

化 学 401 その 1

(注意) 第1問から第4問の解答にあたっては以下の注意事項に従うこと。

1. 数値は有効数字3桁で記し、次の例のように表せ。例) $3.14 \times 10^2 \text{ kg}$
ただし、問題文中に指示がある場合にはその指示に従うこと。
2. 有機化合物の構造式は図1に示す例にならって表すこと。
3. 原子量は次の値を用いること。H=1.00, C=12.0, N=14.0, O=16.0, S=32.0, Cl=35.5
4. $1 \text{ atm} = 1 \text{ 気圧} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 気体定数 $R = 8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

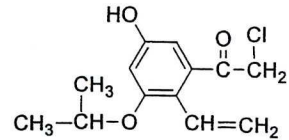


図1 構造式の例

第1問 次の文章を読み、下の問い(問1~5)に答えよ。

気体の体積は、温度や圧力を変えると変化する。その変わり方は、常温・常圧付近では気体の種類によらずほとんど同じである。そのことに着目し、ボイルは「一定温度で、一定質量の気体の体積 V と圧力 P との間には、ある関係が成立する」ことを見いだした。これがボイルの法則である。また、シャルルは、「一定圧力の下で、一定質量の気体の体積 V は、その温度により変化する、ある関係が成立する」ことを見いだした。これがシャルルの法則である。この時の温度 T は、日常に用いている $^{\circ}\text{C}$ で表される単位ではなく、 K で表される単位を持つ (a) と呼ばれるものである。ボイルの法則とシャルルの法則をあわせて考えたものが、ボイル・シャルルの法則である。

問1 括弧内の a にあてはまる語句と、その単位 K の読み方をかけ。また、 $^{\circ}\text{C}$ は正式にはなんと呼ばれる温度かかけ。

問1	a	絶対温度	K の読み方	ケルビン	$^{\circ}\text{C}$ の正式名	摂氏
----	-----	------	-----------------	------	-------------------------	----

問2 ボイルの法則、シャルルの法則、およびボイル・シャルルの法則の関係式を V , P , T を用いてかけ。

問2	ボイルの法則	$PV = \text{一定}$	シャルルの法則	$\frac{V}{T} = \text{一定}$	ボイル・シャルルの法則	$\frac{PV}{T} = \text{一定}$
----	--------	------------------	---------	---------------------------	-------------	----------------------------

問3 ボイル・シャルルの法則を用いて気体定数を計算することができる。 1 mol の気体が 1 atm , 0°C で 22.4 L である場合の気体定数 R' を、 atm と L を含む単位とともにかけ。さらに、 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3$ を含む単位で表される気体定数 R と R' との比をかけ。

問3	$R' = 8.21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$	$R/R' = 9.88 \times 10^{-3}$
----	---	------------------------------

問4 気体A 6 mol を体積 V_1 の容器に入れた時の圧力は 0°C で P_1 であった。この容器にAと反応しない気体Bを 3 mol 加えたところ、圧力は P_2 になった。続いて温度を 0°C から T' にしたとき、圧力は P_2 から P_1 にもどった。このときの温度 T' を求めよ。ただし、温度・圧力変化によりAとBは液化しないものとする。

問4	$T' = 182 \text{ K}$
----	----------------------

問5 気体C 6 mol を体積 1 L の容器に入れた時の圧力は 0°C で P_3 であった。この容器に気体Dを 4 mol 加えたところ、圧力は P_3 のままであった。このとき速やかに化学平衡 $2\text{C} + \text{D} \rightleftharpoons \text{E}$ に従って、CとDから気体Eが生成する。この平衡状態における平衡定数 K を求めよ。ただし、温度・圧力変化によりC, D, Eは液化しないものとする。

問5	$K = 2.50 \times 10^{-1}$
----	---------------------------

小計	点
----	---

化 学 401 その 2

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1~6)に答えよ。ただし、元素記号およびイオン式は1文字と数える。

銅は遷移元素であり、化合物中での酸化数は+1と+2をとる。同じ元素との化合物でも、酸化数が異なると違う性質を示すことが多い。その1つに色の違いがある。例えば、低温で酸化させると(a) 黒色の酸化銅が生成し、高温で酸化させると(b) 赤色の酸化銅が生成する。また、(c) 黄銅鉱に酸素を加えて加熱すると灰色の硫化銅が得られるが、(d) 水溶液中の銅イオンの存在を確認する実験では黒色の硫化銅が沈殿する。

酸化数が異なる化合物では化学反応にも違いが生じることがある。例えば、希塩酸に酸化銅(Ⅰ)を加え十分にかき混ぜると(e) 白色沈殿を生成する。一方、希塩酸に酸化銅(Ⅱ)を加えると(f) 完全に溶解する。

銅の酸化数の変化を利用するのがフェーリング反応である。この反応では、(g) フェーリング液中に沈殿が生じることで還元性物質の検出をおこなうが、還元力の強いホルムアルデヒドなどの検出の際には、(h) 沈殿の生成以外の反応が起こることもある。

問1 下線部(a)および(b)の化合物の分子式をかけ。

問1	a	CuO	b	Cu_2O
----	---	-------	---	---------

問2 下線部(c)の化学反応式、(d)に示す実験のイオン反応式、(e)および(f)の化学反応式をかけ。

問2	c	$2CuFeS_2 + O_2 \rightarrow Cu_2S + 2FeS + SO_2$
	d	$Cu^{2+} + S^{2-} \rightarrow CuS$
	e	$Cu_2O + 2HCl \rightarrow Cu_2Cl_2 + H_2O$
	f	$CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$

問3 銅の精錬では、硫化銅と酸化銅が反応し、銅が生じる。その化学反応式をかけ。

問3	$Cu_2S + 2Cu_2O \rightarrow 6Cu + SO_2$
----	---

問4 下線部(e)で白色沈殿を生成している溶液に、濃塩酸または塩化ナトリウムを十分に加えると沈殿は溶解する。この反応はどのようなものか、20字以内でかけ。

問4	十	分	な	塩	素	イ	オ	ン	が	あ
	る	と	錯	体	を	形	成	す	る	

問5 下線部(g)の還元反応を、電子を含むイオン反応式でかけ。

問5	$Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$
----	----------------------------------

問6 下線部(h)で起こると考えられる反応を20字以内でかけ。

問6	銅	が	析	出	し	て	ガ	ラ	ス	壁
	に	銅	鏡	が	生	成	す	る		

小 計	点
-----	---

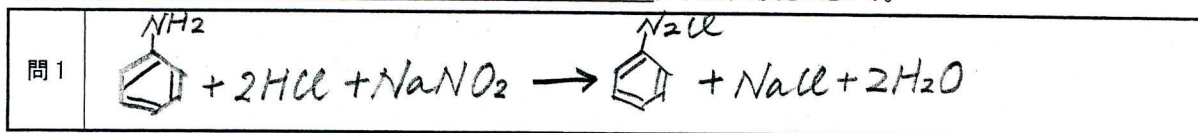
化 学 4 0 1 そ の 3

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1~6)に答えよ。

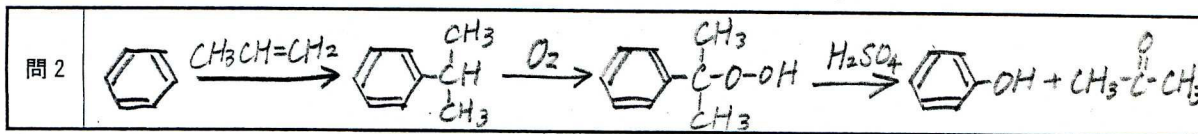
炭素と水素と酸素からなる化合物A~Dに関し、次のような実験をおこなった。

- 【実験1】 エーテルに対する溶解性を調べたところ、A、B、Cが溶けた。
 【実験2】 これらのエーテル溶液に臭素水を少量滴下したところ、Cが溶解したエーテル溶液のみ臭素水の色が消えた。
 【実験3】 水に対する溶解性を調べたところ、Bは溶けた。
 【実験4】 水酸化ナトリウム水溶液に対する溶解性を調べたところ、Bは溶けた。
 【実験5】 塩酸に対する溶解性を調べたところ、Aは溶けた。
 【実験6】 Dは上記の【実験1、3~5】の溶媒に対する溶解性を示さなかったため、高分子と思われる。そこで、化合物Dの元素分析をおこなった。Dの質量を38.4 mg 正確に量り、(a)を詰めた燃焼管の中に入れ、乾燥した酸素を通して完全に燃焼させた。生成した気体を(b)と(c)を詰めた吸収管に、この順に通して吸収させ、各吸収管の質量増加を測定した。その結果、bを詰めた吸収管は14.4 mg、cを詰めた吸収管は88.0 mgの質量増加を示した。

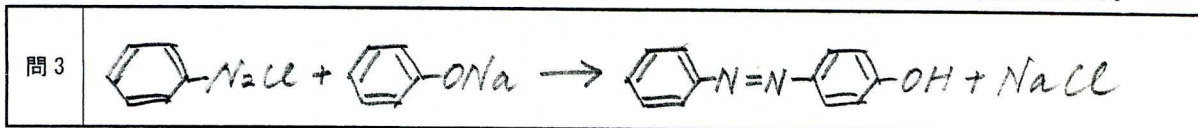
問1 化合物Aはニトロベンゼンを還元することにより合成することができる。この化合物Aの希塩酸溶液を氷水で充分冷却し、その中に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物Eが得られる。下線部の反応式をかけ。



問2 化合物Bはベンゼンよりクメン法を用いてつくることができる。この反応式をかけ。



問3 化合物Eに化合物Bのナトリウム塩を反応させたところ、赤橙色の沈殿が得られた。この反応式をかけ。



問4 a~cにあてはまる化合物名をかけ。また化合物b、cが吸収した化合物の分子式をかけ。

問4	a	酸化銅(II)	b	塩化カルシウム	c	ソーダ石灰
			bが吸収した化合物	H ₂ O	cが吸収した化合物	CO ₂

問5 【実験6】の結果より、化合物Dの組成式を求めよ。また、Dは別の実験によりシャツなどに用いられる高分子であることがわかった。組成式から類推される構造式と、その化合物の正式名称をかけ。

問5	組成式	C ₅ H ₄ O ₂	構造式	
	化合物名	ポリエチレンテレフタレート		

問6 化合物CはC₅H₁₀の化合物であった。Cとして考えられる化合物のうちシス形の化合物Fの構造式をかけ。また、C₅H₁₀の化合物で、【実験2】の反応を起こさない構造異性体Gの構造式を一つかけ。

問6	F		G	
----	---	--	---	--

小 計	点
-----	---

化 学 401 その 4

第4問 次の文章を読み、下の問い（問1～8）に答えよ。

タンパク質は約（A）種類の α -アミノ酸がペプチド結合により多数連なった分子で、 α -アミノ酸だけで構成されている単純タンパク質と、色素や糖など α -アミノ酸以外も含んでいる（B）タンパク質に分類することができる。また、その形状から、ケラチンやコラーゲンのような（C）タンパク質と、アルブミンやグロブリンのような（D）タンパク質に分類することができる。一般に、（D）タンパク質の方が水に溶けやすいが、その水溶液に硫酸アルミニウムなどの電解質を多量に加えるとタンパク質は沈殿する。この現象を（E）という。ペプチド結合によって連なった α -アミノ酸の配列順序をタンパク質の一次構造という。ほとんどのタンパク質は、分子内や分子間でのさらなる結合によって複雑な高次構造をとっており、その高次構造がタンパク質の機能に重要である。

問1（A）～（E）にあてはまる数字または語句をかけ。

問1	A	20	B	複合	C	繊維状
	D	球状	E	塩析		

問2 単純タンパク質に含まれている元素を、元素名ですべてかけ。なお、タンパク質の種類によっては、まったく、あるいはごく微量にしか含まれていない元素もあるが、それもかくこと。

問2	C, H, O, N, S
----	---------------

問3 ヘモグロ빈はヘムという色素が含まれたタンパク質である。ヘムは錯体であり、ある金属のイオンを含んでいる。この金属はなにか、元素名でかけ。

問3	Fe
----	----

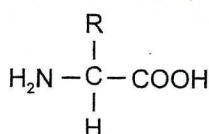
問4 タンパク質の二次構造としてらせん状の構造がある。この構造の名称と、構造の形成と安定化に関わる結合の名称をかけ。

問4	構造名 α -ヘリックス	結合名 水素結合
----	---------------------	----------

問5 タンパク質の四次構造とはどのような構造か、説明せよ。

問5	高次構造を持つタンパク質がいくつか集合して大きな集合体を作ったもの
----	-----------------------------------

問6 タンパク質の高次構造の形成と安定化に関わる結合のうち、共有結合である結合はなにか、その名称をかけ。また、この結合に関与する α -アミノ酸（分子量 121）の名称とその構造式をかけ。なお、 α -アミノ酸の構造式は、不斉炭素原子に結合している置換基（側鎖）Rの立体配置を無視し、右に示す例にならってかくこと。



問6	結合名	ジスルヒド結合
	アミノ酸名	システイン
	構造式	$\begin{array}{c} \text{SH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$

問7 あるタンパク質の水溶液をそのまま、あるいは希塩酸で完全に加水分解してから、タンパク質の呈色反応をおこなった。加水分解していない場合と加水分解した場合で、呈色の度合いが著しく異なる反応はどれか。次の①～④のうちからすべて選び、その番号をかけ。なお、加水分解していないタンパク質水溶液はすべての反応で呈色するものとし、加水分解に用いた希塩酸は呈色反応には影響しないものとする。

①キサントプロテイン反応 ②酢酸鉛(II)との反応 ③ニンヒドリン反応 ④ビウレット反応

問8 分子量 6.60×10^4 のタンパク質を水に溶かして 1 L の水溶液をつくった。この水溶液 100 mL の浸透圧を 27℃ で測定したところ、 1.06×10^3 Pa であった。この溶液 1 L に溶けているタンパク質は何 g か。小数点以下第一位までかけ。

問7	③ ④	問8	2.80 g
----	-----	----	--------

小計	点
----	---