

総合問題

(工学部 応用化学科)

令和7年度 【前期日程】

問題冊子 1～10ページ

答案用紙 3枚

下書用紙 1枚

注意事項

1. 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開けてはいけない。
2. 問題冊子や答案用紙の枚数の不足や、印刷に不鮮明なところがあれば申し出ること。
3. 解答は必ず答案用紙の指定された箇所に記入すること。
4. 受験番号は、答案用紙1枚ごとに所定の欄2箇所に必ず記入すること。記入を忘れたり、あるいは誤った番号を記入した場合は失格となることがある。
5. 試験が終了したら、答案用紙を上から（その1）、（その2）、（その3）の順番に重ねて机上に置くこと。
6. 退室するときは、問題冊子と下書用紙を持ち帰ること。

問題訂正

教科・科目名：総合問題(工学部・応用化学科)

受験者に対して、「問題訂正」があることを口頭で伝え、
下枠の内容を板書し、周知してください。

6ページ 2 問4 設問(a)

(誤) …… 二次電池 など に ……

(正) …… 二次電池の 正極活物質 に ……

[すべての問題に共通の注意事項]

注意 1 解答の仕方が問題ごとに異なるので、各問題をよく読んで解答すること。

注意 2 数値で解答する場合には、指定された有効数字に注意すること。

注意 3 計算に原子量が必要な場合は次の概数値を用いること。

元素記号	原子量の概数値
H	1.0
C	12
N	14
O	16
Na	23
Cl	35

次の英文と Table 1 を読み, 問 1 ~ 問 10 に答えよ。一部の単語や語句についてはそれらの和訳と解説の表が Table 1 の後にあるので必ず参照せよ。

● 英文

The molar concentration, c_J , of a solute J dissolved in a solvent (e.g., J stands for sucrose, naphthalene, etc.) is defined as the ratio of the chemical amount of J, n_J , divided by the volume of the solution, V :

$$c_J = n_J / V$$

Molar concentration is typically reported in units of moles per liter (mol/L, which chemists commonly denote as M and read as 'molar').

The molality, b_J , of a solute J dissolved in a solvent is defined as the ratio of the chemical amount of the solute J divided by the mass of the solvent used to make up the solution:

$$b_J = n_J / m_{\text{solvent}}$$

where m_{solvent} represents the mass of the solvent. The molality of a solute is typically reported in units of moles per kilogram (mol/kg, which chemists commonly denote as m and read as 'molal'). An important distinction between molar concentration and molality is that whereas the former is defined in terms of the volume of the solution, the molality is defined in terms of the mass of solvent used to prepare the solution. The molar concentration of a solute varies with temperature as the solution expands and contracts but the molality remains constant.

The mole fraction, x_J , of J is the amount of J species expressed as a fraction of the total amount of species in the mixture. In a binary mixture that consists of A and B species with the chemical amounts n_A and n_B , respectively, the mole fraction of J (where J = A or B) is

$$x_J = n_J / n,$$

where $n (= n_A + n_B)$ is the total chemical amount in the mixture. When only A is present, $x_A = 1$ and $x_B = 0$. When only B is present, $x_A = 0$ and $x_B = 1$. When both are present in the same chemical amounts, $x_A = 0.5$ and $x_B = 0.5$. Similarly, in a mixture that consists of A, B, C species with the chemical amounts n_A , n_B , n_C , respectively, the mole fraction of J (where J = A or B or C) is

$$x_J = n_J / n,$$

where $n = n_A + n_B + n_C$.

Let us imagine a huge volume of pure water at 25 °C. When a further 1 mol water is added, the volume increases by 18.07 cm³. However, when we add 1 mol water to a huge volume of pure ethanol, the volume increases by only 15.18 cm³. ⓄThe reason for the different increase in volume is that the volume occupied

by a water molecule depends on the interaction with the molecules that surround it. The quantity 18.07 cm³/mol is the volume occupied per mole of water molecules in pure water; 15.18 cm³/mol is the volume occupied per mole of water molecules in virtually pure ethanol. The volume occupied per mole of water molecules is denoted as v_{water} . In other words, v_{water} in pure water is 18.07 cm³/mol and v_{water} in virtually pure ethanol is 15.18 cm³/mol. In the latter case there is so much ethanol present that each water molecule is surrounded by ethanol molecules and the packing of the molecules results in the water molecules occupying only 15.18 cm³. In the same manner, the volume occupied per mole of ethanol molecules is denoted as v_{ethanol} .

The v_{water} at intermediate composition of the water/ethanol mixture is an indication of the volume the water molecules occupy when they are surrounded by a mixture of molecules representative of the overall composition. The v_{ethanol} varies as the composition of the mixture is changed, because the environment of an ethanol molecule changes from pure ethanol to pure water as the proportion of water increases and the volume occupied by the ethanol molecules varies accordingly. Table 1 shows the variations of v_{water} and v_{ethanol} across the full composition range at 25 °C. From Table 1, we can calculate the total volume V_{total} of the water/ethanol mixture at the composition of interest by using the following formula:

$$V_{\text{total}} = n_{\text{total}} (x_{\text{water}} v_{\text{water}} + x_{\text{ethanol}} v_{\text{ethanol}})$$

where $n_{\text{total}} (= n_{\text{water}} + n_{\text{ethanol}})$ is the total chemical amount in the water/ethanol mixture. For example, the total volume of a mixture of 1 mol water and 1 mol ethanol at 25 °C can be calculated as follows: In this mixture, $x_{\text{water}} = x_{\text{ethanol}} = 0.5$ and $n_{\text{total}} = 2$ mol. At this composition, $v_{\text{water}} = 16.60$ cm³/mol and $v_{\text{ethanol}} = 57.93$ cm³/mol according to Table 1. Then the total volume is

$$V_{\text{total}} = 2 \times (0.5 \times 16.60 + 0.5 \times 57.93) \text{ cm}^3 = 74.53 \text{ cm}^3$$

[Peter Atkins and Julio de Paula, *Elements of Physical Chemistry 6th Edition* から改変して引用]

● Table 1. v_{water} and v_{ethanol} of water/ethanol mixtures in units of cm³/mol at 25 °C as a function of the mole fractions (x_{water} , x_{ethanol}).

x_{water}	x_{ethanol}	v_{water}	v_{ethanol}
0.00	1.00	15.18	58.65
0.20	0.80	15.46	58.61
0.40	0.60	16.17	58.28
0.50	0.50	16.60	57.93
0.60	0.40	17.04	57.40
0.80	0.20	17.77	55.65
1.00	0.00	18.07	52.77

[D. R. Delgado, M. Á. Peña, and F. Martínez, *Rev. Colomb. Cienc. Quim. Farm.* **42** (2013) 298 から改変して引用]

● 単語や語句の（この英文における）和訳，解説の表（アルファベット順）

単語，語句	和訳，解説	単語，語句	和訳，解説	単語，語句	和訳，解説
accordingly	それに従って	function	関数	quantity	量，物理量
Binary	2成分の	huge	巨大な	ratio	比，比率
chemical amount	物質質量	indication	示すもの，意味	represent	表す，意味する
commonly	通常，慣用的に	interaction	相互作用	representative of~	~を代表する
composition	組成	intermediate	中間的な	solute	溶質
consist of~	~から成る	latter	後者の	solution	溶液
contract	縮小する，縮む	liter	リットル	solvent	溶媒
Denote	表示する，書き表す	mass	質量	species	化学種（例えば食塩水中の化学種は水分子，ナトリウムイオン，塩化物イオン）
dissolve	溶解する，溶かす	mixture	混合物	stand for	表す，意味する
distinction	違い，差異	molality	質量モル濃度	sucrose	スクロース
Divide	割る，除算する	molar concentration	モル濃度	surround	取り囲む
e.g.	例えば	mole fraction	モル分率（溶液中のある化学種の物質質量を全化学種の物質質量の総和で割った値）	typically	典型的に
environment	環境	molecule	分子	units	単位
etc.	など	naphthalene	ナフタレン	variation	変化
ethanol	エタノール	occupy	占める	vary	変化する
Expand	膨張する，膨らむ	overall	全体の	virtually	仮想的に
Former	前者	packing	(分子が) 詰め込まれた状態，詰め込まれ方，パッキング	volume	体積
formula	式，公式	proportion	割合		

- 問1 モル濃度の単位は典型的には mol/L であるが、慣用的にはアルファベット 1 文字で何と書くか、英文にもとづいて答えよ。また、その英語での読み方を英語で書け。
- 問2 質量モル濃度の単位は典型的には mol/kg であるが、慣用的にはアルファベット 1 文字で何と書くか、英文にもとづいて答えよ。また、その英語での読み方を英語で書け。
- 問3 モル濃度と質量モル濃度の重要な違いを英文にもとづいて句読点を含めて 72 文字以内で和文で説明せよ。
- 問4 ナフタレン 10 mg をベンゼン 100 g に溶かして溶液を調製した。以下の (a) と (b) のそれぞれの条件下で、この溶液中のナフタレンのモル濃度、質量モル濃度、モル分率を英文にもとづいて、有効数字 2 けたで求めよ。モル濃度と質量モル濃度の単位はそれぞれ mol/L, mol/kg とする。モル分率には単位はない。溶解による液体の体積変化は無視する。
(a) 温度 20 °C で、ベンゼンの密度は 0.88 kg/L とする。
(b) 温度 60 °C で、ベンゼンの密度は 0.84 kg/L とする。
- 問5 塩化ナトリウム 10 g を水 100 g に溶かして調製した水溶液中の、ナトリウムイオンの質量モル濃度と水のモル分率を英文にもとづいて、有効数字 2 けたで求めよ。質量モル濃度の単位は mol/kg とする。モル分率には単位はない。
- 問6 Table 1 から 25 °C での水の密度を求めるには、水の を $x_{\text{water}} = 1.00$, $x_{\text{ethanol}} = 0.00$ のときの v_{water} の値 18.07 cm³/mol で割ればよい。この空欄 にあてはまる適切な用語を書け。
- 問7 Table 1 にもとづいて、25 °C でのエタノールの密度を有効数字 2 けたで求めよ。単位は kg/L とする。
- 問8 下線部①を和訳せよ。句読点を含めて 54 文字以内とする。
- 問9 下線部②で著者がわざわざ virtually としているのはなぜか。その理由を句読点を含めて 54 文字以内で和文で書け。
- 問10 英文と Table 1 にもとづいて、水 144 g とエタノール 92 g を混合した溶液の 25 °C での体積を有効数字 3 けたで求めよ。単位は L とする。計算過程も書け。

2

次の文章を読み、問1～問11に答えよ。

元素を①原子番号の順に並べると、性質のよく似た元素が周期的に現れる。この周期的な規則性を元素の「ア」という。1869年にロシアの化学者である「イ」は、当時知られていた63種の元素について、性質の似た元素を同じ縦の列に並ぶように配置した最初の周期表をつくった。周期表の縦の列を「ウ」、横の行を周期と呼ぶ。

現在よく用いられている周期表には118種の元素が記載されている。このうち、原子番号が93よりも大きい元素は全て人工的に作られた元素であり、放射能を有する。104番元素であるRfは、原子核を発見したイギリスの科学者「エ」にちなんで名付けられた。また、日本のグループによって発見された113番元素は2016年に「オ」と名付けられた。

放射性の元素は時間とともに「カ」し、より安定な元素に変化する。例えば質量数が14である ^{14}C が「カ」する反応では、 ^{14}C の原子核の中で中性子の一つが陽子に変化するため、 ^{14}C は「A」に変化する。この反応は遺物などの年代測定に利用されている。大気中の ^{14}C の割合は過去から現在までほぼ一定に保たれているが、この反応によって植物中に含まれる ^{14}C の割合は枯れた後に減少していく。そのため、例えば遺跡から発見された②木製品に含まれる ^{14}C の割合を測定することによって、その製品の木が伐採された年代を推定することができる。

周期表の元素は③金属元素と非金属元素に大別される。金属元素の中でも地殻中に多く存在する元素として、アルミニウムや鉄、カルシウム、ナトリウムが挙げられる。これらの金属元素は陽性を示し、④酸化されやすい性質を有する。例えば、⑤鉄は酸化鉄（鉄鉱石）として産出され、溶鉱炉で⑥コークスおよび石灰石を加えて高温で反応させることによって製錬される。また、⑦アルミニウムの酸化を利用したテルミット反応は、「キ」した鉄が得られるため、レールの溶接などに利用される。また、酸化カルシウムをコークスと高温で反応させるとカーバイドが得られる。⑧カーバイドは水と反応し、気体を発生しながら分解する。

一方、非金属元素の中で地殻中に1番目と2番目に多く存在する元素は、酸素と「ク」である。酸素は金属元素だけでなく、非金属元素とも酸性酸化物を形成する。酸性酸化物が水と反応すると、分子中に酸素原子を含む酸である「ケ」酸が生成する。代表的な「ケ」酸である⑨次亜塩素酸は強い酸化作用を示す。その塩の一つである次亜塩素酸ナトリウムの水溶液は漂白剤として利用されているが、⑩酸性の洗剤と混合すると危険であるため、「まぜるな危険」と表示されていることが多い。

問1 文中の空欄「ア」～「ケ」にあてはまる適切な人名または化学用語を書け。また、空欄「A」にあてはまる原子を ^{14}C のように質量数とともに元素記号で答えよ。

問2 下線部①について、原子番号の大小は原子量の大小とほとんど対応しているが、 ^{18}Ar の原子量(39.95)は ^{39}K の原子量(39.10)よりも大きい。その理由を「質量数」という用語を用いて簡潔に説明せよ。

問3 下線部②について、木が伐採されてからの時間を t 、大気中の ^{14}C の割合を M_0 とすると、木製品に含まれる ^{14}C の割合 $M(t)$ は、定数 k を利用して、以下の(式1)のように表される。

$$M(t) = M_0 e^{-kt} \quad (\text{式1})$$

以下の設問(a)および(b)に答えよ。ただし、 e は自然対数の底を表す。

(a) ^{14}C の割合 $M(t)$ について、 $M(t) = 0.5M_0$ となる時間のことを何と呼ぶか答えよ。

(b) 設問(a)の時間を定数 k を用いて表せ。計算過程も示せ。

問4 下線部③について、ある金属元素に関して述べた以下の文章(a)~(c)について、あてはまる元素を推定し、元素記号で答えよ。

(a) アルカリ金属の一つであり、携帯電話の二次電池などに用いられている。

(b) アルカリ土類金属の一つであり、紅色の花火の原料に用いられている。

(c) 金属元素の一つであり、耐食性が高いため、合金としてはんだに用いられ、鉄にメッキしてブリキとしても用いられる。

問5 下線部④について、体積が一定の容器の中で、ある量のナトリウムの単体を空気中の酸素によって酸化させたところ反応が完全に進行し、酸化物のみが1.86g得られた。はじめの空気の体積は標準状態で4.48Lであった。このとき、設問(a)から(c)に答えよ。ただし、はじめの空気は窒素：酸素=4：1(物質質量比)の混合物であるとし、気体は理想気体であるとする。

(a) この反応の化学反応式を示せ。

(b) 使用したナトリウムの質量を計算し、有効数字2けたで答えよ。また計算過程も示せ。

(c) 反応後の気体中における酸素の物質質量の割合は何パーセントであるか計算し、有効数字2けたで答えよ。計算過程も示せ。

問6 下線部⑤について、常温における鉄の結晶構造は体心立方格子で表される。鉄原子を球形と仮定し、その原子半径を0.124nmとしたとき、単位格子の一辺の長さを計算せよ。計算過程も示し、有効数字3けたで答えよ。必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ を用いてよい。

問7 下線部⑥について、鉄の製錬におけるコークスの役割を30字程度で説明せよ。

問 8 下線部⑦について、この反応によって鉄が得られる時に起こる化学反応式を示せ。

問 9 下線部⑧について、この反応の化学反応式を示せ。

問 10 下線部⑨について、次亜塩素酸における塩素の酸化数を答えよ。

問 11 下線部⑩について、次亜塩素酸ナトリウム水溶液と酸性の洗剤（塩酸）を混ぜるとなぜ危険であるのか、化学反応式を示して簡潔に理由を説明せよ。

3

次の文章を読み、問1～問9に答えよ。なお、文章中および問におけるアミノ酸は全て天然タンパク質を構成する主要なアミノ酸である。また、各反応は完全に進行し、副反応は起こらないものとする。

炭素、水素、窒素、酸素のみからなるアミノ酸Aの元素分析を行ったところ、成分元素の質量百分率において炭素が65.4%、水素が6.7%、窒素が8.5%、酸素が19.4%含まれていた。さらに、アミノ酸Aの質量分析を行ったところ、その分子量は165であった。

タンパク質中のとなり合うアミノ酸どうしから生じる結合と同じ結合をもち、2つのアミノ酸からなる化合物は「ア」と呼ばれる。化合物Bは炭素、水素、窒素、酸素のみからなる「ア」であり、異なる2種類のアミノ酸から構成され、その分子量は146であった。まず、化合物Bに対してエタノールを用いてエステル化した。エステル化された化合物の質量分析を行ったところ、その分子量は174であった。続いて、①化合物Bに対して無水酢酸を用いてアセチル化した。アセチル化された化合物の質量分析を行ったところ、その分子量は188であった。さらに、②アセチル化された化合物Bの溶液に薄い水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えたところ、赤紫色になった。また、③1 molの化合物Bを加水分解したところ、2種類のアミノ酸が、1 molずつ生成した。

炭素、水素、窒素、酸素のみからなる異なる3種類のアミノ酸C、D、Eから構成された直鎖のポリペプチドXがある。ポリペプチドX 2.346 gを加水分解したところ、アミノ酸Cが0.210 g、アミノ酸Dが1.310 g、アミノ酸Eが1.168 g得られた。また、アミノ酸Dの質量分析を行ったところ、その分子量は131であり、アミノ酸Eの質量分析を行ったところ、その分子量は146であった。さらに、1 molのアミノ酸Eを完全燃焼させたところ、二酸化炭素6 molが生じた。

問1 硫黄を含むアミノ酸を1つ挙げて、その名称と構造式を書け。なお、鏡像異性体は区別しなくてよい。

問2 アミノ酸Aの分子式、名称、および構造式を書け。なお、鏡像異性体は区別しなくてよい。計算過程も示せ。

問3 「ア」にあてはまる適切な用語を書け。

問4 化合物 B に含まれるカルボキシ基の個数を書け。

問5 化合物 B に含まれるアミノ基の個数を書け。また、下線部①について、新たに生成した結合の構造を例にならって書け。

結合の例



問6 下線部②について、この反応名を書け。

問7 下線部③について、化合物 B より生じた 2 種類のアミノ酸の名称を書け。

問8 天然タンパク質を構成する主要なアミノ酸の鏡像異性体も含めてアミノ酸配列を考えた時、化合物 B の異性体の個数を書け。

問9 アミノ酸 C は側鎖にヒドロキシ基を含むセリンであり、アミノ酸 E には 2 個のアミノ基が含まれていた。以下の設問(a)～(c)に答えよ。

(a) ポリペプチド X を構成するアミノ酸 C, D, E の個数の比 C:D:E を求めよ。計算過程も示せ。

(b) ポリペプチド X の分子量を答えよ。計算過程も示せ。

(c) アミノ酸 E の構造式を書け。なお、鏡像異性体は区別しなくてよい。

①解答する前に、受験番号記入欄(2箇所)に受験番号を正しく丁寧に記入すること。
②※印欄には記入しないこと。

2

※

※

問1	ア	イ	ウ	エ
	オ	カ	キ	ク
	ケ	カ		

問2

問3	(a)	問4	(a)
	(b) 計算過程		(b)
	答		(c)

問5	(a)	(c) 計算過程
	(b) 計算過程	
	答	答
	g	%

問6	計算過程
	答
	nm

問7

問8

問9	問10
----	-----

問11	化学反応式	理由
-----	-------	----

①解答する前に、受験番号記入欄(2箇所)に受験番号を正しく丁寧に記入すること。
②※印欄には記入しないこと。

3

※

※

問1

名称	構造式
----	-----

問2

計算過程		構造式
分子式	名称	

問3

問4

_____個

問5

_____個

構造

問6

_____反応

問7

名称	名称
----	----

問8

_____個

問9

(a) 計算過程		C : D : E = : :
(b) 計算過程		
		分子量
(c) 構造式		

(下書用紙)