて解答用紙の所定欄にマークするか，または記入すること。所定欄以外のところには何も記入しないこと。解答番号は各科目の最初に示してある。
7. 問題に指定された数より多くマークしないこと。
8. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入のこと。
9. 訂正する場合は，消しゴムできれいに消し，消しくずを残さないこと。
10. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
11. 解答用紙はすべて回収する。持ち帰らず，必ず提出すること。
12. この問題冊子は必ず持ち帰ること。
13. マーク記入例

良い例	悪い例
	

化 学

(解答番号 1～30, 101～104)

注意：1. 原子量が必要な場合は、次の数値を用いなさい。

H = 1 C = 12 N = 14 O = 16 F = 19 Na = 23

Al = 27 Si = 28 S = 32 Cl = 35.5 K = 39 Ca = 40

Fe = 56 Br = 80 Ag = 108 I = 127 Pt = 195

2. 気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ または

$R = 0.0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

3. アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

4. 絶対温度 $T[\text{K}] = 273 + t[^\circ\text{C}]$

5. $1 \text{ mol} = 1000 \text{ mmol}$

[I] 以下の問いに答え、 ～ にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。また、解答欄 には数値を書きなさい。

1 質量はSI基本単位のひとつであるキログラム[kg]を単位として表される物理量であり、多くの力学関連量を計測する際に用いられる最も基本的な物理量のひとつである。キログラムの当初の定義は、18世紀末のフランスにおいて、水1リットルの質量が基準として用いられた。現在の定義は1889年に開催された第1回国際度量衡総会で決められたものであり、国際キログラム原器とよばれる白金イリジウム合金製の分銅が今でも世界で唯一の質量の基準として用いられている。しかしながら、表面汚染などの影響によりキログラム原器の質量はわずかながら変動しており、白金イリジウム合金製の分銅に頼る現在の定義は、 5×10^{-8} (1億分の5)程度の精度が限界であると推定されている。それゆえ、キログラムを普遍的な物理量を基準として再定義することが検討されている。

- (1) 白金は、それ自身は化学的には不活性である一方で、触媒として優れた能力を有するために広い用途をもっている。以下の化学反応のうち、触媒として一般的に白金を用いないものは である。

- A ハーバー・ボッシュ法
- B オストワルト法
- C 水素-酸素燃料電池
- D $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$
- E $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{HCHO} + 2\text{H}_2\text{O}$

- 2 キログラムの再定義には、原子の数から質量を決めるアボガドロ定数 N_A に基づくものと、相対論と光電効果から光子のエネルギーと質量とを関係づけるプランク定数 h に基づくものが検討されている。ここでは、化学になじみのある前者について考えることとする。

原子の相対質量の基準である ^{12}C の原子 1 個の質量を基準にすると、キログラムは、「基底状態にある静止した 個の自由な炭素原子 ^{12}C の質量に等しい。」と定義することができる。この再定義に基づくと、物質量の単位である 1 モルは、「原子・分子・イオンなどの同じ粒子をアボガドロ定数 N_A $6.022140857 \pm 0.000000074 \times 10^{23}$ (科学技術データ委員会による 2014 年推奨値) 個集めた集団の物質量である。」と個数として明示することができるようになる。

- (1) 上の文章中 にあてはまる数値をアボガドロ定数を 6.02×10^{23} とし、 $a \times 10^b$ の形で、解答欄 に記しなさい。なお、 a は整数部分が 1 桁、小数部分が 2 桁の数値として記しなさい。

(2) 上記のように、精密に測定したアボガドロ定数を物理定数として定めキログラムを再定義した場合、炭素原子の質量が変わることになり、これに基づいて定義されている物理量は全て変化することになる。この場合、現行のものとは変化しない量は、 である。

- A ^{12}C のモル質量 B 原子の相対質量 C 原子量
 D 気体定数 E 標準状態にある 1 モルの気体の体積

3 アボガドロ数は、現行の定義のように、12 g の ^{12}C に含まれる原子の数を数えればよいと思えるが、その数が膨大であるため、直接的に原子や分子の数を高精度に数えることは難しい。そこで、アボガドロ数をキログラム原器に匹敵するほどの精度で決定してアボガドロ定数として質量の定義に用いるために、ケイ素の結晶などのように完全性の高い結晶の原子間隔を精密に測定して原子の数を求める方法が開発されてきた。

図 1 に示すようにケイ素の結晶は、ダイヤモンド型の共有結晶で、ケイ素原子が面心立方格子を形成し、これによってできた、正四面体のすき間に一つおきにケイ素原子が配列している。したがって、この単位格子には 個のケイ素原子が含まれている。ケイ素の大きな結晶を使って、その質量と体積から密度 $d [\text{g}/\text{cm}^3]$ を決める。この単位格子の一辺の長さが $a [\text{cm}]$ なので、体積は $a^3 [\text{cm}^3]$ で、原子 1 個の体積は、 $a^3 / \text{$ $[\text{cm}^3]$ である。ケイ素のモル質量 $w [\text{g}/\text{mol}]$ は、質量分析計で同位体の存在比から決める。 d 、 a 、 w を精密に測定することにより、次の式から正確なアボガドロ定数が求められる。

$$N_A = \frac{w [\text{g}/\text{mol}]}{d [\text{g}/\text{cm}^3] \times \frac{a^3}{\text{$$

$$= \frac{\text{$$

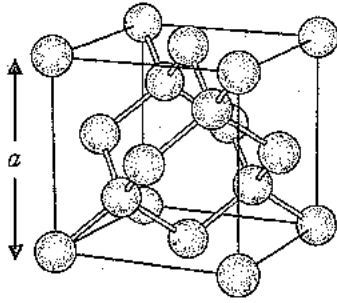


図1 ケイ素の結晶の単位格子

- (1) 前ページの文章中の にあてはまる数字を答えなさい。

- A 4 B 6 C 8 D 10 E 12

- (2) 天然のケイ素には、質量数 28, 29, 30 の安定同位体が、それぞれ 92%, 5%, 3% の存在比で存在する。各同位体の相対質量が質量数に等しいとして、ケイ素の原子量を計算すると となる。

- A 28.0 B 28.1 C 28.2 D 28.3 E 28.4

4 アボガドロ定数は、他にも水面上の単分子膜の面積から求める方法がある。この方法は、正確な数値を得るというよりは実験室でも簡単にできることから、アボガドロ定数を実験的に求める方法としてよく利用される。ステアリン酸(モル質量 284[g/mol])というカルボン酸の一種をベンゼンなどの揮発性の溶媒に溶かして水面上に静かに注ぐと、溶液は水面上に広がる。溶媒が蒸発したあとに、水面上に1分子ずつ直立して並んだ単分子膜ができる。水面上に注いだステアリン酸の質量を $w\text{[g]}$ 、単分子膜の面積を $S\text{[cm}^2\text{]}$ 、ステアリン酸の分子1個の断面積を $a\text{[cm}^2\text{]}$ とすると、アボガドロ定数 $N_A =$ である。

A $\frac{284wa}{S}$

B $\frac{wa}{284S}$

C $\frac{wS}{284a}$

D $\frac{284S}{wa}$

E $\frac{284wS}{a}$

F $\frac{284a}{wS}$

5 SI 単位系の絶対温度の単位であるケルビン[K]は、水の三重点の温度から定義されている。三重点とは、固体、液体、気体が平衡状態で共存する点であり、その物質に固有の温度および圧力となる。圧力と温度によって、物質がどのような状態にあるかを示した図を状態図という。液体と固体の境界が(ア)曲線、気体と固体の境界が(イ)曲線、気体と液体の境界が(ウ)曲線である。(ウ)曲線の高温高圧側の終端は臨界点で、それ以上の高温高圧では超臨界流体になる。これら3つの曲線が交わる点が三重点である。文章中の(ア)、(イ)、(ウ)にあてはまる語句の適切な組み合わせは

6

 である。

6

	(ア)	(イ)	(ウ)
A	蒸気圧	昇華圧	融 解
B	蒸気圧	融 解	昇華圧
C	昇華圧	融 解	蒸気圧
D	昇華圧	蒸気圧	融 解
E	融 解	昇華圧	蒸気圧
F	融 解	蒸気圧	昇華圧

〔Ⅱ〕 以下の問いに答え、 ～ にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 には化学反応式を書きなさい。

鉄 Fe は金属元素の中ではアルミニウム Al に次いで地殻中に多く存在する元素である。鉄は含有する炭素の量によりその硬度を調節することができるため、刃物や調理器具および缶類から自動車や建築物など幅広く利用されており、国内で活用もしくは貯蔵されている鉄は 10 億トンを超えている。鉄 Fe の単体は原料である鉄鉱石を溶鉱炉でコークス C および石灰石 CaCO_3 とともに加熱することで得られる。溶鉱炉内ではコークス C の燃焼により一酸化炭素 CO が生じ、鉄鉱石の主成分である酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 が高温の一酸化炭素 CO と反応すること^{a)}で、鉄 Fe の単体が得られ、同時に二酸化炭素 CO_2 が発生する。この過程で得られた鉄は銑鉄と呼ばれ、不純物として炭素を 4 % 程度含むことから、硬いが脆くて柔軟性に乏しい。

銑鉄に高圧の酸素 O_2 を吹き付けることにより、炭素 C などの不純物が取り除かれ、炭素の含有率が 2 % 以下まで低下すると、強度と粘りに優れた鋼となる。鉄は自動車や機械類および建築物などから排出される鉄スクラップから再溶解によりリサイクルされ、その生産量は全体の約 3 割を占める。鉄スクラップから鉄をリサイクルする際に発生する CO_2 の量は、鉄鉱石を原料として生産する場合の約半分と試算され、鉄のリサイクルは資源の有効利用だけでなく、 CO_2 排出量の削減にも貢献している。

(1) 本文中の下線部 a) で、酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 が一酸化炭素 CO と反応し、鉄 Fe と二酸化炭素 CO_2 が生成する化学反応式を、解答欄 に記入しなさい。

(2) (1)の反応で鉄 Fe は(ア)され、酸化数は(イ)から(ウ)に変化する。

文章中の(ア), (イ), (ウ)にあてはまる適切な語句と数値の組み合わせは である。

	(ア)	(イ)	(ウ)		(ア)	(イ)	(ウ)
A	酸化	0	+1	G	還元	+1	0
B	酸化	0	+2	H	還元	+2	0
C	酸化	0	+3	I	還元	+2	+1
D	酸化	+1	+2	J	還元	+3	0
E	酸化	+1	+3	K	還元	+3	+1
F	酸化	+2	+3	L	還元	+3	+2

(3) 下線部 a) の過程で 1 トンの銑鉄を得るのに 1.92 トンの鉄鉱石が必要であった。また、銑鉄には鉄 Fe 以外に質量比で 4 % の炭素 C が不純物として含まれていた。このとき、用いた鉄鉱石に主成分である酸化鉄(III) Fe_2O_3 以外に含まれていた不純物の割合は、質量比で約 % と計算される。

A 10	B 20	C 30
D 40	E 50	F 60
G 70	H 80	I 90

(4) 鉄 Fe は水中や電解質水溶液中でさまざまな種類の酸化物を生じ、さびが形成される。とくに、約 3% の塩化ナトリウム NaCl を含む海水中では、さびによる鉄の腐食が非常に速く起こる。鉄は通常は不純物として炭素 C を含んでおり、水または電解質水溶液に接した鉄 Fe の表面では、鉄 Fe が(エ)極となり炭素が(オ)極となった局所的な電池が形成される。鉄 Fe からは(式 1)により Fe^{2+} の溶出と電子の放出が起こる。電解質水溶液中の溶存酸素は 1 分子あたり(カ)個の電子を受け取り、水酸化物イオン OH^- が生成される。このとき生じた OH^- が Fe^{2+} と反応し、水酸化鉄(II) $Fe(OH)_2$ を生じた後に、酸化ならびに脱水反応が起き、オキシ水酸化鉄(III) $FeO(OH)$ や含水酸化鉄(III) $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ などのさびが形成される。



文章中の(エ)、(オ)、(カ)にあてはまる適切な語句と数値の組み合わせは

9

 である。

9

	(エ)	(オ)	(カ)		(エ)	(オ)	(カ)
A	正	負	1	G	負	正	1
B	正	負	2	H	負	正	2
C	正	負	3	I	負	正	3
D	正	負	4	J	負	正	4
E	正	負	5	K	負	正	5
F	正	負	6	L	負	正	6

(5) 正極と負極の酸化還元反応が効率よく起こるには、電解質濃度が高いほうが電気伝導率の点から都合が良い。一方で、酸素 O_2 の溶解度は塩化ナトリウム $NaCl$ の濃度が高くなるほど低下する(表 1)。電気伝導率と酸素溶解度の影響によりさびの進行速度は、海水中の $NaCl$ 濃度に相当する約 3% で最大となることが知られている。20℃ に保たれた 1.0 L の 3% の $NaCl$ 水溶液中には、 $1.013 \times 10^5 Pa$ の大気中では約 10 mmol の O_2 が溶解することができる。なお、大気中に含まれる O_2 の割合は体積で 21% として計算しなさい。

表 1 20℃ での水溶液 1 L に対する酸素の溶解度(標準状態における体積[L])

NaCl の濃度 [%]	0	1	2	3	4	5
溶解度	0.031	0.029	0.026	0.021	0.015	0.007

10

A 0.1

B 0.2

C 0.4

D 0.6

E 0.8

F 1.0

G 2.0

H 4.0

I 6.0

J 8.0

K 10

(6) 硫化水素 H_2S は鉄を含めて多くの重金属イオンと硫化物を形成して沈殿を生じるが、溶解度積が比較的大きい金属イオンでは、沈殿の生成に pH が影響することを利用して、金属イオンの分離に用いられる。 H_2S はその水溶液中で(式2)および(式3)の電離平衡の状態にある。 H_2S 水溶液中では鉄(II)イオン Fe^{2+} から(式4)により硫化鉄(II) FeS が生成するが、水溶液の pH が上昇すると(式3)の平衡が(キ)へ移動し、硫化物イオン S^{2-} の濃度が(ク)するため、(式4)の平衡が(ケ)へ移動する。したがって、 FeS の沈殿は pH が(コ)ほうが生じやすい。



文章中の(キ), (ク), (ケ), (コ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは

11

 である。

11

	(キ)	(ク)	(ケ)	(コ)		(キ)	(ク)	(ケ)	(コ)
A	右	増加	右	高い	E	左	減少	右	高い
B	右	増加	右	低い	F	左	減少	右	低い
C	右	増加	左	高い	G	左	減少	左	高い
D	右	増加	左	低い	H	左	減少	左	低い

(7) 硫化水素 H_2S の水溶液は弱酸性を示す。(式2)の電離定数を $9 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ とすると、 0.01 mol/L の H_2S 水溶液の水素イオン H^+ 濃度は、12 mol/L である。なお、(式3)の解離反応から生じる H^+ は微量であるため、 H^+ 濃度に影響しないものとして計算しなさい。

12

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| A 3×10^{-8} | B 9×10^{-8} | C 3×10^{-7} |
| D 9×10^{-7} | E 3×10^{-6} | F 9×10^{-6} |
| G 3×10^{-5} | H 9×10^{-5} | |

また、弱酸の電離度は濃度が低い方が(サ), 0.0001 mol/L の硫化水素 H_2S 水溶液での電離度は、 0.01 mol/L の約(シ)倍である。

文章中の(サ), (シ)にあてはまる適切な語句と数値の組み合わせは

13 である。

13

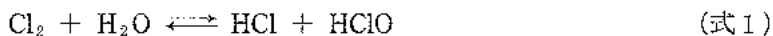
	(サ)	(シ)		(サ)	(シ)
A	低 <	$\frac{1}{100}$	E	高 <	3.2
B	低 <	$\frac{1}{32}$	F	高 <	10
C	低 <	$\frac{1}{10}$	G	高 <	32
D	低 <	$\frac{1}{3.2}$	H	高 <	100

〔Ⅲ〕 以下の問いに答え、14 ～ 19 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 103 には化学反応式を書きなさい。

1 日本では水道法 22 条に基づく水道法施行規則により、給水栓(蛇口)における水が遊離残留塩素 0.1 mg/L 以上保持するように塩素消毒することが定められている。

塩素 Cl_2 は水に溶け、その一部が(式1)のように水と反応して塩化水素 HCl と次亜塩素酸 HClO を生成する。



HClO は弱酸であり、水溶液中に生成した次亜塩素酸イオン ClO^- が(式2)の反応式のとおり酸化作用を有し、微生物などを殺菌することにより消毒効果を示す。このとき、水溶液中の HClO と ClO^- を遊離残留塩素(有効塩素)という。



次亜塩素酸はカット野菜などの食品素材の洗浄殺菌などの用途に用いられる食品添加物として認められており、平成 14 年に定められた厚生労働省の食品添加物の次亜塩素酸水に関する成分規格の含量の項目には、『本品は、有効塩素 10 ～ 60 mg/kg を含む』と定められている。さらに、同規格の確認試験の項目には、『本品 5 mL に水酸化ナトリウム溶液およびヨウ化カリウム試薬 0.2 mL を加えるとき、液は、黄色を呈する。更にデンプン溶液 0.5 mL を加えるとき、液は、濃青色を呈する。』と記述されている。

食品の安全管理の職業に就くことを希望している M 君は、次亜塩素酸の効果について興味をもち、自分で水に塩素 Cl_2 を吹き込んで調製した次亜塩素酸水(試料水 A とする；密度 1.00 g/mL)について、JIS 規格(日本工業規格)を参考に滴定を行って有効塩素濃度を測定してみることにした。

- (1) 試料水 A を用いて 100.0 mL 計り取り, 200 mL の三角フラスコに入れた。1.0 mol/L のヨウ化カリウム KI 水溶液 10 mL と, 1.0 mol/L の酢酸 CH_3COOH 水溶液 10 mL を加えてゆっくりかく拌すると, 水溶液が薄い黄色になった(反応液 B とする)。これは, ヨウ化物イオン I^- が酸化されて(式 3)のようにヨウ素 I_2 を生じたためである。



試料水 A により KI を酸化する反応は, (式 2) と (式 3) より, 以下の(式 4)となる。



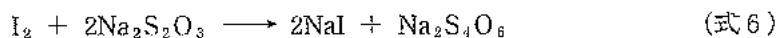
右辺を解答欄 $\boxed{103}$ に記入して, (式 4) を完成させなさい。

- (2) 生成した I_2 の量を測定することにより, (式 4) から試料水 A の HClO の量を測定することができる。HClO が消費されると, (式 1) より試料水 A 中の Cl_2 から HClO が生成し, 試料水 A の Cl_2 と HClO がすべて消費されるまで反応が続く。

I_2 の滴定には, チオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 式量 158) 水溶液を用いる。還元剤として $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ を用いたときの反応式は(式 5)の通りである。



また, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ により I_2 を還元する反応の反応式は, (式 6) の通りである。



I_2 の滴定では, 指示薬としてデンプン水溶液を用いる。デンプンは I_2 が

存在すると鮮やかな青紫色を示す。この呈色反応は非常に鋭敏で、 I_2 がすべて還元されて青紫色が消失する当量点を正確に見きわめることができる。

この時点では、 I_2 が得た電子の物質量と $Na_2S_2O_3$ が放出した電子の物質量が等しくなっている。この原理を利用して、酸化剤や還元剤の濃度や量を求める操作を酸化還元滴定という。

以上の反応により、試料水A中に含まれていた次亜塩素酸HClO(Cl_2 から生成するHClOを含む)(ア)molについて、 I_2 (イ)molが生成し、 $Na_2S_2O_3$ (ウ)molと反応することになる。

(ア)、(イ)、(ウ)の正しい組み合わせは である。

	(ア)	(イ)	(ウ)		(ア)	(イ)	(ウ)
A	1	1	1	E	2	1	1
B	1	1	2	F	2	1	2
C	1	2	2	G	2	2	1
D	1	2	4	H	2	1	4

- (3) $Na_2S_2O_3$ の粉末を7.90g計り取り、メスフラスコを用いて500.0mLの水溶液を調製した。(1)で作製した反応液Bに、指示薬として0.5%のデンプン水溶液を数滴加えたところ青紫色に染まった。この反応液に調製した $Na_2S_2O_3$ 水溶液をビュレットからゆっくり滴下したところ、24.0mL滴下したところで青紫色が消失した。試料水A中に含まれていたHClO(Cl_2 から生成するHClOを含む)は mmol/Lである。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| A 480 | B 240 | C 120 |
| D 60.0 | E 48.0 | F 30.0 |
| G 24.0 | H 12.0 | |

- (4) 次亜塩素酸水の殺菌に有効な成分は次亜塩素酸 HClO であるが、有効塩素濃度は測定した HClO の濃度を塩素 Cl₂ に換算して表すことと定められている。M君が調製した試料水 A の有効塩素濃度は、16 mg/kg である。

16

- | | | |
|--------|--------|--------|
| A 852 | B 630 | C 426 |
| D 315 | E 170 | F 85.2 |
| G 63.0 | H 42.6 | |

- 2 ハロゲンの作用について興味を覚えたM君は、さまざまなハロゲンの単体と化合物について調べてみた。

- (1) 塩素 Cl とヨウ素 I のほかに、フッ素 F と臭素 Br もハロゲンである。ハロゲン元素の間で、ハロゲン単体と水素との反応性の強さ、ハロゲン化水素の水溶液の酸としての強さ、ハロゲン化水素の沸点は電気陰性度と密接に関連している。一方、弱酸で水素結合が強いものは沸点が例外的に高くなることが観察される。ハロゲン単体およびハロゲン化水素の性質を比較したものとして正しいものは 17 である。

17

	水素との反応性	酸としての強さ	沸点の高さ
A	$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$	$HF > HCl > HBr > HI$	$HF > HCl > HBr > HI$
B	$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$	$HF > HCl > HBr > HI$	$HF > HI > HBr > HCl$
C	$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$	$HI > HBr > HCl > HF$	$HF > HCl > HBr > HI$
D	$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$	$HI > HBr > HCl > HF$	$HF > HI > HBr > HCl$
E	$I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$	$HF > HCl > HBr > HI$	$HF > HCl > HBr > HI$
F	$I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$	$HF > HCl > HBr > HI$	$HF > HI > HBr > HCl$
G	$I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$	$HI > HBr > HCl > HF$	$HF > HCl > HBr > HI$
H	$I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$	$HI > HBr > HCl > HF$	$HF > HI > HBr > HCl$

(2) a, bの性質を示すハロゲンとして正しいものの組み合わせは 18 である。

- a. 常温常圧で液体である。
 b. 水酸化カルシウムと反応させるとさらし粉が得られる。

18

	a	b		a	b		a	b
A	Cl ₂	F ₂	E	Br ₂	F ₂	I	I ₂	F ₂
B	Cl ₂	Cl ₂	F	Br ₂	Cl ₂	J	I ₂	Cl ₂
C	Cl ₂	Br ₂	G	Br ₂	Br ₂	K	I ₂	Br ₂
D	Cl ₂	I ₂	H	Br ₂	I ₂	L	I ₂	I ₂

(3) c, dの性質を示すハロゲン化物として正しいものの組み合わせは 19 である。

- c. ハロゲン化銀が水によく溶ける。
 d. ハロゲン化水素の水溶液がガラス器具の目盛りの刻印などに用いられる。

19

	c	d		c	d		c	d
A	AgF	HF	E	AgBr	HF	I	AgI	HF
B	AgF	HCl	F	AgBr	HCl	J	AgI	HCl
C	AgF	HBr	G	AgBr	HBr	K	AgI	HBr
D	AgF	HI	H	AgBr	HI	L	AgI	HI

〔Ⅳ〕 以下の問いに答え、 ～ にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 には化学構造式を書きなさい。

宇宙空間には私たちが呼吸するために必要な「空気」は存在しないが、宇宙空間は無の空間ではない。かつては真空と思われていた恒星間に広がる宇宙空間には極めて希薄な状態(1～5分子/cm³)ではあるが物質が存在しており、それらは星間物質と呼ばれている。星間物質は、各分子が単体で気体状に存在する星間ガスと、細かい塵として固体状に存在する星間塵に分けることができる。星間ガスは水素やヘリウムが大部分を占めている。一方、星間塵はケイ素、炭素、鉄、マグネシウムなどからなる微粒子が多いとされている。一部の星間物質は凝集して高密度に存在している場所があり、そのような場所に存在する物質が吸収する特有な電磁波を解析することによってどのような物質が含まれているかを特定することができる。今までに多くの研究者によって数多くの物質が宇宙空間に存在することが明らかにされている。興味深いことに、地球上の通常の条件下では安定に存在することができない分子も星間物質として存在することが報告されている。なお、星間物質の生成メカニズムや起源については明らかにされていない。

- 1 今までに星間物質として数多くの化合物が存在することが示唆されている。
解答群にはそれらの一部について化学構造(化合物A~N)を示してある。

以下の文章(1)~(5)は解答群に示した化合物の中のいずれかの化合物についての記述である。記述内容にあてはまる化合物の化学構造を示すアルファベットを解答群の中から選びなさい。なお、問題文中での反応の条件や物質の状態は宇宙空間でのものではなく、地球上で通常の条件で進行する反応や物質の状態を示している。

解答群 20 ~ 24

A	B	C
CH_3OH	HCHO	HCOOH
D	E	F
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\text{CH}_2=\text{CHOH}$
G	H	I
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	CH_3CHO	CH_3COOH
J	K	L
CH_3COCH_3	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$	$\text{CH}_2=\text{CHCN}$
M	N	
$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	

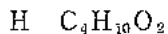
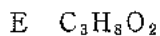
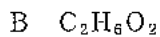
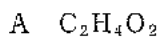
- (1) 解答群中の化合物 20 をアンモニア性硝酸銀溶液に加えて加熱すると銀が析出する(銀鏡反応)。また、化合物 20 を酸化して得られる化合物も同様の銀鏡反応を起こす。
- (2) 解答群中の化合物 21 は付加重合することにより高分子化合物を作ることができる。この重合体を主成分とした繊維はアクリル繊維と呼ばれ、衣料繊維として広く利用されている。

- (3) 化合物 22 は解答群に示された化合物 A～Nの中で最も不安定な化合物である。解答群に示されている別の化合物とケト-エノール互変異性の関係にあり、通常の条件では速やかに異性化する。
- (4) 解答群中の化合物 23 はフェノールの工業的な製造方法であるクメン法において、副生成物として得られる化合物である。マニキュアのリムーバー(除去液)の主成分としても利用されている。
- (5) 化合物 24 は解答群に示された化合物 A～Nの中で最も安定な化合物である。化合物 24 はヨードホルム反応を起こさず、ナトリウムや臭素とも反応しない。また、酸を加えて加熱しても反応は起きず、酸化や還元反応も起きない。

2 現在、私たち人類は地球の重力の影響のない宇宙空間まで、宇宙船等で行くことが可能である。船外活動を行う宇宙飛行士は極めて希薄な星間物質を感じることができるのであろうか？船外活動を行った宇宙飛行士は宇宙特有のにおいを感じるらしい。彼らは宇宙空間では、宇宙服を着用しているので星間物質のにおいを直接嗅ぐことはできない、しかし、船内に戻り宇宙服を脱ぐ時に、宇宙服に吸着した宇宙特有の強いにおいを嗅ぎ取れるという。宇宙飛行士らはそのにおいを「甘い金属のにおい」や「金属の焼けたようなにおい、甘いにおいが混ざっている」などと表現している。甘いにおいの正体は化合物(X)であることが、すでに明らかにされている。化合物(X)はラズベリーやパイナップルなどに存在し、香料などとして使用されている身近な化合物であるが、宇宙空間に存在する化合物(X)がどのようなにもたらされたのかは解明されていない。

(1) M君は化合物(X)とラベルに表示された試薬ビンを購入した。宇宙空間を想像しながらにおいを嗅いでみるとほんのりと甘い香りがした。しかし、ラベルには張り換えられた痕跡があったので、その中身を確認するためにいくつかの実験を実施することにした。まず、この試薬ビンの化合物(X) 3.7 mg を完全に燃焼したところ、二酸化炭素 CO_2 6.6 mg、水 H_2O 2.7 mg のみが得られた。この結果から化合物(X)の組成式は 25 であることが判明した。

25



(2) 次にM君は化合物(X)を1 mL試験管にとり、水酸化ナトリウム水溶液5 mLを加えて、70～80℃の温水で温めながら、溶液が均一になるまで振り混ぜた。この反応水溶液を冷却後に2本の試験管に分けとり、2つの実験を行った。まず、ヨウ素-ヨウ化カリウム水溶液を加えてから約60℃に加温したところ、特有の臭気を持つ黄色の沈殿が生じた。次にもう一方の試験管にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱したところ銀鏡が生じた。なお、化合物(X)は別の実験から分子量が100以下であることが判明している。M君はこれらの実験結果を考察することで、実験に使用した化合物(X)はラベルの表示の通り、化合物(X)であることを確認した。M君は改めて宇宙への思いを馳せながら、「宇宙の香り」を楽しんだ。

化合物(X)の化学構造式を解答欄

104

 に書きなさい。

104

[V] 以下の問いに答え、26 ~ 30 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

オリゴ糖や多糖は、多数の単糖類が縮合重合した化合物であり、構成する単糖の種類や単糖のどの位置のヒドロキシ基が脱水し、縮合重合するかによって、さまざまな種類のオリゴ糖や多糖が生成する。近年酵素反応を利用して、さまざまな生理的機能を有したオリゴ糖や多糖が生産されている。工業的なオリゴ糖や機能性多糖の生産には、①デンプンのような大きな多糖を特殊な加水分解酵素の作用によって限定的に分解して製造する方法と、②ある種の加水分解酵素が有する糖転移反応(加水分解反応によって遊離した糖を別の糖に付加する反応)を利用して新たなグリコシド結合を形成させて製造する方法がある。例えばビフィズス菌の増殖を促進するガラクトオリゴ糖は、ラクトースをある種のラクターゼで加水分解し、生成したガラクトースを別のラクトース分子に縮合重合することにより製造されている(図1)。

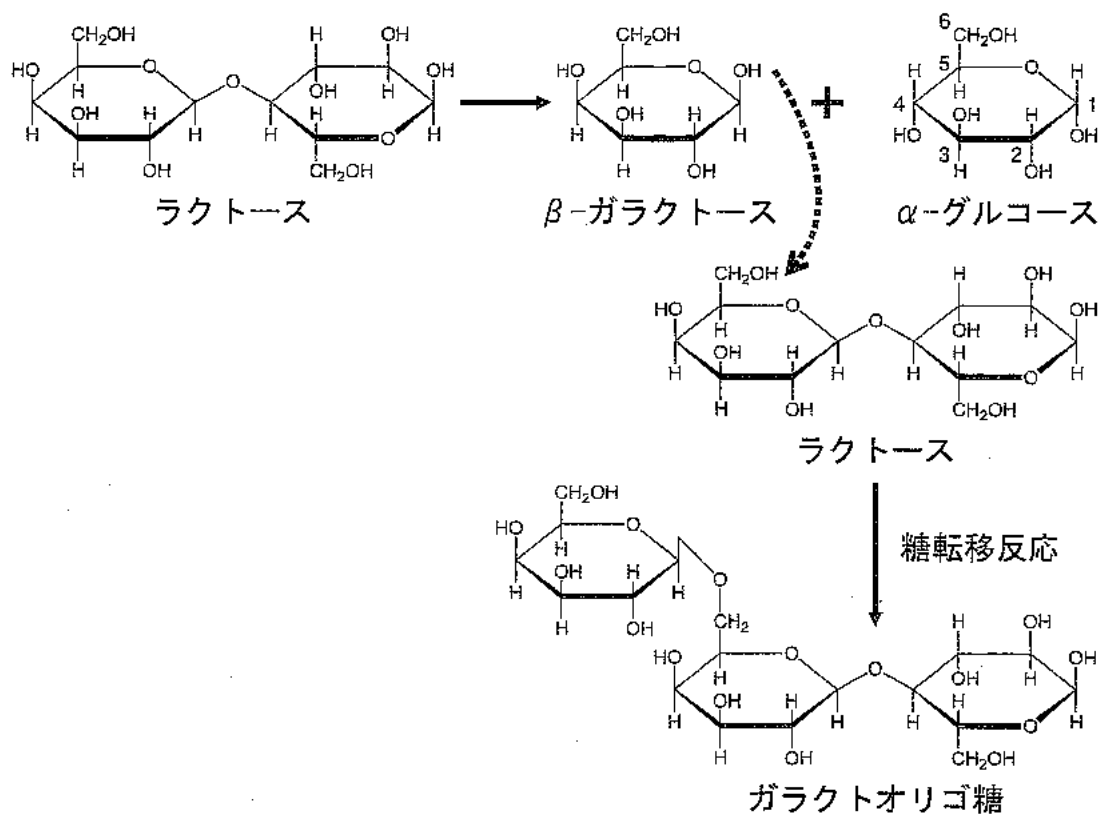


図1 ラクターゼによるガラクトオリゴ糖の製造

2分子の α -グルコース($C_6H_{12}O_6$ 分子量180)の1位と4位のC原子の間でグリコシド結合を形成する反応を触媒する酵素と、1位と6位のC原子の間でグリコシド結合を形成する酵素を使って枝分かれ構造を有する多糖(ア)を合成した。次に生成した多糖(ア)の構造を調べるために、多糖(ア)に対して、1位と6位のC原子の間のグリコシド結合を加水分解する酵素を用いて処理したところ、多糖(ア)1分子について分子量1638の化合物(イ)が9分子生じ、それ以外の化合物は生じなかった。

(1) 化合物(イ)は である。

- A アミロース B アミロペクチン C スクロース
D セルロース E デキストリン F デンプン

(2) グリコシド結合1つにつき水分子が1分子脱離していることを考慮すると、化合物(イ)における α -グルコースの重合度は である。

- A 9 B 10 C 11
D 12 E 13 F 14

次に、多糖(ア)に無水酢酸を作用させてグリコシド結合に関与していないヒドロキシ基をすべてアセチル化した後、酵素を用いてグリコシド結合をすべて加水分解し、得られた生成物を分子量に応じて分離したところ、化合物(ウ)とそれより分子量が42大きい化合物(エ)、さらに分子量が42大きな化合物(オ)の3種類の化合物が得られた。なお、末端の位置のグルコースにおいて、6位のC原子がグリコシド結合を形成したものはなかった。

- (3) 化合物(ウ)ではグルコースの 28 のC原子に結合しているヒドロキシ基がアセチル化されている。

28

- A 2位 B 3位 C 5位 D 6位
E 2位と3位 F 2位と5位 G 2位と6位 H 3位と5位
I 3位と6位 J 5位と6位

- (4) 化合物(ウ)の分子量は 29 である。

29

- A 204 B 222 C 246 D 264
E 288 F 306 G 330 H 348

- (5) 生成した化合物(ウ), 化合物(エ), 化合物(オ)の分子数の比は 30 である。

30

- A 4 : 5 : 36 B 4 : 36 : 5 C 5 : 4 : 36
D 5 : 36 : 4 E 36 : 4 : 5 F 36 : 5 : 4