

理 科 (前期日程・100点)

2月25日(木) 13:30~15:00 (90分)

注 意 事 項

- 1 監督者の指示があるまで、この問題冊子と別の答案冊子を開いてはいけません。
- 2 出題科目、ページ、および選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
化 学	1 ~ 8	左の科目のうちから1科目を選択し、解答してください。解答は別の答案用紙に記入してください。
生 物	9 ~ 16	

- 3 別に答案冊子(答案用紙は化学3枚、生物3枚)があります。
- 4 試験中に問題冊子および答案冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れ等に気付いた場合は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
- 5 監督者の指示に従って、選択する科目の答案用紙のそれぞれの所定の欄に氏名(1箇所)と受験番号(2箇所)を記入してください。
- 6 試験開始の合図の後に、答案冊子の折り目を丁寧に切り離してください。切り離し損なった人は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
- 7 解答は選択する科目の答案用紙(化学3枚または生物3枚)の所定の欄に記入してください。所定の欄以外に書いた解答は無効です。
- 8 答案用紙の横線より上の部分には、氏名と受験番号のほかは記入してはいけません。右寄りに引かれた縦線より右の部分には、なにも書いてはいけません。
- 9 問題冊子の余白は下書き用として使ってもかまいません。ただし、どのページも切り離してはいけません。
- 10 試験終了時刻まで退室してはいけません。
- 11 試験終了後は、選択した1つの科目の答案用紙だけ(化学3枚または生物3枚)を監督者の指示に従って提出してください。
- 12 問題冊子、答案冊子の表紙および選択しなかった科目の答案用紙は持ち帰ってください。

化 学

(第 1 問～第 3 問)

計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00 C = 12.0 O = 16.0 Na = 23.0 S = 32.1

Cu = 63.5

気体定数 R : $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

ファラデー定数 F : $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

なお、計算による解答の有効数字は 3 桁とし、解答欄には考え方がわかるように計算の過程も示せ。

第 1 問 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えよ。(配点 35 点)

原子を構成する電子は、原子核を取り巻くいくつかの電子殻に分かれて存在している。最も外側の電子殻に入っている電子を最外殻電子という。最外殻電子を黒点(・)で示し、元素記号のまわりに書いた式を電子式という。①最外殻電子のうち、原子がイオンになったり、結びついたりするときに重要な働きをする電子を **ア** という。2 個の原子の間で、それぞれの **ア** を出しあって両方の原子で共有してできる結合を共有結合という。フッ化水素分子 HF は水素原子 H とフッ素原子 F が共有結合してできている。HF 分子中の H 原子は、**イ** 原子と同じ電子配置をとり、F 原子は **ウ** 原子と同じ電子配置をとる。共有結合はファンデルワールス力や水素結合などの分子間力よりもはるかに強い。共有結合を切断するのに必要なエネルギーを結合エネルギー^②という。原子間の結合の切断と形成が起こる気体分子間の化学反応では、結合エネルギーから反応熱を求めることができる。

分子間の化学反応が起こるためには、分子が互いに衝突し、さらに衝突した分子が活性化状態(遷移状態)とよばれるエネルギーの高い不安定な状態になる

ことが必要である。この活性化状態にするために必要な最小のエネルギーを活性化エネルギー^③という。化学反応の前後でそれ自身は変化せず、活性化エネルギーを低下させることを通じて エ を大きくする物質は、触媒とよばれる。

問 1 空欄 ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句を記せ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句が入るものとする。

問 2 下線部①に関して、以下の分子の電子式をそれぞれ記せ。

硫化水素，二酸化炭素，窒素，シアン化水素

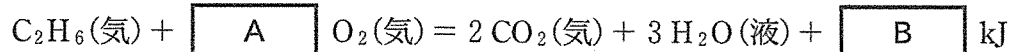
問 3 下線部②に関して、設問 a ~ d に答えよ。

a 25℃， 1.013×10^5 Pa におけるエタン分子(C_2H_6)中の C-H と C-C の結合エネルギーをそれぞれ 416 kJ/mol と 330 kJ/mol とし、エタン 15.0 g を完全に原子に分解するために必要なエネルギーを求めよ。

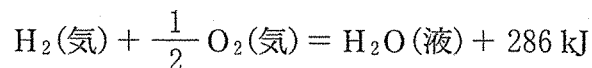
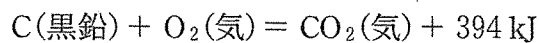
b エタンが生成する反応の熱化学方程式を、エタンの生成熱を X [kJ/mol] とし、記せ。

c エタンの生成熱を求めよ。ただし、炭素(黒鉛)の昇華熱を 718 kJ/mol とし、25℃， 1.013×10^5 Pa における H-H の結合エネルギーを 436 kJ/mol とする。

- d エタンの燃焼熱を示す次の熱化学方程式について、空欄 **A** には分数値を、空欄 **B** には整数値を入れて式を完成させよ。



ただし、二酸化炭素 $\text{CO}_2(\text{気})$ および水 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ が生成する反応の熱化学方程式は以下のとおりとする。



問 4 下線部③に関して、設問 a, b に答えよ。

- a 水素 H_2 とヨウ素 I_2 からヨウ化水素 HI を生成するために必要な活性化エネルギーは、 H_2 と I_2 の結合エネルギーの和よりもはるかに小さい。このことから、 HI が生成する反応の進み方について、どのようなことが考えられるか、簡潔に記せ。
- b 触媒の存在下で H_2 と I_2 を反応させると、触媒の非存在下に比べて、 HI を生成する反応の反応熱は増加するか、減少するか、あるいは変化しないか、答えよ。

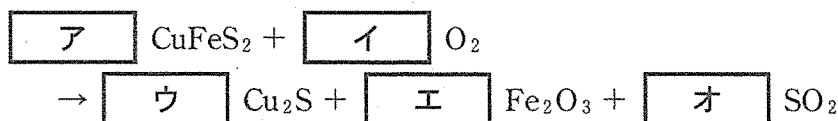
試験問題は次のページに続く。

第2問 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(配点 35点)

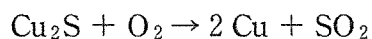
銅は、天然に単体として存在することもあるが、多くは黄銅鉱(主成分 CuFeS_2)などとして存在する。銅の製法は、以下の手順で行われる。

まず溶鉱炉に黄銅鉱、ケイ砂、石灰石、コークスを入れて加熱すると、硫化銅(I) Cu_2S が得られる。この硫化銅(I)を転炉に移し、空気を吹きこみながら強熱すると、純度が99%程度の粗銅が得られる。この粗銅と純銅を電極に用いて硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を電気分解すると、99.99%以上の高純度の銅が得られる。

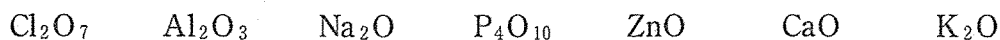
- 問1 下線部①において、硫化銅(I)の生成反応は、次の化学反応式で表される。空欄 ~ に適切な係数を入れて、反応式を完成させよ。ただし、適切な係数が1となる場合は、解答欄に1を記入すること。



- 問2 下線部②の反応は、次の化学反応式で表される。 Cu_2S と SO_2 における硫黄原子の酸化数をそれぞれ答えよ。また、この酸化数の変化から硫黄原子はどのような反応を受けたのか、説明せよ。



- 問3 下線部①および②において発生する SO_2 は、酸性酸化物に分類される。次の中から酸性酸化物をすべて選べ。



問 4 下線部③に関して、設問 a, b に答えよ。

- a 陰極と陽極で起こる反応を、それぞれ e^- を含むイオン反応式で記せ。
- b 粗銅中には、亜鉛、銀、鉄、ニッケル、金などの不純物が含まれる。これらの金属のうち、ある金属はイオンになって溶液に溶け出すが、別の金属は電極からはがれて下にたまる。亜鉛、銀、鉄、ニッケル、金の中から、溶液に溶け出す金属をすべて選べ。

問 5 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電気分解する実験を行うことにした。設問 a ~ d に答えよ。

- a 0.500 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 250 mL をつくるために必要な硫酸銅(Ⅱ)五水和物の質量は何 g か、答えよ。
- b 陽極・陰極ともに白金電極を用いて、設問 a でつくった硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電気分解したところ、片方の電極からは、気体の発生が観察された。この電極で起こった反応を、 e^- を含むイオン反応式で記せ。
- c 設問 b の電気分解を 2.00 A の電流で 32 分 10 秒間行ったとき、発生する気体の物質は何 mol か、答えよ。ただし、この気体は水に溶解しないものとする。
- d 設問 c で発生する気体の体積は、27 °C、 1.00×10^5 Pa で何 L か、答えよ。

第3問 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(配点 30点)

一般式 C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表され、炭素原子間に二重結合を1個もつ鎖式不飽和炭化水素を **ア** と呼ぶ。 $n = 2$ の **イ** や $n = 3$ の **ウ** は重要な化学工業の原料であり、**イ** に水を付加させることで化合物 A が、**ウ** に水を付加させることで化合物 B が製造される。

化合物 A を二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液に加えて穏やかに加熱し、蒸留すると化合物 C が得られた。この化合物 C を酸化剤で酸化すると、化合物 D が得られた。一方、化合物 B を二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液に加えて加熱し、生成した気体を氷冷すると、化合物 E の液体が得られた。この化合物 E は化合物 C とは異なり、酸化剤で酸化されなかった。

化合物 A に濃硫酸を加えて $130 \sim 140^\circ\text{C}$ で加熱し、生成した気体を氷冷すると化合物 F が得られた。化合物 F は揮発性の液体であり、水に加えると二層に分離した。化合物 A と化合物 B にそれぞれナトリウムの小片を加えると、^①いずれも気体を発生しながらナトリウムが溶解したが、この反応は化合物 F では起こらなかった。また、アンモニア性硝酸銀水溶液に化合物 A～E をそれぞれ加えて穏やかに加熱すると、化合物 C を加えた場合にのみ、銀の析出が認められた。さらに、化合物 A と化合物 D の混合液に濃硫酸を少量加えて加熱すると、^③脱水縮合して化合物 G というエステルを生じた。

問1 空欄 **ア** ～ **ウ** にあてはまる最も適切な語句を記せ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句が入るものとする。

問2 化合物 A～G の名称を記せ。

問 3 下線部①に関して、設問 a, b に答えよ。

- a 化合物 A とナトリウムの反応について、化学反応式を記せ。
- b ナトリウムとの反応性の違いから化合物 A, B および F の構造についてわかることを、簡潔に説明せよ。

問 4 下線部②に関して、なぜ化合物 C のみでこの反応が起きたのか、考えられる理由を簡潔に説明せよ。

問 5 下線部③に関して、設問 a ~ c に答えよ。

- a 化合物 G の構造式を記せ。
- b 化合物 G に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、化合物 G は不可逆的に加水分解した。この反応の化学反応式を記せ。またこのような加水分解反応を特に何と呼ぶか、答えよ。
- c 一般に、油脂はグリセリンと高級脂肪酸のエステルである。ステアリン酸 $C_{17}H_{35}COOH$ とグリセリンのみを構成成分とする油脂 1 mol に水酸化ナトリウム水溶液を加えてセッケンを作ったとき、何 g のセッケンが得られるか、答えよ。

問 6 化合物 A ~ G のそれぞれにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて穏やかに加熱したとき、黄色沈殿を生じる化合物をすべて選び、A ~ G の記号で答えよ。