

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

2020 年度

理 科

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ない。
2. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりである。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～19	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	20～34	
生 物	35～54	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークせよ。

① 受験番号欄

受験番号を4ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する4ケタをマークせよ。(例)受験番号0025番→

0	0	2	5
---	---	---	---

と記入。

② 氏名欄 氏名・フリガナを記入せよ。

③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークせよ。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがある。
6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークせよ。


例えば

15

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークせよ。薄いもの、不完全なものは解答したことにはならない。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消すこと。鉛筆の色や消しにくが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことにならない。
8. 解答をそれぞれの問題に指定された数と異なる数をマークした場合は無解答とする。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはならない。
10. 試験終了後、問題冊子および解答用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

化 学

(注意) 問題文中に指定がない場合、解答にあたって必要ならば、次の数値および条件を用いよ。

原子量：H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Cl = 35.5, K = 39.1, Ca = 40.1

気圧：1.00 atm = 1.01×10^5 Pa

標準状態の気体 1.00 mol の体積：22.4 L

0.0 °C の絶対温度： $T = 273.0$ K

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)

気体はすべて、理想気体としてふるまうものとする。

第 1 問 以下の問 1 ~ 5 の各群の①~⑤の中には、正しい文が一つだけあるか、一つもないかのいずれかである。正しい文がある場合はその文の記号(①~⑤)を選べ。なお、①~⑤のすべてに誤りが含まれる場合は⑥を選べ。

問 1

1

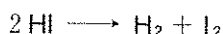
- ① マルトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ のように、1 種類の糖から構成される糖を単糖という。
- ② スクロース $C_{12}H_{22}O_{11}$, マルトース, ラクトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ のうち、スクロースのみが還元性を示さないのは、スクロースのみが五員環の糖を含むためである。
- ③ セルロースは水に溶けないため、テトラアンミン銅(II)イオン $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ を含んだ濃アンモニア NH_3 水溶液にも溶けない。
- ④ グルコース $C_6H_{12}O_6$ 1 分子とフルクトース $C_6H_{12}O_6$ 1 分子が脱水縮合してできたスクロースを転化糖という。
- ⑤ 核酸の構成分子であるリボース $C_5H_{10}O_5$ はフェーリング液を還元する。
- ⑥ (①~⑤)のすべてに誤りが含まれている。

問 2 2

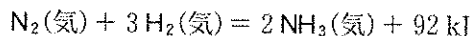
- ① 物質 P の濃度を c 、反応速度定数を k とすると、下式の Q および R を与える反応の反応速度 v は、 $v = kc^2$ と表すことができる。



- ② 正反応が発熱反応である可逆反応がある。温度 T_1 (K) と T_2 (K) (ただし、 $T_1 > T_2$) におけるそれぞれの平衡状態を比べると、 T_2 における逆反応の方が、 T_1 における逆反応よりも速い。
- ③ 下式の反応において、HI の分解速度と H_2 の生成速度は等しい。



- ④ 下式に従ってアンモニアを合成する可逆反応において、アンモニアの生成率がより高い平衡状態をつくるためには、低温高圧の条件にするのがよい。



- ⑤ 温度を上げると平衡が右辺に偏る可逆反応の場合、温度の上昇に伴ってその平衡定数は小さくなる。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 3 3

酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応は、反応混合物に硫酸を少量加えると速くなる。このとき、反応温度を高くするほど反応が速くなる。以上の観察のうち：

- ① 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応が発熱反応だからである。
- ② 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応が吸熱反応だからである。
- ③ 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応の活性化エネルギーが大きくなるからである。
- ④ 反応温度が高くなるほど反応が速くなるのは、この反応の反応熱が小さいからである。
- ⑤ 硫酸を加えると反応が速くなるのは、この反応の活性化エネルギーが大きくなるからである。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 4

4

- ① 1価の酸の水溶液では、水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ が水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ よりも高いので、この水溶液中では、陽イオンの物質量が陰イオンの物質量よりも大きい。
- ② 0.10 mol/Lの塩酸を水で100倍に薄めた水溶液のpHと0.10 mol/Lの酢酸水溶液(電離度0.016)のpHは、互いに等しい。
- ③ ある濃度未知の塩酸の半分の量を取り出し、中和するには、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が10.0 mL必要であったとすると、残りの塩酸に水を加え、2倍に薄めて得た水溶液を中和するには、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が5.0 mL必要である。
- ④ 0.10 mol/Lの酢酸水溶液(pH = 2.8)10.0 mLに0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLを滴下し、よく攪拌した(これをAとする)。一方、0.10 mol/Lの塩酸(pH = 1.0)10.0 mLに、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLを滴下し、よく攪拌した(これをBとする)。AとBのpHの差は1.8である。
- ⑤ 0.10 mol/Lの酢酸水溶液10.0 mLに0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を5.0 mL加え、よく攪拌し、水溶液Cとした。この水溶液Cに水を加えて10倍に薄め、よく攪拌し、水溶液Dとした。水溶液DのpHは水溶液CのpHより1.0だけ塩基性側に傾く。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 5

5

- ① 0℃の氷が、同じ温度の水に浮かぶ一番の原因は、水が氷になるとき、その中に空気を大量に取り込むからである。
- ② 塩化ナトリウム NaCl が水に完全に溶けた水溶液中では、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- が、それぞれいくつかずつの水分子に取り囲まれている。
- ③ マイナス 20℃ の冷凍庫中で作った氷は、どの部分の温度を測っても、この冷凍庫中では 0℃ である。
- ④ 水を沸騰させているとき、この水中に見られる気泡は、水に溶けていた気体である。したがって、水に溶けていた気体がすべて大気中に放出されると、沸騰している水中には気泡は見られなくなる。
- ⑤ $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ の比は、酸性水溶液と塩基性水溶液とでは異なるが、温度が変わらなければ、 $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ の和は等しい。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

第2問 イオン化傾向の異なる2種類の金属を、それぞれのイオンを含む電解質水溶液に浸すと電池になる。銀 Ag と金属 X のそれぞれの金属板を電極として用いた電池を図1に示す。Xとして銀よりイオン化傾向が大きい金属を用いると、銀の電極が正極(⊕)、金属 X の電極が負極(⊖)になった。また、得られた電池の起電力 v (V) の大きさの序列は、金属 X のイオン化傾向の大きさの序列と同じく $Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > Cu > Hg$ の順になった。以下の図2で電極に用いた A~E の各金属は表1の金属のうちのいずれかであり、その純度は十分に高いものとする。実験1~3を読んで、次の各問(問1~7)に答えよ。なお、解答にあたって必要ならば、表1の数値を用いよ。

表1 原子量表

元素	原子量	元素	原子量	元素	原子量
Al	27.0	Cu	63.5	Fe	55.8
Hg	200.6	Mg	24.3	Ni	58.7
Pb	207.2	Sn	118.7	Zn	65.4

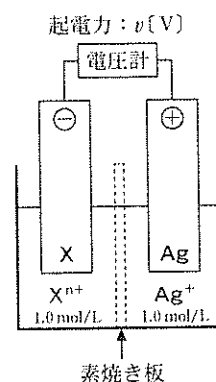


図1 銀 Ag と金属 X を用いた電池 (X^{n+} は、金属 X により X^{2+} または X^{3+} となる)

実験1：各金属板を、同じ金属のイオンの 1.0 mol/L 水溶液に浸して、図2のように電池を4種類作成した。このとき、各電池の起電力は図2に示した通りとなった。

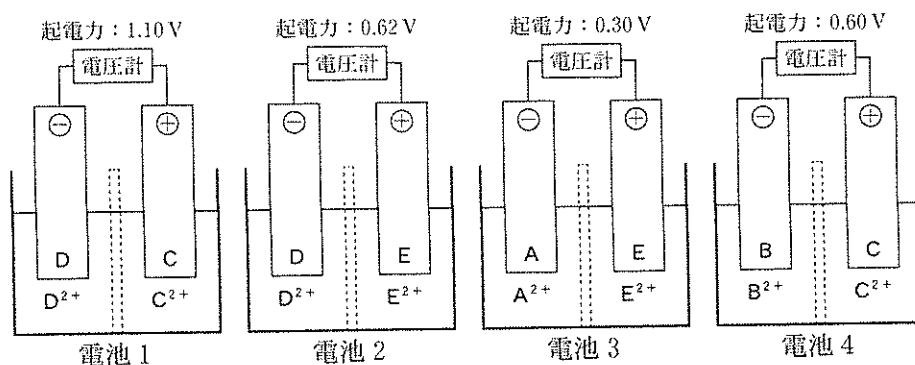


図2 4種類の電池とその起電力

実験 2 : C^{2+} の水溶液, D^{2+} の水溶液および E^{2+} の水溶液のそれぞれについて, 以下の各実験を行った。

実験 2 a : 各水溶液にそれぞれ希塩酸を加えたところ, いずれも沈殿を生じなかった。

実験 2 b : C^{2+} の水溶液に硫化水素を吹き込むと, 黒色沈殿を生じた。ろ過で集めたこの黒色沈殿に濃硝酸を加え, 加熱して沈殿を溶かした。こうして得られた水溶液にアンモニア水を過剰量加えると, この水溶液は深青色に変化した。

実験 2 c : D^{2+} の水溶液にアンモニア水を少量加えると, 白色沈殿を生じたが, アンモニア水をさらに過剰量加えると, この白色沈殿は溶け, 無色透明な水溶液となった。この水溶液に硫化水素を吹き込むと, 白色沈殿を生じた。

実験 3 : C の金属板(質量 m_1 (g)) を 2 枚用意し, これらを電極に用いて図 3 の実験装置で電気分解を行った。C の硫酸塩の 0.100 mol/L の水溶液に I (A) の電流を t (分) 間流した結果, 陽極の質量は m_2 (g) となった。

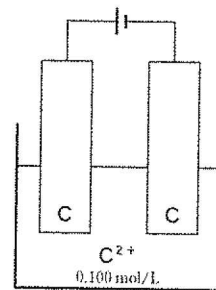


図 3 電気分解の実験装置

問 1 実験 1 の結果から, A~E の 5 種類の金属をイオン化傾向の大きいものから順に並べ替えたものとして最も適切なものを, 以下の①~⑩のうちから選べ。

6

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ① $A > B > C > D > E$ | ② $A > B > E > C > D$ |
| ③ $A > E > C > B > D$ | ④ $B > C > E > A > D$ |
| ⑤ $B > E > C > D > A$ | ⑥ $C > A > B > E > D$ |
| ⑦ $C > B > E > A > D$ | ⑧ $C > E > B > A > D$ |
| ⑨ $D > A > B > E > C$ | ⑩ $D > A > E > B > C$ |
| ⑪ $D > C > E > A > B$ | |

問 2 実験 1 の方法で金属板 A と B で構築される電池の起電力は何 V か。最も適切な数値を、以下の①～⑪のうちから選べ。

V

- ① 0.12 ② 0.18 ③ 0.30 ④ 0.32
⑤ 0.42 ⑥ 0.48 ⑦ 0.50 ⑧ 0.52
⑨ 0.60 ⑩ 0.62 ⑪ 1.36

問 3 実験 3 に関する以下の①～⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び、解答

欄 にマークせよ。

- ① この電気分解による陽極の質量の減少量と陰極の質量の増加量は互いに等しい。
- ② この電気分解の前後において、電解質水溶液のモル濃度は変化しない。
- ③ この電気分解に用いる電解質を塩化物に変えたときにも、実験 3 の場合と同様に、陽極の表面に金属 C の単体が析出する。
- ④ 陽極では還元反応が、陰極では酸化反応が起こっている。
- ⑤ 実験 3 の電気分解を、両電極に金属板 C の代わりに金属板 B を、C の硫酸塩水溶液の代わりに同じ濃度の B の硫酸塩水溶液を、それぞれ用いて行ったとする。I(A) の電流を t(分) 間流したときの陰極における金属板 B の質量の変化は、実験 3 における陰極の金属板 C の質量の変化よりも小さい。

問 4 実験3の結果から求められるファラデー定数[C/mol]を表す式として最も適切なものを、以下の①～⑩のうちから選べ。ただし、金属Cのモル質量を M (g/mol)とする。

9

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{30 tIM}{m_1 - m_2}$ | ② $\frac{30 tIM}{m_2 - m_1}$ | ③ $\frac{tIM}{2(m_2 - m_1)}$ |
| ④ $\frac{60 tIM}{m_1 - m_2}$ | ⑤ $\frac{60 tIM}{m_2 - m_1}$ | ⑥ $\frac{tIM}{2(m_1 - m_2)}$ |
| ⑦ $\frac{tIM}{m_2 - m_1}$ | ⑧ $\frac{120 tIM}{m_1 - m_2}$ | ⑨ $\frac{120 tIM}{m_2 - m_1}$ |
| ⑩ $\frac{tIM}{m_1 - m_2}$ | ⑪ $\frac{tIM}{60(m_2 - m_1)}$ | |

問 5 電気分解によって金属板Cの表面に金属Dを析出させたい。この電気分解に用いる金属板と電解質水溶液の組み合わせとして最も効果的なものを、表2の①～⑧のうちから一つ選べ。

10

表2 金属板と電解質水溶液の組み合わせ

	陽 極	陰 極	電解質水溶液中の主な陽イオン
①	C	D	C^{2+}
②	C	D	D^{2+}
③	C	D	C^{2+} と D^{2+} のどちらでもかわらない
④	C	D	H^+ (希硫酸)
⑤	D	C	C^{2+}
⑥	D	C	D^{2+}
⑦	D	C	C^{2+} と D^{2+} のどちらでもかわらない
⑧	D	C	H^+ (希硫酸)

問 6 金属 C と金属 D の合金の名称として最も適切なものを、以下の①～⑨のうちから一つ選べ。

11

- | | | |
|----------|------------|----------|
| ① アマルガム | ② 黄銅(真ちゅう) | ③ ジュラルミン |
| ④ ステンレス鋼 | ⑤ 青銅(ブロンズ) | ⑥ トタン |
| ⑦ ニクロム | ⑧ はんだ | ⑨ ブリキ |

問 7 金属板 A～Dのうち濃硝酸に溶けないものを、以下の①～④のうちからすべてを選び、解答欄 にマークせよ。

12

- ① A ② B ③ C ④ D

第3問 コックによって二つに仕切られ、ピストンによって容積を調節できる、点火装置を備えた密閉容器を図1に示す。この密閉容器内の一方にメタン、他方に酸素を封入した。この実験装置を用いた実験に関する以下の各問(問1～5)に答えよ。ただし、コックを含む連結部分の容積は無視できるものとする。

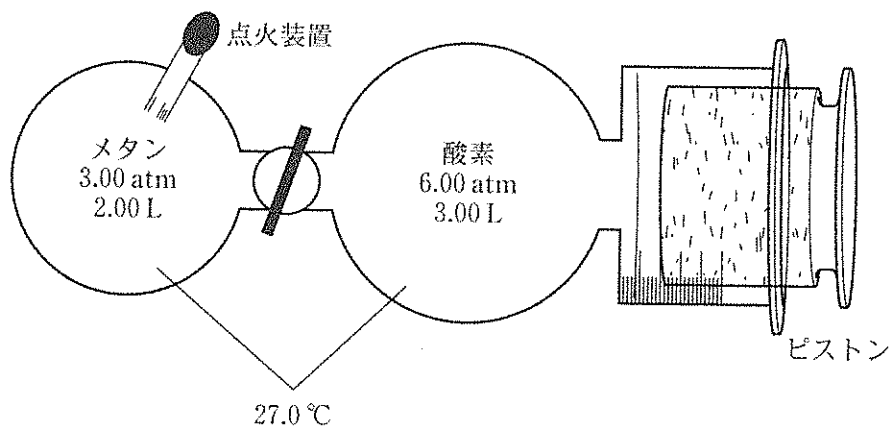


図1 燃焼実験装置(数値はすべて、点火する前の状態を表す)

問1 図1の状態からピストンを動かないように固定してコックを開き、気体を均一に混合すると、混合気体の圧力は何Paとなるか。最も適切な数値を、以下の①～⑪のうちから選べ。なお、点火前において、実験装置内の酸素を封入した部分の容積は、ピストンによって容積を調節できる部分も含めて3.00 Lだったものとする。

$\times 10^5$ Pa

- ① 0.12 ② 0.18 ③ 0.72 ④ 1.12 ⑤ 1.21 ⑥ 2.24
 ⑦ 3.64 ⑧ 4.80 ⑨ 4.85 ⑩ 7.20 ⑪ 11.2

問 2 問 1 の操作の後、メタンを完全燃焼させた。燃焼が完結したとき、燃焼実験装置内には気体のみが存在していたとするならば、装置内に存在する物質は何か。以下の①～⑪のうちから該当するものをすべて選び、解答欄 にマークせよ。

- | | | |
|---------|----------|---------|
| ① 一酸化炭素 | ② エタン | ③ 塩化水素 |
| ④ 酸素 | ⑤ 水蒸気(水) | ⑥ 水素 |
| ⑦ 炭素 | ⑧ 窒素 | ⑨ 二酸化炭素 |
| ⑩ メタン | ⑪ メタノール | |

問 3 0.0℃の水 1.90 kg に、同じ温度の氷を 100 g 浮かべた。問 2 の完全燃焼によって発生する熱量は、これを何℃の水に変える熱量に相当するか。最も適切な数値を、以下の①～⑪のうちから選べ。ただし、問 2 の実験の条件におけるメタンの燃焼熱は 945 kJ/mol とする。また 0.0℃における氷の融解熱は 6.00 kJ/mol、水の比熱は 4.18 J/(K・g) とする。なお、水は蒸発しないものとする。

°C

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| ① 0.0 | ② 1.0 | ③ 1.3 | ④ 1.9 | ⑤ 2.2 | ⑥ 12.9 |
| ⑦ 15.1 | ⑧ 23.5 | ⑨ 98.5 | ⑩ 107.8 | ⑪ 113.7 | |

問 4 問 2 の実験の後、実験装置内の気体の温度を 127.0℃に保ちながらピストンを動かして、装置内の圧力を 4.00 atm とした。このとき装置内には気体のみが存在していたとするならば、ピストンの位置は点火前の位置から何 L 移動したか。以下の①～⑪のうちから最も適切な数値を選べ。ただし、容積が増加する方向に向かって移動した場合を正の値とする。

L

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ① - 7.98 | ② - 3.36 | ③ - 2.24 | ④ - 1.12 |
| ⑤ - 1.00 | ⑥ 0.00 | ⑦ 1.12 | ⑧ 2.00 |
| ⑨ 2.24 | ⑩ 3.00 | ⑪ 7.98 | |

問 5 問 4 の実験の後、温度を 127.0 °C に保ちながらピストンを動かして、装置内の圧力を 1.60 atm とした。その後、温度を徐々に下げると、何°C で水が凝縮し始めるか。水の蒸気圧曲線が図 2 の通りであるとして、最も適切な数値を以下の①~⑩のうちから選べ。

17

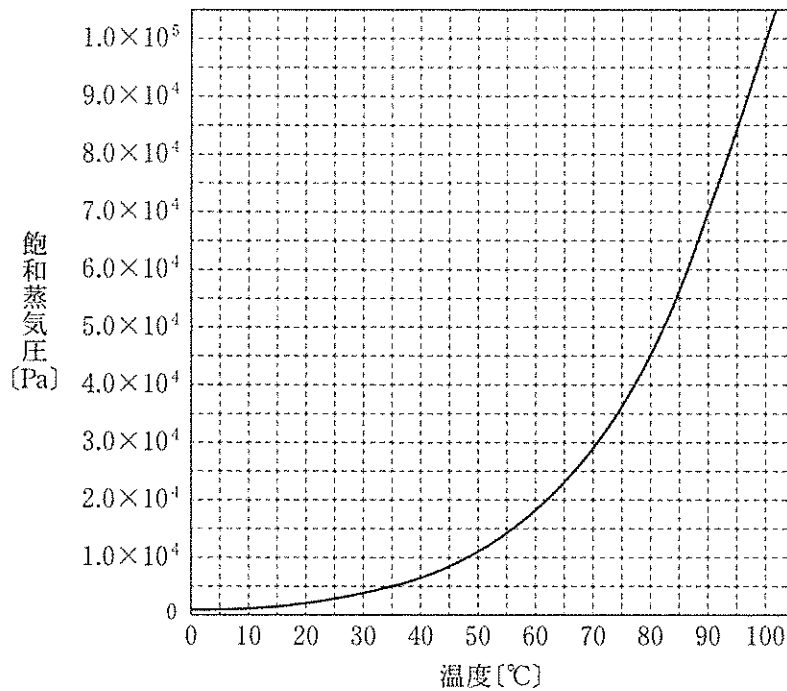
 °C


図 2 水の蒸気圧曲線

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 34 | ② 47 | ③ 52 | ④ 56 |
| ⑤ 62 | ⑥ 67 | ⑦ 71 | ⑧ 74 |
| ⑨ 77 | ⑩ 86 | ⑪ 93 | |

第4問 化合物Aと化合物Bはともに、炭素、水素および酸素の3種類の元素からなる有機化合物である。次の各実験に関する以下の各問(問1～6)に答えよ。

実験1：化合物Aおよび化合物Bを過不足なく完全に加水分解すると、1.00 molの化合物Aからは化合物Cと化合物Dが1.00 molずつ、また化合物Bからは化合物Eのみが、それぞれ得られた。化合物Eには幾何異性体(シストランズ異性体)が存在する。また、化合物AとBおよびDはいずれも中性の物質であった。

実験2：同じ物質量の化合物Cと化合物Eに、これらが完全に反応するのに十分な量の炭酸水素ナトリウムの水溶液をそれぞれ加えると、化合物Eから発生する二酸化炭素の物質量は、化合物Cから発生する二酸化炭素の物質量の2倍であった。

実験3：0.200 mol/L水酸化ナトリウム水溶液25.00 mLを中和するために必要な質量は、化合物Cならば0.4404 g、化合物Eならば0.2901 gであった。

実験4：化合物Dに濃硫酸を十分な量加え、約170℃で加熱すると、主生成物として化合物Fが得られた。また、化合物Fに水を付加させると、化合物Gが得られた。化合物Gは化合物Dの構造異性体であった。

実験5：化合物Gに硫酸酸性下で二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱しても、化合物Gは反応しなかった。

実験6：化合物Fを0.3505 gとり、過マンガン酸カリウム水溶液を加え、硫酸酸性下で加熱すると、化合物Fはすべて反応し、ケトンHとカルボン酸Iが生成した。生成したカルボン酸Iをすべて中和するために必要な水酸化ナトリウムの物質量は、化合物Cを0.4404 g中和するために必要な物質量に等しかった。

問1 化合物Aの分子量の値として最も適切なものを、以下の①～⑩のうちから選べ。

18

- ① 142.2 ② 144.2 ③ 145.2 ④ 146.2 ⑤ 155.2 ⑥ 156.2
⑦ 157.2 ⑧ 158.2 ⑨ 159.2 ⑩ 170.2 ⑪ 172.2

問 2 化合物 B の分子量の値として最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから選べ。

19

- ① 60.04 ② 82.02 ③ 96.00 ④ 98.02
⑤ 100.0 ⑥ 101.1 ⑦ 102.1 ⑧ 103.1
⑨ 114.0 ⑩ 116.0 ⑪ 118.1

問 3 化合物 C は、一つの分子内に非共有電子対を何組持っているか。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから選べ。

20 組

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6
⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10 ⑪ 0

問 4 硫酸酸性水溶液中で、化合物 D と二クロム酸カリウムが過不足なく反応したとき、反応溶液中に観察される大きな変化は何か。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

21

- ① 黒色の沈殿が生じる ② 橙色の沈殿が生じる
③ 白色の沈殿が生じる ④ 水素が激しく発生する
⑤ 酸素が激しく発生する ⑥ 二酸化炭素が激しく発生する
⑦ 溶液の色が黄色になる ⑧ 溶液の色が赤色になる
⑨ 溶液の色が緑色になる ⑩ 溶液が無色透明になる
⑪ ①～⑩のどの変化も観察されない

問 5 化合物 E の幾何異性体(これを化合物 K とする)は、炭酸水素ナトリウムとともに、発泡入浴剤の成分に含まれている。いま、発泡入浴剤中にある 8.703 g の化合物 K のすべてが浴槽中で炭酸水素ナトリウムと反応したとすると、37.0 °C (浴槽および浴室の温度)、1.00 atm で発生する二酸化炭素は何 L か。最も適切な数値を、以下の①~⑪のうちから選べ。ただし、二酸化炭素は 37.0 °C の水にはまったく溶けなかったものとする。

L

- | | | | |
|---------|---------|---------|--------|
| ① 0.228 | ② 0.270 | ③ 0.457 | ④ 1.69 |
| ⑤ 1.85 | ⑥ 1.91 | ⑦ 2.19 | ⑧ 2.27 |
| ⑨ 3.37 | ⑩ 3.70 | ⑪ 3.83 | |

問 6 実験 6 で生成したケトン H の質量は何 g か。最も適切な数値を、以下の①~⑪のうちから選べ。

g

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.145 | ② 0.150 | ③ 0.175 | ④ 0.215 |
| ⑤ 0.285 | ⑥ 0.290 | ⑦ 0.295 | ⑧ 0.300 |
| ⑨ 0.305 | ⑩ 0.360 | ⑪ 0.581 | |

