

平成 29 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	10

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙(両面)の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、志望学部及び受験番号、解答のほかは、いっさい記入しないこと。

注 意 事 項

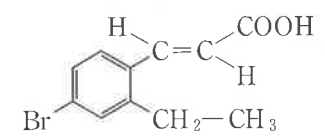
1. 試験開始の合図の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

必要があれば、次の値を使うこと。

H 1.0 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Na 23.0 Cl 35.5

有機化合物の構造式は、以下の例にならって示すこと。

例



〔I〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。計算問題は計算過程も示し、有効数字3桁で答えなさい。

物質1モルの量というのは、もともとは原子量あるいは分子量の値にgをつけた量を意味しており、それをモル質量(g/mol)という。その物質1モル中に存在する原子あるいは分子の数はおよそ(ア)個であり、これを分子説を提唱した人物の名にちなみ(イ)数と呼んだ。原子量の基準は最初は水素原子であったが、その後、酸素原子に変更され、その後多少の変更の時期はあったものの、酸素原子が長らく原子量の基準であり、その値は(ウ)であった。その後、20世紀になり同位体の存在が明らかになり、酸素原子の場合、同位体は ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O の3種類存在することが明らかとなった。このような中で、原子量の基準は同じ元素の原子でも、ある特定の質量の同位体を基準にすべきであるという意見が強くなり、1960年、1961年の物理と化学の相次ぐ国際会議で12、13、14の3種の質量数の天然同位体が存在する(エ)原子の同位体の1つである(オ)を原子量の基準にすることが決定され、その値を(カ)とした。そして、その基準となった(オ)の(カ)g中に含まれる原子の数を定数として(キ)とし、それだけの原子や分子を含む物質を1モルとしたのである。

問1 文中の(ア)~(キ)に適切な語句または数値を入れなさい。

問2 (キ)は今後とも変わることのない数値であることから定数としているが、もし、たとえば地球の重力がある日から10%減少し、現在の90%になったとすると、(キ)の数値を変更しないためには、原子量の基準またはモル質量をどのように変更すればよいか。ただし、原子量の基準になる同位体の種類は現在のものと変更しないものとする。

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。

タンパク質を希酸で加水分解すると、様々な(ア)が生成する。各種タンパク質のうち、加水分解することにより(ア)だけを生じるものを(イ)タンパク質、(ア)以外の低分子化合物を生じるものを(ウ)タンパク質という。(ウ)タンパク質は生体内で重要な機能性を有するものが多い。一方、(イ)タンパク質は、形状と溶解性により、(エ)タンパク質と(オ)タンパク質に分類される。毛髪や爪に含まれる(カ)や、皮膚や骨、靭帯を構成する(キ)は、(オ)タンパク質のひとつである。

食品タンパク質の大部分を占める(イ)タンパク質中の窒素の割合は、平均16%である。この性質を利用することにより、たとえば食品中の窒素含有量を求めることで、その食品に含まれるタンパク質を定量することが出来る。ある食品(A)1.0gを濃硫酸と分解促進剤として硫酸銅(Ⅱ)および硫酸カリウムを加えて煮沸し、含有する窒素をすべて硫酸アンモニウムとした。これに濃い水酸化ナトリウム溶液を加えて蒸留すると、アンモニアが発生した。発生したアンモニアを0.20 mol/Lの希硫酸10 mL中に完全に吸収させ、残った硫酸を0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム溶液で中和滴定したところ、16 mLを要した。

問1 文章中の(ア)~(キ)に適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部①に該当するものを三つあげなさい。

問3 下線部②の反応式を示しなさい。

問4 食品(A)のタンパク質の量を質量パーセントで示しなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問5 下線部③の中和滴定に用いる指示薬として、フェノールフタレインとメチルオレンジのうち、適しているものを選び、その理由を説明しなさい。

問3 問2において原子量の基準値を変更しなかった場合、①(オ)のモル質量はいくらになるか。②その場合、その中に入っている原子の数はいくらか。③(キ)の定数の値はどうなるであろうか。

問4 酸素の同位体は ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O の3種類存在する。(エ)原子には3種類の天然同位体が存在することを考えれば、地球の大気中に存在する二酸化炭素分子には質量の異なるものが何種類存在すると考えられるか。理由とともに答えなさい。同位体の相対質量はほぼ整数で近似できるものとせよ。

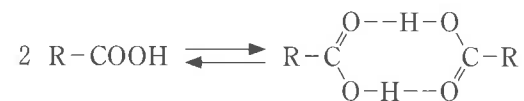
〔Ⅱ〕 カルボン酸に関する各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。

問 1 0.40 mol/L の酢酸水溶液について、以下の(1)~(3)に答えなさい。ただし、酢酸の電離定数 K_a を 2.7×10^{-5} mol/L, $\sqrt{2.7} = 1.643$ とし、溶液を混合する前後で溶液の体積の総量に変化はないものとする。

- (1) この酢酸水溶液中の(a)水素イオン濃度、および(b)酢酸の電離度を答えなさい。
- (2) この酢酸水溶液 50 mL に、0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 50 mL を加えて得られた水溶液中の、水素イオン濃度を答えなさい。
- (3) (2)に示した操作で得られた水溶液に、0.10 mol/L の塩酸水溶液 10 mL を添加して得られる水溶液の、水素イオン濃度を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 2 以下の文章を読み、(1)~(3)に答えなさい。

有機化合物 A は、炭素、水素、および酸素のみからなり、カルボキシ基を1つ有するカルボン酸である。A は、ベンゼン溶液中で次式のように一部が会合して、二量体を形成する(R は有機置換基を示す)。そのため、ベンゼン溶液の凝固点降下から求められる見かけの分子量は、二量体形成の影響を受け、A の分子量とは異なる値となる。



〔Ⅳ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

分子式 $\text{C}_{14}\text{H}_{17}\text{NO}_3$ で表せられる中性化合物 A がある。A にはベンゼン環が1個および不斉炭素原子が1個含まれる。化合物 A を完全に加水分解すると、中性化合物 B、酸性化合物 C、塩基性化合物 D が得られた。

① 中性化合物 B に金属ナトリウムを加えると水素が発生した。 また、化合物 B を適当な酸化剤を用いて酸化すると、化合物 E が得られた。化合物 E は分子式 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ で表せられるケトンであった。

② 酸性化合物 C に臭素水を加えると脱色した。 また、化合物 C を 160°C で加熱すると分子内脱水反応が起こり、化合物 F が得られた。化合物 F の分子式は $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$ で表せられる酸無水物であった。

塩基性化合物 D に、さらし粉の水溶液を加えると(白色, 黄色, 赤紫色, 黒色)を呈した。③

問 1 下線部①から、化合物 B に含まれることがわかる官能基または結合の名称を記しなさい。

問 2 下線部②から、化合物 C に含まれることがわかる官能基または結合の名称を記しなさい。

問 3 下線部③から、適当な色を選んで記しなさい。

問 4 化合物 B, C, D の構造式と名称を記しなさい。また、不斉炭素原子には *印を付けなさい。

問 5 化合物 A の構造式を記しなさい。

問 5 式(6)で表される反応により、0.50 mol の一酸化炭素と 0.50 mol の水蒸気がすべて反応し、二酸化炭素と水素の混合気体が得られた。この混合気体を体積可変の密閉容器に水 12.5 L とともに入れ、20 °C、2.0 気圧で十分長い時間放置した。この状態における二酸化炭素の分圧[気圧]を求めなさい。計算過程も示しなさい。二酸化炭素は 20 °C、1.0 気圧で水 1.0 L に 0.040 mol 溶解し、ヘンリーの法則に従うものとする。なお、水の蒸気圧と、水素の水への溶解は無視できるものとする。

1.000 g の A をベンゼン 100 g に溶解した溶液の凝固点を計測したところ、純粋なベンゼンの凝固点と比較して 0.233 °C 低い値を示した。一方、1.000 g の A を完全に燃焼したところ、2.52 g の CO₂ と、0.442 g の H₂O が生成した。ただし、A の二量体 1 分子によるベンゼン溶液の凝固点降下度は、二量体を形成していない 1 分子の A による凝固点降下度に等しいとする。

- (1) 凝固点降下の実験から得られる A の見かけの分子量を答えなさい。ただし、ベンゼンのモル凝固点降下は 5.12 K·kg/mol である。
- (2) A の分子式を示しなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (3) 上記の実験について、ベンゼンに溶解した A の何%が会合して、二量体を形成していると考えられるか、答えなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。必要があれば以下の数値を用いなさい。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, メタノール(液体)の生成熱 = 239 kJ/mol, メタノールの蒸発熱 = 35 kJ/mol

石炭のガス化は、発電や化学合成への利用に適した合成ガス(一酸化炭素と水素の混合ガス)などを製造する技術であり、石炭をそのまま燃料として利用するよりも、環境に対する負荷が少ないとされる。石炭を加熱すると熱分解反応が起こり、メタンなどの熱分解ガスと固体の石炭チャー(石炭から揮発成分の抜けた中間生成物で、炭素と灰分から成る)とが生成する。続いて石炭チャーとガス化剤である酸素や水蒸気、あるいは二酸化炭素などが反応し、水素や一酸化炭素を主成分とする燃料ガスが得られる。石炭ガス化の基本反応は、熱化学方程式(1)~(8)で表すことができる。なお、ここでは石炭チャーに含まれる炭素を黒鉛として取り扱う。

メタノールは、多くの重要な化学物質の原料として用いられるとともに、燃料としても有用な物質である。合成ガスを原料としてメタノールを合成する反応は、化学反応式(9)で表される。

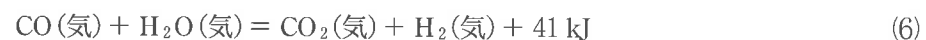
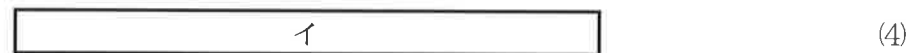
〈炭素と酸素の反応〉



〈炭素と二酸化炭素の反応〉



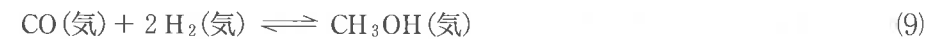
〈炭素と水の反応〉



〈水素との反応〉



〈一酸化炭素と水素からメタノールが生成する反応〉



問1 $\boxed{\text{ア}}$ に炭素(黒鉛)と二酸化炭素(気体)から一酸化炭素(気体)が生成する際の熱化学方程式を、 $\boxed{\text{イ}}$ に炭素(黒鉛)と水蒸気から一酸化炭素(気体)と水素(気体)が生成する際の熱化学方程式を記入しなさい。なお、問1の解答には有効数字3桁の数値を使用してもよい。

問2 適当な触媒を用いて、反応(9)によりメタノールを合成する場合、メタノールの生成率を高めるためには、温度と圧力をどのように変えればよいか、理由とともに答えなさい。

問3 2.0 mol のメタンと 2.0 mol の水蒸気がすべて反応し、一酸化炭素と水素の比が 1 : 3 の混合ガスが得られた(式(8)の左辺が生成物となる反応)。この混合ガスに二酸化炭素を加えて、一酸化炭素と水素の比を 1 : 2 となるように調整するためには、何モルの二酸化炭素を加える必要があるか答えなさい。加えた二酸化炭素はすべて水素と反応し、一酸化炭素と水蒸気が生成するものとする(式(6)の左辺が生成物となる反応)。

問4 2 L の密閉容器に 1.0 mol の一酸化炭素と 2.5 mol の水素を入れ、250 °C で反応させた。反応が進行して平衡状態に達した時、生成したメタノールの濃度は 0.40 mol/L となり、容器内の全圧は 40.8 気圧であった。この反応の平衡定数(濃度平衡定数)を求め、単位を含めて答えなさい。また、平衡状態における水素の分圧を求めなさい。計算過程も示しなさい。なお、容器内では式(9)で示される反応のみが起こり、各気体は理想気体としてふるまうものとする。

訂 正

理科【化学】

問題冊子 2 ページ～3 ページ

[I] 問題文最終行

誤) それだけの原子や分子を含む物質を1モルとしたのである。

正) それだけの原子や分子を含む物質の量を1モルとしたのである。

問2 1行目～4行目

誤) (キ) は今後とも変わることのない数値であることから定数としているが、もし、たとえば地球の重力がある日から10%減少し、現在の90%になったとすると、(キ)の数値を変更しないためには、原子量の基準またはモル質量をどのように変更すればよいか。

正) ~~(キ) は今後とも変わることのない数値であることから定数としているが、~~もし、地球の重力がある日から10%減少し、現在の90%になったとすると、原子の相対質量と、それが受ける重力の大きさの関係が変化する。この関係を変化させないためには、原子量の基準にする値をどのように変更すればよいか。

問3 2行目～3行目

誤) ②その場合、その中に入っている原子の数はいくらか。

正) ②その場合、質量1 gの物質(オ)に含まれている原子の数はいくらか。

問題訂正

理科（化学）

問題冊子2ページ

〔1〕 問1

（エ）の解答は「炭素」である。

（エ）は採点の対象としない。よって（エ）の
解答欄は空欄でよい。