

平成30年度入学試験問題(前期)

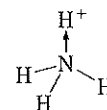
理 科

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. 問題冊子は1冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机上に出しておくこと。

(注意) 必要な場合には、次の値を用いよ。原子量 H: 1, C: 12, O: 16, N: 14 気体定数: $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

- I 窒素は(ア)個の価電子を持ち、そのうち(イ)個は不対電子である。このため、窒素の原子価は(イ)である。残りの2個の電子は(ウ)を形成する。アンモニアが H^+ と結合してアンモニウムイオンとなるとき、アンモニアの窒素原子は H^+ に対して(ウ)を一方向的に与えて結合を形成する。このような結合を(エ)という。(エ)は図のように(ウ)を与える原子から(ウ)を受け入れる原子へ向かう矢印で表されることがある。このように表すと、矢印の結合は窒素の原子価に無関係となることがわかる。

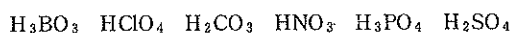


典型元素 M を中心原子にもつオキソ酸 $\text{M}(\text{OH})_m\text{O}_n$ において、M と OH の結合は単結合 (M—OH) であり、M と O の結合は二重結合 (M=O) または(エ) (M→O) である。M→O においては、酸素は2個の不対電子を電子対とすることで(ウ)を受け入れる場所を作っている。M の原子価を l とすると、 l は M=O の数を2倍したものと M—OH の数の和に等しい。したがって、M=O の数は(オ)となり、M→O の数は(カ)となることがわかる。M→O では M から O へ電子が引き寄せられるため、M—OH の O と H の結合が切れやすくなる。一方、M—OH では O から M に電子が与えられるため、他の M—OH の O と H の結合が切れにくくなる。一般に $\text{M}(\text{OH})_m\text{O}_n$ の M→O の数から M—OH の数を引いた値が大きいほど O と H の結合が切れ(キ)くなるため、強い酸となる。

問1 (ア)~(キ)に適切な語句、数字、あるいは数式を入れよ。なお、数式は l, m, n のうちから必要なものを用いること。

問2 N_2O_5 は(エ)を2個有する。 N_2O_5 の構造を図のアンモニウムイオンの構造にならって記せ。

問3 以下のオキソ酸について、M→O の数を答えよ。また、問題文から判断されるこれらの酸の強さの順番を、強い方から順に1, 2, 3, …と番号で示せ。なお、同じ程度の強さと判断されるのが2組あるが、それらは同じ番号を記せ。

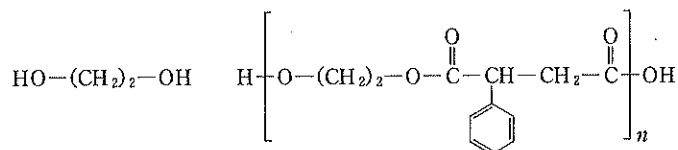


- II 次の文章を読み問いに答えよ。数値で解答するときは有効数字3桁で答えよ。

高分子化合物とは一般に分子量が1万以上の物質をいい、小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を(ア)、多数の(ア)が次々に結合する反応を重合といい、生じた高分子化合物を(イ)という。高分子化合物は、炭素を主な骨格とする(ウ)高分子化合物と、ケイ素や酸素など炭素以外の原子を骨格とする(エ)高分子化合物に大別される。また、デンプン、セルロース、タンパク質など自然界に存在するものを(オ)高分子化合物といい、ビニロン、ナイロン66、ナイロン6、ポリエチレン、ポリスチレンなど人工的に合成されたものを(カ)高分子化合物という。ナイロン66は、分子式 $\text{C}_{26}\text{H}_{48}\text{N}_2$ で表される(キ)と分子式 $\text{C}_{26}\text{H}_{40}\text{O}_4$ で表される(ク)の(ケ)重合によって得られる。

問1 (ア)~(ケ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部の反応について、同じ物質量の(キ)と(ク)を反応させて直鎖状のナイロン66が得られた。この反応を構造式と重合度 n を用いた化学反応式で示せ。構造式は次の例にならって記せ。ただし、ナイロン66は両末端の官能基も示すこと。解答は2段になってもよい。



問3 ナイロン66の1.00gを溶媒に溶かして100mLとした溶液の浸透圧は、27℃で702Paであった。このナイロン66の平均分子量を求めよ。

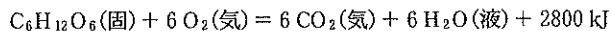
問4 問3のナイロン66の分子1個の中に平均何個のアミド結合があるか答えよ。

問5 問題文中の語句の中で、ナイロン66以外にアミド結合をもつ高分子化合物を全て答えよ。

III 次の文章を読み問いに答えよ。数値で解答するときは有効数字2桁で答えよ。

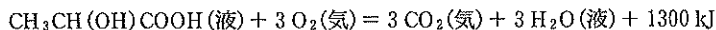
アデノシン三リン酸(ATP)は生物のエネルギーの運搬物質であり、1 molのATPが加水分解されてアデノシン二リン酸(ADP)とリン酸(H_3PO_4)に変わるとき30 kJのエネルギーが放出される。このエネルギーがタンパク質・糖類・脂質の代謝や動物の筋肉の運動などの生命活動に利用される。このATPの加水分解 $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ADP} + \text{H}_3\text{PO}_4$ の平衡定数は 2.2×10^5 である。ATPが反応に関わることで、一般的に生成しにくい物質でも容易に合成できる。例えばグルコースの6番の炭素に結合しているヒドロキシ基とリン酸がエステル結合を形成し、グルコース6-リン酸(G6P)を生成する反応 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{G6P} + \text{H}_2\text{O}$ の平衡定数は 3.8×10^{-3} であり、G6Pはわずかしか生成しない。ところがグルコースとATPが反応してG6Pが生成する反応 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{ATP} \rightleftharpoons \text{G6P} + \text{ADP}$ では、G6Pは容易に生成する。また、この反応で生じたG6Pのリン酸が1番の炭素に転移しグルコース1-リン酸(G1P)を生じる異性化反応 $\text{G6P} \rightleftharpoons \text{G1P}$ の平衡定数は 5.3×10^{-2} である。

問1 酸素が存在する条件で動物細胞は、グルコース1分子を二酸化炭素と水に酸化することで、最大38分子のATPを合成することができる。グルコースの酸化で取り出されたエネルギーのうち、何%がADPからATPへの合成に使われているか、その最大値を示せ。ただしグルコースの酸化の熱化学方程式は



とする。

問2 酸素がない条件でも動物細胞は、グルコース1分子とADP2分子とリン酸2分子から乳酸2分子とATP2分子と水2分子を生成することができる。この反応の熱化学方程式を書け。ただし乳酸の酸化の熱化学方程式は



とする。

問3 $\text{G6P} \rightleftharpoons \text{G1P}$ の反応が平衡に達した時のG1Pの濃度はいくらか、mol/Lを単位として答えよ。ただし反応開始時のG6Pは1 mol/Lであり、G1Pは0 mol/Lであったとする。

問4 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{ATP} \rightleftharpoons \text{G6P} + \text{ADP}$ の反応の平衡定数を求めよ。

問5 $\text{G1P} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_3\text{PO}_4$ の反応の平衡定数を求めよ。

IV 炭素、水素、酸素からなり、同一の分子式で表される化合物A~Hがある。これらの化合物の性質を調べたところ(a)~(f)のことが分かった。以下の問いに答えよ。

(a) 化合物A~Hの元素組成は、いずれも炭素64.9%、水素13.5%、酸素21.6%であり、分子量は74と測定された。

(b) 化合物A~Eは金属ナトリウムと反応して水素を発生したが、化合物F~Hは金属ナトリウムと反応しなかった。

(c) 化合物A~Eを二クロム酸カリウムの希硫酸溶液を加えて温めると、化合物AおよびBからはそれぞれ酸性の化合物IおよびJを生じ、化合物C、Dからは同一の化合物Kが生じた。化合物Eは反応しなかった。

(d) 化合物Aの脱水反応により生成した、アルケンである化合物Lに臭素を付加させると、化合物MとNが生成した。化合物MとNは光学異性体の関係にある。

(e) エタノールに濃硫酸を加え130℃に加熱したところ化合物Fが得られた。

(f) 化合物Hは枝分かかれた構造を持つ。

問1 化合物A~Hの分子式を求めよ。

問2 (e)の反応の化学反応式を答えよ。ただしエタノール及び化合物Fは構造式で示せ。

問3 化合物G、K、Lの構造式を記せ。

問4 化合物A~Hについて、ヨードホルム反応が陽性のものを全て書け。

問5 化合物A~Eについて、A~Eの記号、等号、あるいは不等号を用いて、沸点の大小関係を示せ。