

化 学 問 題

(この問題は4題からなっている)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答用紙への記入には、必ずHBの黒鉛筆を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に受験番号を記入しなさい。
5. 試験中にページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。解答用紙の汚れ等に気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。裏面にも何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄を
マーク例に従ってぬりつぶしなさい。
たとえば、aにマークするときは、 $\overset{a}{\bullet} \overset{b}{\circ} \overset{c}{\circ}$ のように
マークする。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。
×をつけても消したことはない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とし、英語および数学の試験も受験できない。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● × ●

1 問1～問8に答えなさい。

問1 物質 a～eのうち、結晶の状態で電気をよく導くものを1つ選びなさい。

- a 塩化ナトリウム b ナフタレン c 黒鉛
d ダイヤモンド e 二酸化ケイ素

問2 元素の周期表の第1周期から第5周期までの18族元素に関する記述 a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a 単体はすべて、常温・常圧で無色、無臭の気体である。
b 単体はすべて単原子分子である。
c 価電子の数は0とみなす。
d 空気中に最も多く存在するのはHeである。
e イオン化エネルギーの値が最大であるのはXeである。

問3 物質の沸点に関する記述 a～eのうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a NH_3 の沸点は PH_3 の沸点より高い。
b H_2S の沸点は H_2O の沸点より高い。
c F_2 の沸点は HCl の沸点より高い。
d HF の沸点は HBr の沸点より高い。
e CH_3OCH_3 の沸点は $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ の沸点より高い。

問4 操作 a～eのうち、水以外の不燃性の気体が発生するものを1つ選びなさい。

- a CaC_2 に水を加える。
- b CH_3COONa を NaOH とともに加熱する。
- c NaOH の濃い水溶液にスズ Sn を入れる。
- d HCOOH を濃硫酸とともに加熱する。
- e CaCO_3 を強熱し熱分解する。

問5 化合物 a～eのうち、その水溶液が塩基性を示すものを2つ選びなさい。

- a $\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ b Na_2S c Na_2SO_3
- d NaNO_3 e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

問6 化合物 a～eのうち、下線部の原子の酸化数が最も大きいものを1つ選びなさい。

- a $\text{Na}\underline{\text{Cl}}\text{O}_2$ b $\text{Ca}_3(\underline{\text{P}}\text{O}_4)_2$ c $\text{Na}_2\underline{\text{S}}\text{O}_3$
- d $\underline{\text{N}}_2\text{O}_4$ e $\underline{\text{Mn}}\text{O}_2$

問7 金属イオン a～eのうち、それぞれの水溶液において、ア)の操作およびイ)の操作で沈殿を生じ、ウ)の操作で金属が析出するものを1つ選びなさい。

- ア) 塩基性下で硫化水素を通じる。
- イ) 過剰のアンモニア水を加える。
- ウ) ニッケルの単体を浸す。

- a Cu^{2+} b Zn^{2+} c Pb^{2+}
- d Al^{3+} e Fe^{3+}

問8 銀と銅のみからなる合金 1.50 g を硝酸に完全に溶かし、食塩水を加えたところ沈殿が生じた。この沈殿の乾燥後の質量は 1.80 g であった。この操作によって、一方の金属のみがすべて塩化物として沈殿したとすると、この合金中に含まれていた銅の質量は何 g か。最も近い数値を a～e から選びなさい。ただし、原子量は Cl = 35.5, Cu = 63.5, Ag = 108 とする。

a 0.15

b 0.70

c 0.80

d 1.2

e 1.4

- 2** 問1～問3に答えなさい。ただし、原子量はH=1.0, C=12, O=16, Na=23とする。

問1 (1)と(2)に答えなさい。

- (1) pH 2.0の希塩酸10 mLを水でうすめて250 mLとした。この水溶液のpHはいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、 $\log_{10}2.0 = 0.30$ とする。

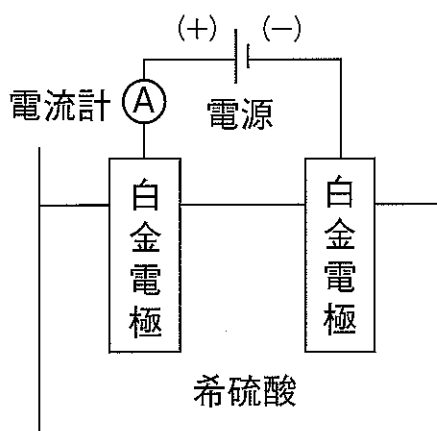
a 2.4 b 2.7 c 3.1
d 3.4 e 3.7 f 4.1

- (2) 1.0×10^{-2} mol/Lの酢酸水溶液250 mLに酢酸ナトリウム0.41 gを加えて溶かし、水を加えて500 mLとした。この水溶液中の水素イオン濃度〔mol/L〕はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、酢酸の電離定数 K_a は 2.0×10^{-5} mol/Lとする。

a 1.0×10^{-5} b 2.0×10^{-5} c 5.0×10^{-5}
d 1.0×10^{-4} e 2.0×10^{-4} f 5.0×10^{-4}

問2 次の文中の **ア** ~ **ウ** にあてはまる語と数値の組合せとして、正しいものを a ~ f から選びなさい。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし、電気エネルギーはすべて電気分解に使われるものとする。

電解槽に希硫酸を入れ、図のように白金電極を外部電源につないだ。0.50 A の一定電流を 1930 秒間通じて電気分解を行ったところ、**ア** 極では水素 H_2 が **イ** mol 発生した。一方、**ウ** 極では酸素 O_2 が発生した。



図

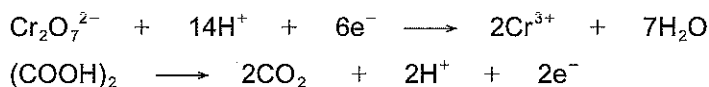
	ア	イ	ウ
a	陽	5.0×10^{-3}	陰
b	陽	1.0×10^{-2}	陰
c	陽	2.0×10^{-2}	陰
d	陰	5.0×10^{-3}	陽
e	陰	1.0×10^{-2}	陽
f	陰	2.0×10^{-2}	陽

問3 実験に関する(1)～(5)に答えなさい。

実験Ⅰ：シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶 $\boxed{\text{ア}}$ g を水に溶かし、0.150 mol/L のシュウ酸水溶液 200 mL をつくった(A液)。

実験Ⅱ：A液 20.0 mL を硫酸酸性とし、濃度のわからない二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液 (B液) を加えて酸化還元反応を行ったところ、シュウ酸がすべて反応するまでに 10.0 mL を要した。

この反応における $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ と $(\text{COOH})_2$ の働きは、下に示す電子を含むイオン反応式で表される。



(1) 二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の水溶液およびクロム(Ⅲ)イオン Cr^{3+} の水溶液の色の組合せとして正しいものを a～f から選びなさい。

	二クロム酸イオンの水溶液の色	クロム(Ⅲ)イオンの水溶液の色
a	黄	暗緑
b	黄	橙赤
c	橙赤	黄
d	橙赤	暗緑
e	暗緑	橙赤
f	暗緑	黄

(2) $\boxed{\text{ア}}$ はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

a 1.68 b 2.70 c 3.78
d 6.75 e 9.45 f 10.8

(3) A 液の質量パーセント濃度 [%] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、A 液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 1.35 | b 1.89 | c 2.38 |
| d 3.33 | e 5.95 | f 8.33 |

(4) B 液のモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| a 0.100 | b 0.250 | c 0.300 |
| d 0.500 | e 0.750 | f 0.900 |

(5) 実験 II の酸化還元反応で発生した二酸化炭素 CO_2 の物質質量 [mol] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| a 1.50×10^{-3} | b 2.00×10^{-3} | c 3.00×10^{-3} |
| d 4.50×10^{-3} | e 6.00×10^{-3} | f 7.50×10^{-3} |

- 3** アセチレンとエチレンに関する問1～問3に答えなさい。ただし、標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)における気体のモル体積は22.4 L/mol, 気体定数 R は 8.31×10^3 Pa·L/(mol·K)とし、原子量はH=1.0, C=12, O=16とする。また、アセチレン、エチレン、水素を完全燃焼して液体の水が生じるときに発生する熱(燃焼熱)は、それぞれ1300 kJ/mol, 1412 kJ/mol, 286 kJ/molとする。

問1 アセチレンとエチレンの存在比(物質質量比)が $x:y$ の混合気体Aを完全燃焼させたところ、二酸化炭素と液体の水が生成した。(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 標準状態で22.40 Lの体積を占めるAを完全燃焼させたとき、消費した酸素は標準状態で61.60 Lであった。 $x:y$ として適切な比をa～gから選びなさい。

a 1:1 b 1:2 c 1:3 d 1:4
e 2:1 f 3:1 g 4:1

- (2) このとき、発生する熱量は何kJか。最も近い数値をa～gから選びなさい。

a 1275 b 1320 c 1328 d 1356
e 1384 f 1487 g 1586

問2 アセチレンとエチレンの存在比(物質質量比)が $x':y'$ の混合気体 B を 27°C のもとで触媒とともに容積 1.00 L の容器に入れ、さらに水素を入れて容器内の全圧を $1.10 \times 10^6\text{ Pa}$ とした。次に温度を上げて $T[\text{K}]$ に保ったところ、水素がアセチレンとエチレンに付加し、容器内はエタンのみとなった。反応後の容器内の圧力は 27°C のもとで $4.00 \times 10^5\text{ Pa}$ であった。(1)～(3)に答えなさい。ただし、触媒の体積は無視できるものとする。また、触媒は容器内の圧力に影響を与えないものとする。

(1) $x':y'$ として適切な比を a～g から選びなさい。

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| a 1:1 | b 1:2 | c 1:3 | d 1:4 |
| e 2:1 | f 3:1 | g 4:1 | |

(2) B の平均分子量はいくらか。最も近い数値を a～g から選びなさい。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| a 26.4 | b 26.5 | c 26.7 | d 27.0 |
| e 27.3 | f 27.5 | g 27.6 | |

(3) 容器に入れた水素は標準状態で何 L か。最も近い数値を a～g から選びなさい。

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| a 1.8 | b 2.7 | c 3.6 | d 4.5 |
| e 5.4 | f 6.3 | g 7.2 | |

問3 アセチレン 1 mol に水素を付加して 1 mol のエチレンができるときの反応熱 Q [kJ] はいくらか。最も近い数値を a ~ g から選びなさい。

a 137

b 174

c 257

d 311

e 433

f 520

g 706

4 問1～問8に答えなさい。ただし原子量は、H=1.0, C=12, O=16とする。

問1 分子式が C_8H_8O でベンゼン環とカルボニル基をもつ化合物には、何種類の構造異性体があるか。a～eから選びなさい。

a 5 b 6 c 7 d 8 e 9

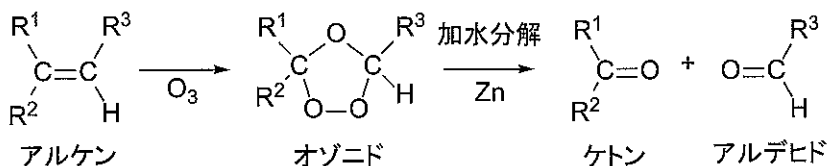
問2 ある有機化合物の元素分析の結果は、質量百分率で炭素C 55%、水素H 9%、酸素O 36%であった。また、この化合物1.00 gを容積1.00 Lの真空容器に入れ、77℃に加熱するとすべて気体となり、容器内の圧力は 3.3×10^4 Paを示した。この化合物の分子式を $C_xH_yO_z$ で表したとき、 $x \sim z$ にあてはまる数字をそれぞれの選択肢a～eの中から1つずつ選びなさい。ただし、気体定数 R は 8.3×10^3 Pa·L/(mol·K)とする。

x の選択肢： a 1 b 2 c 3 d 4 e 5
 y の選択肢： a 4 b 6 c 8 d 10 e 12
 z の選択肢： a 1 b 2 c 3 d 4 e 5

問3 炭化水素に関する記述a～eのうち、正しいものをすべて選びなさい。

- a プロパン分子の水素原子2個を塩素原子で置換した化合物には、不斉炭素原子をもつものが存在する。
- b プロパンは、常温・常圧で無色の液体である。
- c プロピレン(プロペン)分子の構成原子は、すべて同一平面上にある。
- d プロピレン(プロペン)には、シス-トランス異性体(幾何異性体)が存在する。
- e アセチレン(エチン)分子の構成原子は、すべて一直線上にある。

- 問4 アルケンを低温でオゾン O_3 と反応させると、 $C=C$ 結合が完全に切れてオゾンニドと呼ばれる不安定な化合物を生成する。オゾンニドを亜鉛などの還元剤とともに加水分解すると、アルデヒドまたはケトン(カルボニル化合物)を生成する。この一連の反応をオゾン分解という。(1)と(2)に答えなさい。

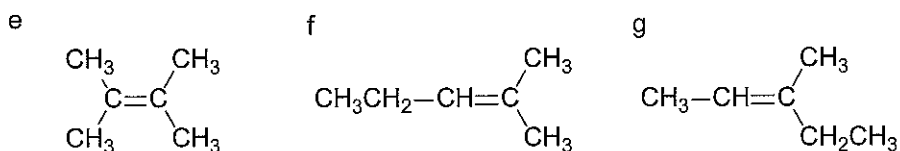
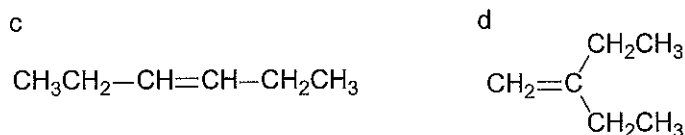
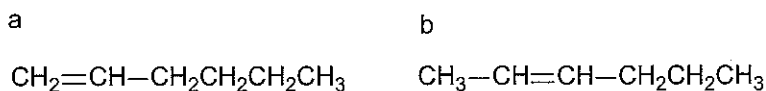


$R^1 \sim R^3$ はアルキル基

- (1) 2-メチル-2-ペンテンをオゾン分解するとき、生成する有機化合物を a ~ f からすべて選びなさい。

- a ホルムアルデヒド b アセトアルデヒド c プロピオンアルデヒド
d アセトン e エチルメチルケトン f ジエチルケトン

- (2) 分子式が C_6H_{12} であるアルケン X をオゾン分解したところ、化合物 Y と化合物 Z が生成した。Y はヨードホルム反応を示し、フェーリング液を還元した。一方、Z はヨードホルム反応を示したが、フェーリング液は還元しなかった。アルケン X の構造式を a ~ g から 1 つ選びなさい。ただし、シス-トランス異性体(幾何異性体)を考えないものとする。

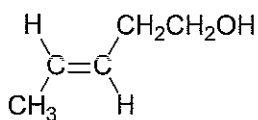


問5 次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

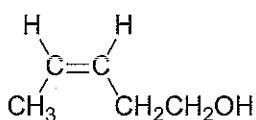
化合物Aは、分子式が $C_6H_{10}O$ の安定なアルコールであり、不斉炭素原子をもたない。AにPtを触媒として水素を付加させると、不斉炭素原子を1つもつ化合物Bが得られた。また、Aに臭素水を作用させると付加反応が起こり、不斉炭素原子を2つもつ化合物Cが得られた。Bを $K_2Cr_2O_7$ の硫酸酸性溶液でおだやかに酸化すると、銀鏡反応を示す化合物Dが得られ、さらに酸化すると、弱酸性を示す化合物Eが得られた。

(1) Aとして考えられる構造式をa～iからすべて選びなさい。

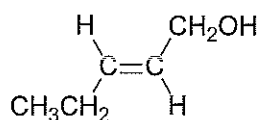
a



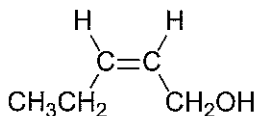
b



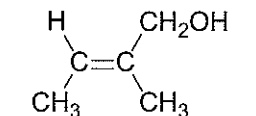
c



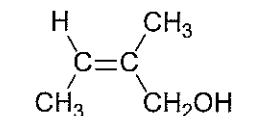
d



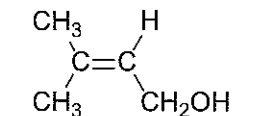
e



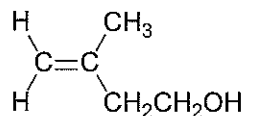
f



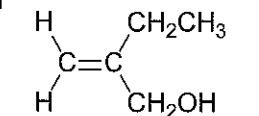
g



h



i



(2) B, D, E を沸点の高い順に並べたとき, 正しいものを a ~ f から選びなさい。

a $B > D > E$

b $B > E > D$

c $D > B > E$

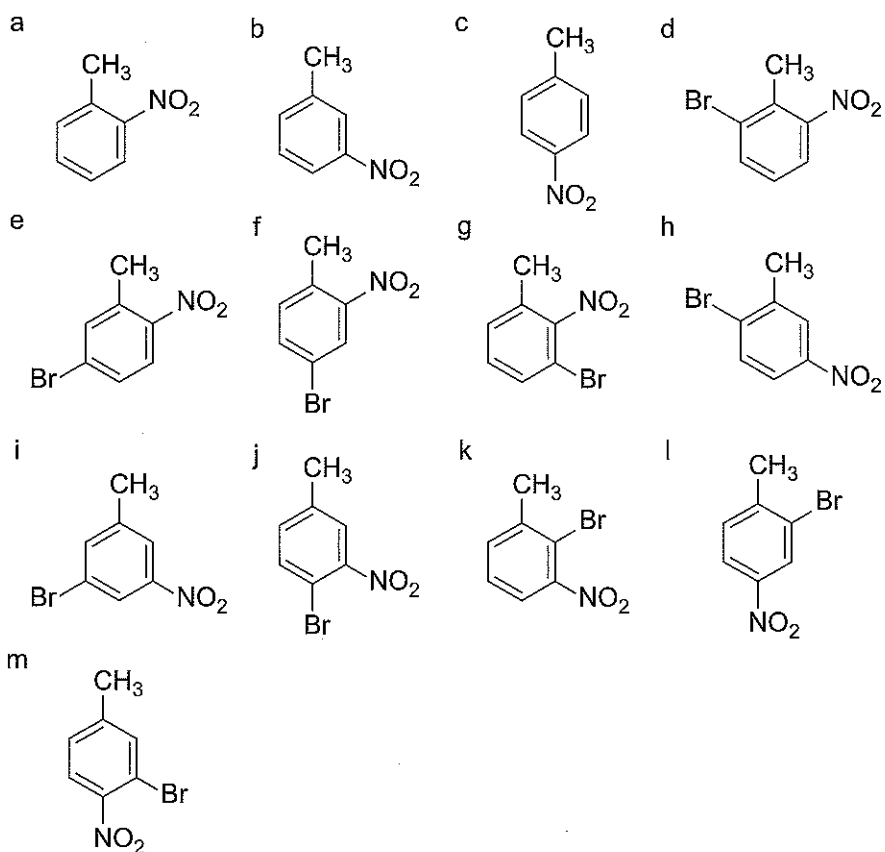
d $D > E > B$

e $E > B > D$

f $E > D > B$

問6 ベンゼンの水素が1つだけ置換された一置換体 C_6H_5-X に置換反応を行う場合、置換基 X の種類により、ベンゼン環のどの位置で次に置換が起こりやすいかが決まる。 X にヒドロキシ基、アルキル基、ハロゲンをもつ化合物は、*o*-位や*p*-位で置換反応が起こりやすく、ニトロ基やカルボキシ基をもつ化合物は、*m*-位で置換反応が起こりやすい。このような性質を配向性という。

トルエンをニトロ化したところ、ニトロ基が1つ導入された化合物 A と B が主生成物として得られた。A と B を分離した後、A を臭素化するとベンゼン環に臭素原子が1つ導入された C が主生成物として得られた。また、B を臭素化するとベンゼン環に臭素原子がそれぞれ1つずつ導入された D と E が主生成物として得られた。D の3つの置換基は隣り合っている (1,2,3-三置換ベンゼン)。A ~ E の構造式を a ~ m から1つずつ選びなさい。



問7 糖に関する記述 a～e のうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a α -グルコースと β -グルコースは、互いに構造異性体である。
- b グルコースとガラクトースは、互いに立体異性体である。
- c フルクトースの五員環構造と六員環構造では、不斉炭素原子の数が異なる。
- d マルトースの分子式とスクロースの分子式は同じである。
- e デンプンやセルロースなどの多糖類の分子式は、いずれも $(C_6H_{12}O_6)_n$ で表される。

問8 スチレン-ブタジエンゴムは、スチレンと1,3-ブタジエンの共重合で得られる。この共重合体における構成単位の数の比が、スチレン:1,3-ブタジエン=1:4の場合、分子量 9.6×10^4 のスチレン-ブタジエンゴムは、1分子中にベンゼン環をいくつ含むか。最も近い数値を a～e から選びなさい。

- a 1.0×10^2
- b 2.0×10^2
- c 3.0×10^2
- d 6.0×10^2
- e 9.0×10^2