

(令 7 前)

問 題 訂 正

理科（化学）

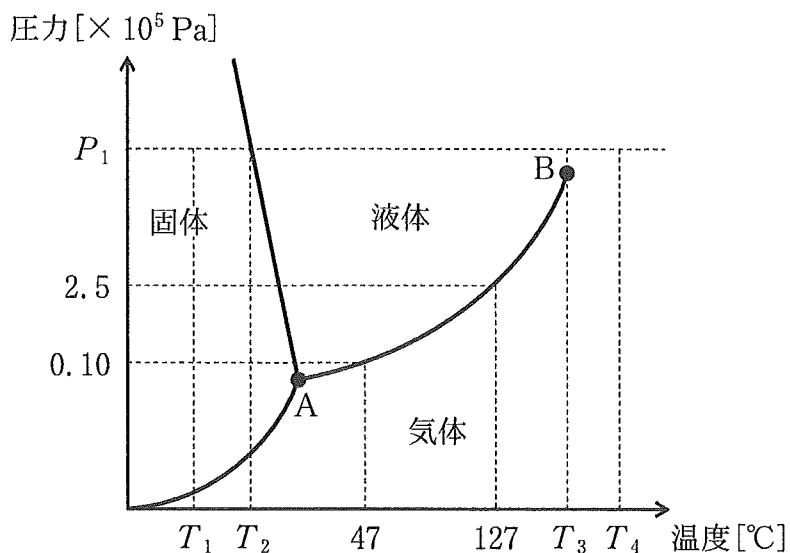
訂正箇所	13 ページ 大問Ⅲ 問 2
誤	化合物 B の構造式を書きなさい。
正	化合物 B <u>として考えられる構造式</u> <u>を一つ書きなさい。</u>

化 学

計算のために必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0

I 水の状態図を下図に示す。以下の問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 19 点)



問 1 図中の点 A および点 B の名称と曲線 AB の名称を書きなさい。

問 2 圧力を図中の P_1 [$\times 10^5$ Pa] に保ったまま、温度を T_1 [$^{\circ}\text{C}$] から T_4 [$^{\circ}\text{C}$] まで変化させた。 $T_1 \sim T_2$ [$^{\circ}\text{C}$], $T_2 \sim T_3$ [$^{\circ}\text{C}$], $T_3 \sim T_4$ [$^{\circ}\text{C}$] での状態をそれぞれ書きなさい。

問 3 二酸化炭素の状態図(曲線と状態)を解答欄に描きなさい。解答欄の A および B はそれぞれ水の状態図の A および B の同じものを示す。

問 4 水の生成および状態変化について以下の実験を行った。以下の問(1)~(4)に答えなさい。ここで気体は理想気体とする。必要な数値は水の状態図の数値を用いなさい。数値は有効数字 2 桁で答えなさい。

体積が一定の密閉容器に水素 0.50 mol と酸素 0.50 mol の混合気体を封入して容器内の温度を 127 °C, 容器内の圧力を 1.0×10^5 Pa とした。水素を完全燃焼させたのちに温度を 127 °C とした(X)。この状態から温度を 47 °C まで冷却すると容器内には液体の水が生じていた(Y)。ここで、水への水素や酸素の溶解は無視できるものとする。

- (1) 密閉容器の体積[L]を気体定数 R [Pa・L/(mol・K)]を用いて表しなさい。
- (2) 完全燃焼後(X)について、全圧[Pa]および水蒸気の分圧[Pa]を答えなさい。
- (3) 冷却後(Y)の気体の全圧[Pa]を答えなさい。計算過程も示しなさい。
- (4) Y の時点で生じた水(液体)の物質質量[mol]を答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、以下の問1～4に答えなさい。(配点19点)

温室効果ガスである二酸化炭素^(a)、メタン、一酸化二窒素などの分子は、地表からの赤外線を吸収・再放射するため、地球の平均気温を上昇させる要因の一つと考えられている。大気中の二酸化炭素濃度は、産業革命以前の1750年頃において^(b)0.028%であったが、産業の発展に伴う化石燃料の大量消費などにより、2024年には0.042%に達している。大気中の二酸化炭素濃度の増大は、それと平衡にある海洋中の二酸化炭素濃度を増加させる。この増加した海洋中の二酸化炭素濃度が海洋生態系に深刻な影響を与える可能性がある。一例として、炭酸カルシウム^(c)を骨格とする珊瑚礁は、海洋中の二酸化炭素の増大により破壊される。これは、炭酸カルシウム^(d)が二酸化炭素を含む水に比較的溶けやすくなるためである。

問1 下線部(a)について以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 二酸化炭素は無極性分子であるが、同じく無極性分子であるものを次の(ア)～(カ)の中から全て選びなさい。

(ア) オゾン (イ) アセチレン (ウ) 一酸化炭素
(エ) アンモニア (オ) 硫化水素 (カ) 四塩化炭素

- (2) 実験室などで正確な濃度の水酸化ナトリウム水溶液を調製することは困難であるが、これは水酸化ナトリウムが空気中の二酸化炭素と反応するためである。この化学反応式を示しなさい。

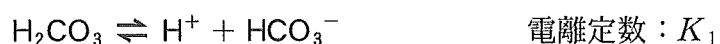
- (3) 二酸化炭素の固体はドライアイスであるが、これは無極性分子である二酸化炭素が A により B 結晶を形成したものである。

空欄 A , B にあてはまる適切な語句を次の(ア)～(カ)の中から選びなさい。

(ア) 分子 (イ) イオン結合 (ウ) ファンデルワールス力
(エ) 共有結合 (オ) イオン (カ) クーロン力

問 2 下線部(b)の記述に関して以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 溶解度が小さい気体では、一定温度で一定体積の液体に溶解する気体の質量または物質量は、液体に接している気体の圧力(混合気体の場合には分圧)に比例する。この法則の名称を答えなさい。
- (2) 二酸化炭素の水への溶解度を、25℃、大気圧(1.0×10^5 Pa)において、 1.45×10^{-3} g/cm³ としたとき、1750 年頃の大気(25℃、 1.0×10^5 Pa)と接する水に溶ける二酸化炭素の濃度[mol/L]を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、1750 年頃における大気中の二酸化炭素濃度を 0.028 % とする。
- (3) (2)において二酸化炭素が水に溶解すると炭酸が生じ、以下のような 2 段階の電離平衡を示す。ここで、 K_1 と K_2 はそれぞれの段階における電離定数である。



$K_1 \gg K_2$ により 2 段階目の電離を無視できる場合、炭酸の濃度を C [mol/L]、電離定数を K_1 [mol/L] として、25℃において大気と接する水中の水素イオン濃度[mol/L]を表しなさい。ただし、 C の値は小さく、炭酸の電離度を α とすると $1 - \alpha \doteq 1$ の近似は成立しないものとする。また、水の電離は無視できるものとする。

問 3 下線部(c)の分子は塩化ナトリウム、アンモニアとともに炭酸ナトリウムを工業的に合成する原料として用いられる。この合成法は C 法として知られている。炭酸カルシウムを加熱すると二酸化炭素および生石灰(D)が生じる。D と水との反応から消石灰(E)が得られる。飽和塩化ナトリウム水溶液にアンモニアを十分に吸収させた後、二酸化炭素を吹き込むことにより塩化アンモニウムおよびFが生じる。Fは比較的溶解度が小さいため沈澱するが、これを熱分解することにより炭酸ナトリウム、水および二酸化炭素が生成し、二酸化炭素はFの生成反応に再利用される。また、Eと塩化アンモニウムを反応させることにより、アンモニアを全量回収することができる。

以下の問(1)～(2)に答えなさい。

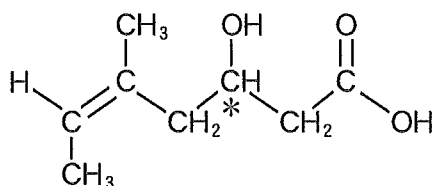
- (1) 空欄 C にあてはまる合成法の名称を答えなさい。
- (2) 空欄 D ～ F にあてはまる化学式の組み合わせとして正しいものを次の(ア)～(エ)から選びなさい。

- | | | | |
|-----|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| (ア) | D : CaO , | E : Ca(OH)_2 , | F : NaHCO_3 |
| (イ) | D : Ca(OH)_2 , | E : CaO , | F : NaHCO_3 |
| (ウ) | D : CaO , | E : Ca(OH)_2 , | F : CaCO_3 |
| (エ) | D : Ca(OH)_2 , | E : CaO , | F : CaCO_3 |

問 4 下線部(d)を化学反応式で示しなさい。

Ⅲ 化合物 A ～ H に関して実験 1 ～ 5 を行った。ただし、化合物 A ～ H はいずれも酸無水物(カルボン酸無水物)ではないことがわかっており、化合物 A ～ C は分子式 $C_5H_6O_4$ で表される。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。構造式は以下の例にならって書き、不斉炭素原子がある場合には*を付すこと。(配点 19 点)

構造式の記入例(*は不斉炭素原子を示す。)



実験 1：化合物 A, B, C に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、その後塩酸を加えて中和したところ、化合物 A は変化せず、1 mol の化合物 B から化合物 D, E がそれぞれ 1 mol ずつ生じ、1 mol の化合物 C から化合物 F, G, H がそれぞれ 1 mol ずつ生じた。化合物 E は不斉炭素原子をもつ化合物であった。分子式 C_2H_4O で表される化合物 F は不安定であり、異性体である化合物 F' に変化した。

実験 2：化合物 A, D, G, H は酸性、化合物 B, C, E, F, F' は中性の化合物であった。更に化合物 A, D, G, H について中和滴定実験を行ったところ、化合物 A, D は 2 価の酸、化合物 G, H は 1 価の酸であることがわかった。

実験 3：化合物 A に水素を付加させると不斉炭素原子が一つ生じた。

実験 4：化合物 G に水酸化ナトリウムを加えて得られたナトリウム塩と、化合物 E のそれぞれに単体のナトリウムを作用させると、水素が発生した。

実験 5：化合物 F', H は還元性を示した。

問 1 1 mol の化合物 A を加熱すると、1 mol の酸無水物(カルボン酸無水物)X と 1 mol の水が生成した。化合物 A と X として考えられる構造式をそれぞれ一つずつ書きなさい。

問 2 化合物 B の構造式を書きなさい。

問 3 実験 5 で還元性の有無を調べる反応名を一つ書きなさい。

問 4 化合物 F', G の構造式を書きなさい。

問 5 化合物 H の化合物名を書きなさい。

IV 次の文章を読んで、以下の問1～6に答えなさい。(配点18点)

人類は数千年前から天然繊維として綿、麻、羊毛、絹などを利用してきた。その主成分は綿と麻では多糖のセルロース、羊毛と絹ではそれぞれタンパク質の A と フィブロイン である。19世紀以降、高価な絹の代わりとなる繊維の需要が高まり、人工的に作られる化学繊維の開発が進んだ。現在の化学繊維は、再生繊維、半合成繊維、合成繊維に大別できる。

再生繊維には、セルロースを原料として作られるレーヨンおよびキュプラなどがある。レーヨンは、セルロースを水酸化ナトリウムおよび二硫化炭素と反応させた溶液から繊維を再生する。反応の過程でビスコースが生じることからビスコースレーヨンとも呼ばれる。一方キュプラは、シュバイツァー試薬 (シュワイツァー試薬) でセルロースを処理した溶液から繊維を再生するため、銅アンモニアレーヨンとも呼ばれる。セルロースは分子間に B 結合を多数形成しているために難溶性であるが、これらの処理によって B 結合が減少して溶解状態となり、それを繊維状に再生している。

半合成繊維にはアセテートなどがある。セルロースを少量の濃硫酸、氷酢酸存在下で無水酢酸と反応させて生成する トリアセチルセルロース や、トリアセチルセルロースのエステル結合を一部加水分解して生成するジアセチルセルロース を繊維化することで、トリアセテートやジアセテートが作られる。

合成繊維には、ナイロン66、ナイロン6、ポリエチレン、アクリル などがあり、基本骨格によっては天然繊維に近い性質を出すことができる。また最近では環境に配慮して、ポリ乳酸のような生分解性高分子(樹脂) から成る繊維も注目されている。

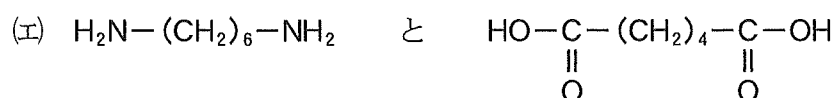
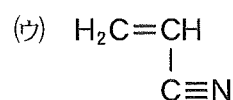
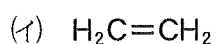
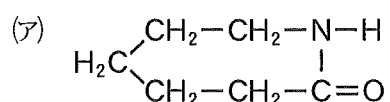
問1 空欄 A , B にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部(a)のフィブロインは、^{かいこ}蚕の^{まゆ}繭ではアミノ酸のセリンを多く含むセリンというタンパク質に包まれ存在している。セリンは分子式が $C_3H_7NO_3$ でヒドロキシ基をもつ α -アミノ酸である。セリンの構造式を書きなさい。

問 3 下線部(b)のシュバイツァー試薬(シュワイツァー試薬)は濃アンモニア水に水酸化銅(Ⅱ)を溶かして得られる。この溶液内に存在する銅の錯イオンの名称を答えなさい。

問 4 下線部(c)の反応で 150 g のジアセチルセルロースを得た。この反応に用いたセルロースの重量は何 g か。セルロースの重合度は 100 以上であり、かつ反応効率および回収効率は 100 % として、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 下線部(d)の合成繊維は、下記の原料(ア)～(エ)から得られる。それぞれの構造式を参考に、以下の問(1)、(2)に答えなさい。



(1) 原料(ア)～(エ)について、重合反応が起こる際に以下の各条件①～③に当てはまるものをそれぞれ記号で答えなさい。複数ある場合はすべて答えなさい。

① 付加重合反応を起こす。

② アミド結合が生じる。

③ 水が生じる。

(2) アクリル繊維の原料(ウ)は 1,3-ブタジエンと共重合すると合成ゴムとなる。

この反応で得た合成ゴムについて炭素原子と窒素原子の物質質量比を調べたところ、15 : 1 であった。この合成ゴム中の原料(ウ)の質量比は何 % か、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 下線部(e)のポリ乳酸は、何のはたらきによって、どのような反応で生分解されるのか、句読点を含めて 50 字以内で説明しなさい。