

平成 22 年度 入学 試験 問題 (後期)

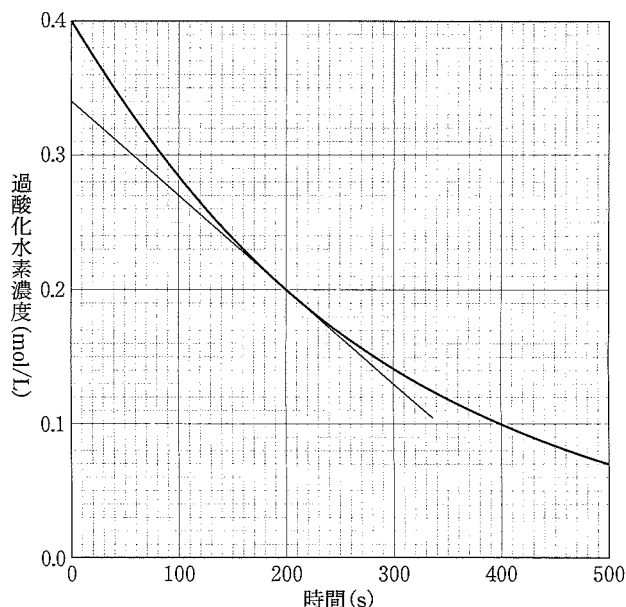
理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理, 化学, 生物のうちから 2 科目を選択し, 別紙解答用紙に受験番号, 氏名を記入すること。  
(ただし受験票, 入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目 (例えば物理, 化学を選択した場合は生物) の解答用紙にも受験番号, 氏名を記入し, 全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合, 及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合, その答案は無効とする。
6. 出題数は物理, 化学, 生物おのおの 4 題, 別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 坂野則道君は 0.400 mol/L の過酸化水素水 0.100 L に酸化マンガン(IV)を混ぜ、過酸化水素の濃度を連続的に測定して、その結果を図に示した。そのグラフから、過酸化水素が 0.200 mol/L になるまで 200 秒、0.100 mol/L になるまで 400 秒かかることがわかった。このことから則道君は、反応開始から  $t$  秒後の過酸化水素の濃度を  $0.400 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{200}}$  という式で表すことができることに気がついた。この反応に興味を持った則道君は反応速度を計算するため、グラフの 200 秒後の点に接線を書き加えた。

答は有効数字 3 桁で  $5.00 \times 10^3$  のように指数を用いて示せ。また、アボガドロ数は  $6.02 \times 10^{23}$ 、 $\log 2$  は 0.301 を用いよ。



問 1 反応開始から 200 秒後の反応速度をグラフから読み取れ。ただし反応速度の単位を mol/(L·s) とせよ。

問 2 この反応の速度定数を求めよ。ただし、単位を  $s^{-1}$  とせよ。

問 3 反応開始時の過酸化水素の分解速度を計算せよ。ただし、分解速度は 1 秒間に分解した過酸化水素の分子数で表せ。

問 4 過酸化水素の濃度が 0.0400 mol/L になるのは、反応開始から何秒後か。

問 5 550 秒後には、1 秒間で過酸化水素何分子につき 1 分子が分解しているか。

II 空気は、窒素と酸素が体積比でほぼ 4 : 1 に混じりあった気体であり、他に二酸化炭素や希ガスなどの微量成分や水蒸気を含む。このように 2 種類以上の物質が混じりあったものを ア という。これに対して、窒素・酸素・水のように、ただ 1 種類の物質からできているものを イ という。イ のうち、水のように 2 種類以上の元素でできている物質を ウ という。一方、水素や酸素のように 1 種類の元素だけでできている イ を エ という。同じ 1 種類の元素からできているのに性質の異なる エ が存在することがあり、これらを互いに オ という。

オゾン<sup>(1)</sup>は酸素  $O_2$  の オ であり、特異臭のある淡青色の気体である。酸素に紫外線を当てるか、乾燥酸素中で無声放電を行なうと、 $3O_2 \rightarrow 2O_3$  で表される反応によってオゾンを生じる。オゾンは分解して酸素に変わり、このとき強い酸化作用を示す。このため、オゾンを硫化水素水に通じると白濁するし、中性のヨウ化カリウム水溶液にオゾンを通じると、無色透明の溶液が黄褐色<sup>(2)</sup>に変わる。オゾンは成層圏でオゾン層を形成して太陽光の紫外線を吸収し、地球上の生物を紫外線の有害な影響から保護している。その反面、地表付近で発生したオゾンは生物にとって有害であり、光化学スモッグの原因となる。大気中のオゾンの定量には様々な方法があるが、上述のオゾンとヨウ化カリウムの反応、およびチオ硫酸ナトリウムの還元性<sup>(3)</sup> ( $2Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2Na^+ + 2e^-$ ) を利用した酸化還元滴定によってオゾンの濃度を決定できる。また、エチレンを還元<sup>(4)</sup>剤の存在下でオゾンと反応させて生じるホルムアルデヒドを分析する方法でもオゾンの濃度を決定できる。この反応はオゾン分解と呼ばれ、アルケンの構造決定に利用される。

問 1 ア ~ オ に当てはまる語句を答えよ。

問 2 下線部(1)、(2)の変化を化学反応式で記せ。

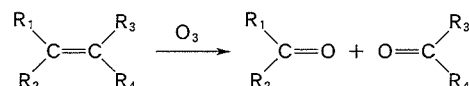
問 3 容器 A と容器 B がコック C で連結されており、A 内には酸素が、B 内にはオゾンが封入されている。A の容積は 4.00 L、圧力は  $1.44 \times 10^5$  Pa であり、B の容積は 2.00 L、圧力は  $9.00 \times 10^4$  Pa であった。コック C を開いて両者が十分に混和した後に無声放電を行ったところ、酸素のちょうど半分がオゾンに変化した。容器の容積変化、容器以外の容積は無視し、気体は全て理想気体、温度は 27 °C、気体定数を  $8.31 \times 10^3$  L·Pa/(K·mol)、O の原子量を 16.0 とする。

① 放電後の各気体の分圧と全圧を有効数字 3 桁で答えよ。

② 生成した混合気体中のオゾンの体積百分率を有効数字 3 桁で答えよ。

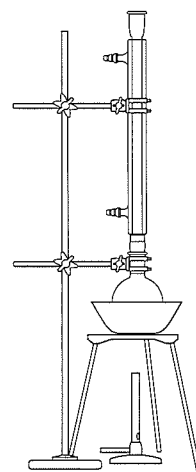
問 4 下線部(3)に関して、標準状態で 44.8 L の空気試料をヨウ化カリウム水溶液 20.0 mL に通じ、試料に含まれるオゾンを全て反応させた。この反応液のうち、10.0 mL を測りとり、ビュレットから 0.100 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下したところ、終点までに 7.20 mL が必要であった。この空気試料中のオゾンの体積百分率を有効数字 3 桁で答えよ。

問 5 下線部(4)に関して、オゾン分解は右に示す反応であり、途中過程でオゾニドが生



成する。エチレンから生成するオゾニドの構造を記せ。

Ⅲ 豊司幸三君は炭素、水素、酸素からなる分子量 200 の有機化合物 A の構造を決定するため、以下の実験を行った。A を 100 mg とり、これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 220 mg、水 72 mg が生成した。A に水酸化ナトリウム水溶液を加え、図の装置を用いて長時間加熱した後、ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜて静置したところ、二層に分離した。水層に塩酸を加えた溶液からは化合物 B が得られた。また、ジエチルエーテル層からは分子式  $C_3H_8O$  である化合物 C が得られた。C に二クロム酸カリウムの希硫酸溶液を加えて温めたところ、化合物 D が得られた。D は銀鏡反応は陰性だがヨードホルム反応は陽性だった。また B を 160 °C に加熱したところ、容易に脱水反応が起こって分子量 98 の化合物 E が生成した。

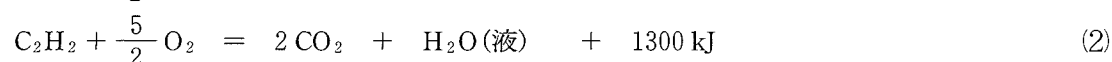
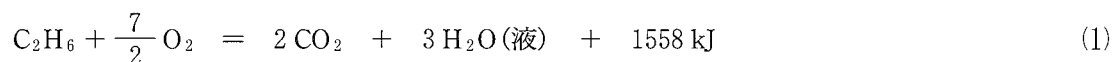


原子量は以下の値を用いよ。H : 1, C : 12, O : 16

- 問 1 化合物 A の分子式を記せ。  
 問 2 下線部(1)では図のように冷却器を用いるが、その目的を述べよ。  
 問 3 下線部(2)の操作で用いるのに最も適切なガラス器具の名称を記せ。  
 問 4 分解産物 B, C, D, E の構造式を記せ。  
 問 5 D を用いた下線部(3)の化学反応式を書け。  
 問 6 化合物 A の構造式を記せ。

Ⅳ 次は高校生の安瀬智廉君と化学の先生の会話である。 ア ~ ス に適切な数値、数式、語句(固有名詞を含む)を入れよ。数値は小数点以下を四捨五入して整数で答えよ。

安瀬 「教科書には『アセチレンを酸素とともに燃やすと高温の炎が得られるため、溶接に使われる』と書かれていますが、調べてみると燃焼熱はエタンのほうが大きくなっています。教科書は間違っていないか。」



先生 「エタンあるいはアセチレンが酸素と過不足なく反応するとして、反応によって得られる熱を反応後の混合気体の物質量で割った値を比較してみよう。そうそう、水の気化熱 44 kJ/mol を忘れないように。」

安瀬 「エタンの場合は ア kJ/mol、アセチレンの場合は イ kJ/mol です。そうか、物質量が少ないほうがあたたまりやすいので高温になるのですね。しかしそうすると、アセチレンは構成原子数がエタンの 2 分の 1 しかないのに、燃焼熱がエタンとそれほど変わらないのはなぜですか。」

先生 「燃焼は複雑な過程だが、燃焼熱は ウ の法則を用いると簡単に理解することができる。ある炭化水素 1 mol およびそれと過不足なく反応する  $O_2$  を原子一つずつに分けるのに要するエネルギーを  $E_1$  とし、次にそのばらばらになった原子をつなげて  $CO_2$  と  $H_2O(液)$  にするとき発生するエネルギーを  $E_2$  とする。燃焼熱を  $E_1$  と  $E_2$  で表すとどうなるかな。」

安瀬 「 エ となります。」

先生 「式(1)と式(2)において  $E_1$ 、 $E_2$  を求めてみよう。黒鉛と  $H_2$  と  $O_2$  から  $CO_2$  と  $H_2O(液)$  が生成するとき発生するエネルギーはそれぞれ 394 kJ/mol、286 kJ/mol だ。さらに黒鉛を炭素原子一つずつに分けるのに要するエネルギー(昇華熱)が 720 kJ/mol、 $H-H$ 、 $O=O$  の結合エネルギーがそれぞれ 435 kJ/mol、498 kJ/mol であることを使うと  $E_2$  が計算できるね。」

安瀬 「式(1)の  $E_2$  は オ kJ/mol、式(2)の  $E_2$  は カ kJ/mol です。ということは、式(1)の  $E_1$  は キ kJ/mol、式(2)の  $E_1$  は ク kJ/mol になります。」

先生 「ところで、式(1)と式(2)の左辺の結合の本数を全部足すとそれぞれ ケ 本、コ 本となるね。当然だが、二重結合、三重結合の結合の本数はそれぞれ 2 本、3 本と数え、式の係数も考慮している。」

安瀬 「 $E_1$  の値から考えると、式(2)のほうが結合 1 本あたりの結合エネルギーが小さいということですね。」

先生 「 $C-H$  の結合エネルギーを化合物に関係なく 413 kJ/mol とし、2 つの炭素間の結合エネルギーを求めてごらん。」

安瀬 「エタンでは サ kJ/mol、アセチレンでは シ kJ/mol です。」

先生 「そうだね。実は、三重結合のうちの 1 本の結合は単結合と同じで、単結合と同じ結合エネルギーを持つと考えられる。他の 2 本の結合は互いに同じものだが、単結合とは違った性質を持つ。その 1 本の結合エネルギーは計算できるね。」

安瀬 「 ス kJ/mol です。単結合の サ kJ/mol に比べてずいぶん小さいですね。三重結合のうちの 2 本の結合が特殊で弱く、アセチレンでは結合を切るために必要なエネルギーが結合 1 本あたり少なくなるので、アセチレンの炎が高温になるのですね。」

化学 (後 期)

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

受 験 番 号

化 学  
(後 期)

I	
II	
III	
IV	
計	

I

問 1	
問 2	
問 3	
問 4	
問 5	

II

問 1	ア	イ	ウ	エ	オ
問 2	(1)				
	(2)				
問 3	① 酸素の分圧		オゾンの分圧		全圧
	②		問 5		
問 4					

III

問 1					
問 2					問 3
問 4	B	C	D	E	問 6
問 5					

IV

	ア	イ	ウ	エ	オ
	カ	キ	ク	ケ	コ
	サ	シ	ス		