

問題・解答 用紙番号	50
---------------	----

の解答用紙に解答しなさい。

## 化 学

〈受験学部・学科〉

理工学部、薬学部、農学部(農業生産学科・応用生物科学科・食品栄養学科)

問題は100点満点で作成しています。

解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

数字をマークするように求められたときは、次の例に従ってマークせよ。

例1. 問題に  $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$  とあるとき、

$\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$   
 計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して 0 7 1 0 をそれぞれマークせよ。

例2. 問題に  $C \boxed{a} H \boxed{b} \boxed{c} N \boxed{d} O \boxed{e}$  とあるとき、

$\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \boxed{d} \boxed{e}$   
 答えが  $C_2H_7NO_2$  ならば、2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

上の例のように、0 や 1 もマークし、空欄を残さないこと。

解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0

気体定数  $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

**I** 次の文を読み、問1～6に答えよ。(20点)

19世紀後半、**ア**によって、当時知られていた63種の元素をもとに元素の周期表の原型がつかわれ、その後、新たに発見された元素を加えて、現在の周期表となった。下図は、第5周期までの元素の周期表の概略図であり、**A**～**H**は領域を表す。

下図の**イ**の領域の元素を遷移元素、それ以外の領域の元素を典型元素という。典型元素の最外殻電子の数は、ヘリウムを除いて、族番号の一の位の数と等しく、遷移元素の最外殻電子の数は、ほとんどの場合、**ウ**または**エ**である。

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
周期	1	<b>A</b>																	
2																			
3																			
4	<b>B</b>	<b>C</b>															<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
5								<b>D</b>					<b>E</b>						

問1 **ア**に該当する人名をa～eから選んでマークせよ。

- a. アレニウス                      b. ゲーリュサック                      c. ドルトン  
d. メンデレーエフ                      e. ラザフォード

問2 **イ**に該当する領域を**A**～**H**から選んでマークせよ。

問3 **ウ**および**エ**に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、数字の大きさは**ウ** < **エ**とする。

問4 第5周期までの典型元素に関する記述として正しいものをa～dからすべて選んでマークせよ。

- a. ほかのイオンや分子と配位結合した錯イオンをつくるものが多い。
- b. 原子番号の増加とともに、価電子の数が規則的に変化する。
- c. 同一周期で、隣り合う元素の性質が似ていることが多い。
- d. 単体が、酸の水溶液とも強塩基の水溶液とも反応して塩をつくる金属元素を含む。

問5 貴ガス（希ガス）を除く典型元素は、各周期で原子番号が大きくなるにしたがって、一般に、第一イオン化エネルギーは  し、電気陰性度は  する。 および  に該当する語句をaおよびbからそれぞれ選んでマークせよ。ただし、必要であれば、繰り返し選んでよい。

- a. 減少
- b. 増加

問6 次のa～dに該当する領域を、それぞれ **A～H** から すべて選んでマークせよ。

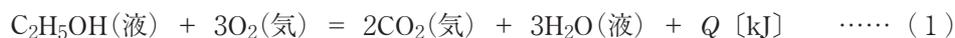
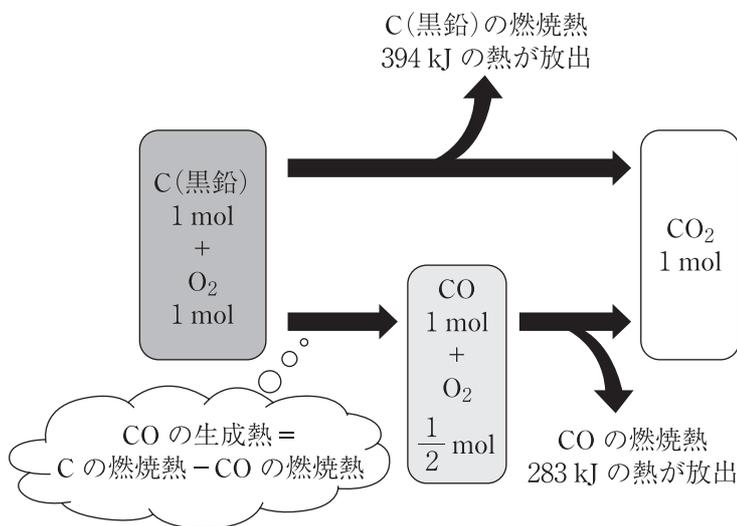
- a. 非金属元素の領域
- b. 常温・常圧で、すべての単体が気体として存在する元素の領域
- c. 常温・常圧で、単体が液体として存在する元素を含む領域
- d. フッ素について電気陰性度が大きい元素を含む領域

Ⅱ 次の文を読み、問1～6に答えよ。(21点)

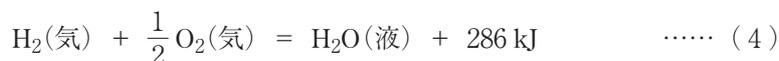
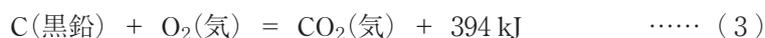
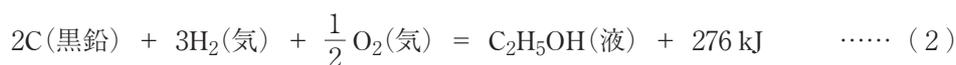
① 反応熱は、反応の種類によって、燃焼熱、溶解熱、中和熱など、さまざまな名称でよばれる。1840年、さまざまな反応の反応熱の測定結果から、「物質が変化する際の反応熱の総和は、変化する前の状態と変化した後の状態だけで決まり、その変化の経路は無関係である」という法則

が見出された。この法則を用いると、たとえば、直接測定することが難しい一酸化炭素の生成熱を、図に示すように間接的に求めることができる。

また、化学変化に関与する物質の生成熱を利用すると、その変化の反応熱を計算することができる。たとえば、エタノールの燃焼反応の熱化学方程式は次式で表される。



一方、エタノール(液)、二酸化炭素、水(液)の生成熱は、それぞれ以下のように表される。なお、単体(同素体がある場合は最も安定なもの)の生成熱は、その定義により  $\boxed{\text{X}}$  kJ/mol なので、酸素の生成熱は  $\boxed{\text{X}}$  kJ/mol である。



ここで、式(2)～(4)から式(1)を導き出すと、エタノール1 molの燃焼の反応熱  $Q$  は  $\boxed{\text{Y}}$  kJ と計算できる。

問1 下線部①に関する記述 a～eのうち、正しいものをすべて選んでマークせよ。

- a. 熱化学方程式において、反応熱が正の値なら吸熱反応、負の値なら発熱反応となる。
- b. 生成熱は、化合物 1 mol がその成分元素の単体から生成する際の熱量であり、すべて正のエネルギー値を示す。
- c. 酸と塩基の中和反応によって 1 mol の水が生成するときに発生する熱量を中和熱という。中和熱は、強酸と強塩基の希薄溶液の中和反応では、酸や塩基の種類に関わらずほぼ一定の値を示す。
- d. 燃焼熱は、物質 1 mol が完全に燃焼するときの反応熱であり、この反応には発熱反応と吸熱反応がある。
- e. 物質 1 mol を多量の溶媒に溶解したときに発生または吸収する熱量を溶解熱という。

問2 下線部②の法則の名称に該当するものを a～f から選んでマークせよ。

- a. アボガドロの法則                      b. シャルルの法則                      c. ファントホッフの法則
- d. ヘスの法則                              e. ヘンリーの法則                      f. ボイルの法則

問3  に該当する数値を a～g から選んでマークせよ。

- a. -1000                      b. -10                      c. -1                      d. 0
- e. 1                              f. 10                      g. 1000

問4  に該当する数値を a～f から選んでマークせよ。

- a. 404                      b. 956                      c. 1370                      d. 1478                      e. 1922                      f. 2030

問5 メタンの生成熱を    kJ/mol と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、メタンの燃焼熱は、891 kJ/mol とする。

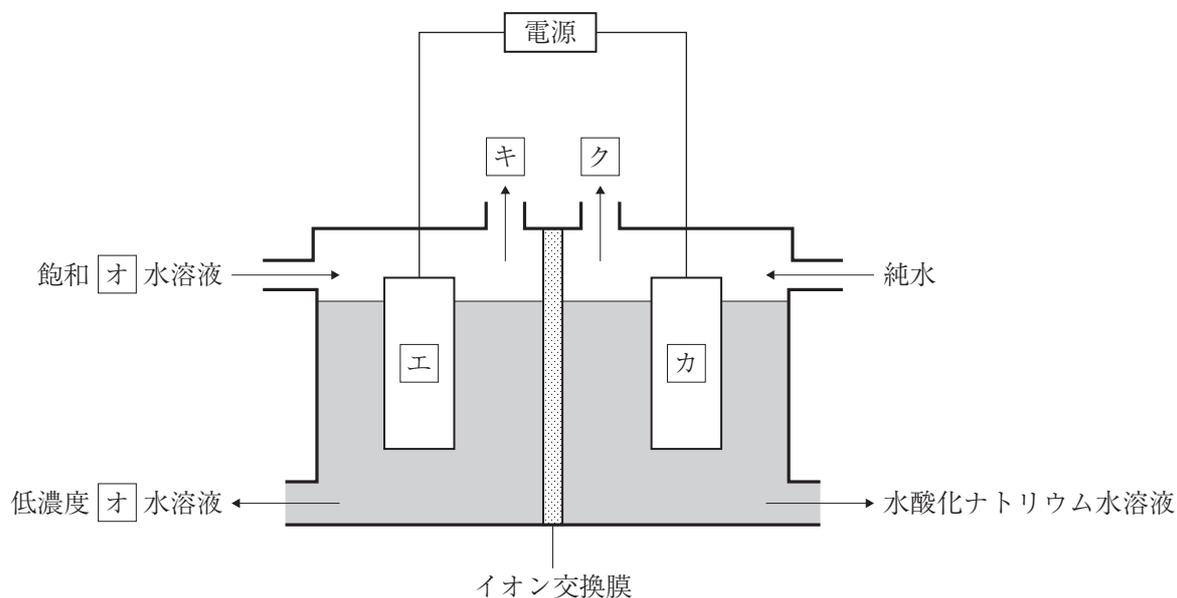
問6 化学反応では、原子間の結合の組み換えが起こるが、結合の強さはそれぞれの結合の種類によって異なり、これが原因となって反応の前後で熱の出入りが生じる。そのため、各原子間の結合エネルギーがわかれば、化学反応における原子間の結合の切断と形成に着目することで、反応熱を求めることができる。 $\text{H}_2$ のH-H結合エネルギーを432 kJ/mol、 $\text{N}_2$ の $\text{N}\equiv\text{N}$ 結合エネルギーを942 kJ/mol、 $\text{NH}_3$ のN-H結合エネルギーを388 kJ/molとすると、アンモニア(気)の生成熱は  $\boxed{Z}$  kJ/mol である。 $\boxed{Z}$  に該当する数値として最も適するものを a ~ j から選んでマークせよ。

- |        |        |         |         |          |
|--------|--------|---------|---------|----------|
| a. -45 | b. -90 | c. -493 | d. -986 | e. -1074 |
| f. +45 | g. +90 | h. +493 | i. +986 | j. +1074 |

Ⅲ 次の文を読み、問1～5に答えよ。(21点)

電解質の水溶液や高温の融解塩に電極を入れ、直流電流を流して酸化還元反応を起こさせることを電気分解という。陰極では、水溶液や融解塩中に水素よりイオン化傾向の小さい金属イオンが存在すると、これらが [ア] されて電極上に金属が析出する。水素よりイオン化傾向が大きく [ア] されにくい金属の場合、水溶液の電気分解では金属の [ア] は起こらず、溶媒の水が [ア] され、水素が発生する。一方、陽極付近に、ハロゲン化物イオンが存在すると、これらが [イ] されてハロゲンの単体が生じる。水よりも [イ] されにくい物質やイオンしか存在しない場合、水溶液の電気分解では溶媒の水が [イ] されて、[ウ] が発生する。

水酸化ナトリウムの製造法として、下図のようなイオン交換膜を用いた電気分解が利用されている。この方法では、陽極に黒鉛、陰極に鉄を用いる。特定のイオンだけが透過できる <sup>①</sup>イオン交換膜のシートで電解槽を2つに区切り、[エ] 極側の電解槽に不純物を取り除いた飽和 [オ] 水溶液を入れる。[カ] 極側の電解槽には純水（実際には、導電性をもたせるために薄い水酸化ナトリウム水溶液が用いられる）を入れる。電気分解すると、[エ] 極側では [キ]、[カ] 極側では水酸化ナトリウム水溶液と [ク] が生成する。[カ] 極側の水溶液を濃縮すると、純粋な水酸化ナトリウムの固体が得られる。いま、下図の装置を用いて、<sup>②</sup>2.00 A の電流で 20420 秒間（5 時間 40 分 20 秒間）電気分解を行ったところ、[カ] 極側で水酸化ナトリウムが [X] g 生じた。



問1 ア～クに該当する語句を a～j からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. 陰                      b. 塩化ナトリウム      c. 塩素                      d. 還元  
e. 酸化                    f. 酸素                      g. 硝酸銀                    h. 水素  
i. 陽                        j. 硫酸銅(II)

問2 下線部①で用いるイオン交換膜として正しいものを a および b から選んでマークせよ。

- a. 陰イオン交換膜                      b. 陽イオン交換膜

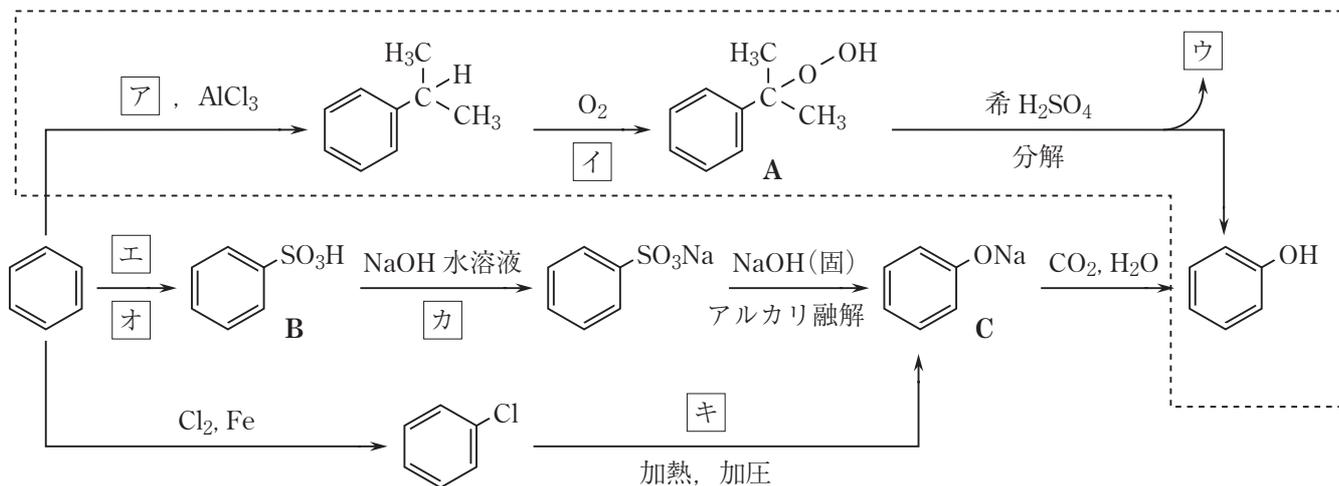
問3 下線部②において流した電子の物質量を  $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c} \times 10^{-\boxed{d}}$  mol と表すとき、a～d に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4$  C/mol とする。

問4 下線部②において、 $\boxed{エ}$  極側で発生した気体の体積を標準状態で  $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c}$  L と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問5  $\boxed{X}$  g を  $\boxed{a}\boxed{b}.\boxed{c}$  g と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

IV 次の文を読み、問1～8に答えよ。(20点)

フェノールは、ベンゼンの水素原子の1つをヒドロキシ基で置換した化合物で、プラスチック、染料、医薬品などの原料として利用されている。下図に、ベンゼンを出発原料としたフェノールの合成経路を示す。



問1 破線で囲まれたフェノールの工業的製造法の名称として、正しいものをa～fから選んでマークせよ。

- a. オストワルト法                      b. クメン法                              c. 接触法  
d. ソルバー法                            e. ハーバー・ボッシュ法              f. 融解塩電解

問2 [ア] に該当する試薬の化学式として、最も適するものをa～fから選んでマークせよ。

- a.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$                       b.  $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$                       c.  $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$   
d.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$                       e.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$                       f.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOCH}_3$

問3 [イ] および [カ] に該当する反応の名称として、最も適するものをa～eからそれぞれ選んでマークせよ。

- a. 還元反応                                  b. 酸化反応                                  c. 置換反応  
d. 中和反応                                  e. 付加反応

問4 化合物 **A** がフェノールに変化するとき、 も生成する。 の化学式に該当するものを a ~ f から選んでマークせよ。

- a.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$       b.  $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$       c.  $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$   
d.  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$       e.  $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$       f.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$

問5 ベンゼンに試薬  を加えて加熱すると、化合物 **B** が生成する。 に最も適する試薬を a ~ e から選んでマークせよ。

- a.  $\text{H}_2\text{S}$       b.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$       c. 希  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
d. 濃  $\text{H}_2\text{SO}_4$       e. 濃  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 濃  $\text{HNO}_3$

問6  に該当する反応の名称を a ~ f から選んでマークせよ。

- a. エステル化      b. けん化      c. ジアゾ化  
d. スルホン化      e. ハロゲン化      f. ニトロ化

問7  に最も適するものを a ~ f から選んでマークせよ。

- a.  $\text{CH}_3\text{COOH}$       b.  $\text{H}_2\text{O}$       c.  $\text{H}_2\text{O}_2$  水溶液  
d.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水溶液      e.  $\text{NaOH}$  水溶液      f.  $\text{O}_2$

問8 2.0 mol/L の化合物 **C** の水溶液 400 mL に  $\text{CO}_2$  を通気したところ、すべての **C** はフェノールへと変化した。このとき、生成するフェノールの質量を   .  g と表すとき、a ~ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

V 次の問 1～6 に答えよ。(18点)

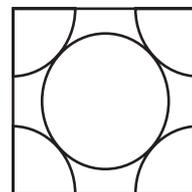
問 1 次の分子のうち、無極性分子を a～e から選んでマークせよ。

- a. CH<sub>3</sub>OH      b. CO<sub>2</sub>      c. HCl      d. H<sub>2</sub>O      e. NH<sub>3</sub>

問 2 右図は、面心立方格子の側面図である。この単位格子の充填率は

%である。 に該当する数値として最も適するものを a～c から選んでマークせよ。ただし、 $\pi = 3.14$ ,  $\sqrt{2} = 1.41$  とする。

- a. 56      b. 68      c. 74



問 3 常温で水とは反応しないが、希硫酸とは反応する金属(単体)を a～e から選んでマークせよ。

- a. Ag      b. Cu      c. Fe      d. Hg      e. Pt

問 4 25℃における 0.100 mol/L 酢酸 CH<sub>3</sub>COOH の pH を . と表すとき、a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、25℃における酢酸の電離度  $\alpha$  は 0.016 とし、 $\log_{10} 2 = 0.300$  とする。

問 5 アンモニアを実験室でつくるには、塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを混ぜて加熱する方法が用いられる。このとき起こる変化は以下の化学反応式で表される。 ～  に該当する数字をそれぞれマークせよ。



問 6 次の糖のうち、フェーリング液を還元しないものを a～e から選んでマークせよ。

- a. グルコース      b. スクロース      c. ラクトース  
d. フルクトース      e. ガラクトース