

化 学

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

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

$Ne = 20.2$, $Cl = 35.5$, $Ar = 40.0$

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

$\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 7 = 0.845$

I 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

ハロゲン元素の単体は、他の物質から電子を奪う力が大きく、酸化力が強い。その酸化力の強さは、その原子番号が(ア)ほど強い。塩素は、常温では(イ)色をした気体である。この気体の中に、熱した銅片を入れると光を発して反応する。^①また、塩素を水に溶かすと、溶けた塩素の一部は水と反応して強い酸化力を持つ次亜塩素酸が生成する。^②このことを利用して、塩素は殺菌、消毒や漂白に利用されている。殺菌剤や漂白剤として用いるさらし粉は、塩素を粉末状の水酸化カルシウムに吸収させて得られる。このさらし粉に塩酸を加えると気体が発生する。^③さらし粉を溶かした水溶液に、十分量のヨウ化カリウム水溶液を加えた後に、酢酸水溶液を加えると、(ウ)が遊離し、これが過剰のヨウ化カリウムにより溶解し(エ)色の溶液になる。^④この遊離した(ウ)の量をチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定することによって、さらし粉の酸化有効成分である次亜塩素酸イオンを定量することができる。

また、弱アルカリ性にした塩化アンモニウム水溶液にさらし粉水溶液を加えると^⑤気体の窒素が発生し、過酸化水素を含む弱アルカリ性水溶液に次亜塩素酸水溶液を^⑥加えると、過酸化水素が酸化され、気体の酸素が発生する。

問 1 (ア)~(エ)に入る最も適切な語句を、それぞれ解答欄(ア)~(エ)に答えなさい。

問 2 下線部①~③の反応を化学反応式で、それぞれ解答欄①~③に答えなさい。

問 3 下線部④, ⑤の反応をイオン反応式で、それぞれ解答欄④, ⑤に答えなさい。

問 4 下線部⑥の反応において、過酸化水素の濃度が 1.70 g/L の水溶液 10.0 mL を用いたとき、すべての過酸化水素を酸化するためには、0.0200 mol/L の次亜塩素酸水溶液が少なくとも何 mL 必要か、有効数字 3 桁で答えなさい。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

乳児が一般的な食物を消化吸収できるようになるまで、母乳は乳児にとって唯一の栄養源であり、その成分には乳児が成長のために必要とするタンパク質、脂質、糖質およびビタミン類などを全て含んでいる。また、ヒトは人乳のみならず家畜から得られる牛乳などを積極的に生活に取り込んで栄養源としている。

文献によると、動物の種類により乳汁に含まれる成分の組成には違いがある。例えば、乳汁中の主な糖質である二糖類のラクトース含量は、牛乳では4.80 g/dLであるのに対し、ヒトの母乳では^①6.84 g/dLである。また、脂肪酸の組成は、牛乳では^②C_{4:0}が10%以上も含まれるのに対して、ヒト母乳ではその含量は1%以下と^③大きく異なっている。

牛乳は、そのまま飲料として用いられている他に、^④ヨーグルトやチーズなどの発酵食品に加工されても多く消費されている。

問1 下線部①のラクトースを構成する単糖を解答欄(i)に答えなさい。また、フェーリング液が入った6本の試験管にラクトース水溶液と下に示した5種類の化合物をそれぞれ少量ずつ加えて加熱したとき、ラクトース水溶液を加えた試験管と同様な結果が観察されるのは、どの化合物を加えた試験管か、該当するものをすべて選び解答欄(ii)に記号ア～オで答えなさい。

- ア. エタノール イ. アセトアルデヒド ウ. 酢酸
エ. ギ酸 オ. 硝酸

問2 成人にみられる乳糖不耐症は、小腸上皮でラクトースの分解、吸収ができな
いために生じるとされている。下線部②の母乳がそのままの濃度で小腸へ達し
たとするとそのラクトースによる浸透圧はいくらになるか。有効数字3桁で答
えなさい。なお、小腸内の温度は37℃とする。

問 3 総炭素数が n で二重結合を m 個含む脂肪酸を $C_{n:m}$ のように記述することがある。下線部③のように $C_{4:0}$ と表記された脂肪酸のうち、直鎖の脂肪酸を示性式で答えなさい。

問 4 下線部④では主に乳酸菌の働きによりラクトースが分解されて、溶液(牛乳)中に乳酸が生じる。乳酸の示性式を解答欄(i)に答えなさい。また、乳酸には光学異性体が存在する。この光学異性体を生じる原因となっている原子は何と呼ばれるか、解答欄(ii)に答えなさい。

問 5 下線部④のヨーグルトができるのは、発酵により牛乳中のカゼインと呼ばれるタンパク質の溶解度が最も低い pH (pH 4.6) となることが原因である。平均的な牛乳の pH を 6.6 とすると、発酵により水素イオン濃度はどれくらい変化したか。「○倍増加した。」または「△倍減少した。」のように解答欄に答えなさい。

問 6 10 倍に水で希釈した牛乳を試験管に入れ、横からレーザー光線を照射したところ、その光の道筋が観察できた。この現象を何というか。解答欄(i)に答えなさい。また、この現象が生じる原因となっているものは何か、解答欄(ii)に答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

天然に存在するタンパク質の加水分解により得られた、イオン化していないアミノ酸の結晶があった。このアミノ酸について、分子量が誤差を含めて 132 ± 3 であることおよび硫黄が含まれていないことが分かっていた。

このアミノ酸 33.00 mg を完全に燃焼したところ、43.70 mg の二酸化炭素と 15.70 mg の水が生成した。また、このアミノ酸 26.4 g に無水酢酸を反応させたところ、アミノ酸はすべて反応し、34.7 g の化合物 X が得られた。

問 1 このアミノ酸 1 分子に含まれる炭素原子および水素原子の数をそれぞれ解答欄(i), (ii)に答えなさい。

問 2 今、アミノ酸の分子量が 132 であるとしたとき、化合物 X の分子量はいくらになるか、有効数字 3 桁で答えなさい。

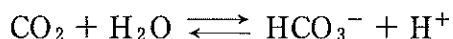
問 3 このアミノ酸の分子式を答えなさい。

問 4 このアミノ酸を構造式で示しなさい。なお、光学異性体については考慮する必要はない。

問 5 化合物 X を構造式で示しなさい。なお、光学異性体については考慮する必要はない。

IV 次の文章(1)および(2)を読み、問1～問5に答えなさい。

- (1) 純粋な水が大気と平衡状態になると、25℃でpHが5.60となる。これは、大気中の二酸化炭素が水に溶け、下の平衡式に示すような反応が起こることによると考えられる。



この平衡式で、水の濃度は他のものに比べて大きく、その変化も無視することができる。このことを考慮した平衡定数 K は、 $5.01 \times 10^{-7} (= 10^{-6.30}) \text{ mol/L}$ である。この平衡式と平衡定数の値から、二酸化炭素が溶解した水溶液のpHは、

$$\text{pH} = (\text{ア}) + \log_{10} \{ [(\text{イ})] / [(\text{ウ})] \}$$

と表すことができる。

今、25℃で大気中に置かれた水は、二酸化炭素濃度が0.506 g/Lで平衡になる。この水溶液に酸を少量だけ加えたとする、炭酸水素イオンは二酸化炭素に変化するが、再び大気と平衡になることにより、二酸化炭素の濃度は元の濃度になる。また、少量の塩基を加えた場合も、二酸化炭素は炭酸水素イオンとなるが、大気から二酸化炭素が供給され、平衡状態になると二酸化炭素の濃度は元の濃度に落ち着く。

問1 (ア)～(ウ)に適切な数字や化学式を入れて数式を完成しなさい。

解答は、それぞれ解答欄(ア)～(ウ)に答えなさい。

問2 大気と平衡状態になった25℃でpHが5.60の水に含まれる炭酸水素イオンの濃度はいくらか、有効数字3桁で答えなさい。

問3 問2の3倍の濃度の炭酸水素イオンを含むように調整された状態で、大気と平衡になっている水溶液がある。この水溶液のpHはいくらか、小数点以下2桁で答えなさい。

(2) 容器内の圧力と外気の圧力が同じになるように動くピストンが取り付けられた容器に気体のネオンのみが入っていた。この容器に水 0.866 g を注入し平衡に達するまで放置したところ、この容器内の体積が 10.0 L となった。さらに、気体のアルゴンを適当量注入し、平衡に達するまで放置したところ、容器内の体積が 40.0 L となった。なお、これらの操作の間、容器内の温度は 27 °C に保たれ、外気の圧力は 1000 hPa であった。また、27 °C における水の飽和蒸気圧は 40.0 hPa であり、容器内で液体の水がしめる体積とネオンおよびアルゴンが水に溶解する量はすべて無視できるものとする。

問 4 容器に入っていたネオンの物質量はいくらか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 容器に注入したアルゴンの物質量はいくらか、有効数字 3 桁で答えなさい。