

化 学

I 次の文章を読み，〔1〕～〔5〕の問いに答えよ。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

次の金属試料A～Eに関する**実験1～6**を行った。

金属試料：アルミニウム，カルシウム，銀，銅，亜鉛

実験1 各金属試料をそれぞれ常温の水と反応させたところ，**A**のみが気体を発生して溶けた。

実験2 **A**以外の各金属試料を希硫酸に加えたところ，**B**および**C**が気体を発生して溶けた。**D**および**E**では，気体は発生しなかった。

実験3 **B**のイオンおよび**C**のイオンをそれぞれ含む水溶液に，アンモニア水を少しずつ加えたところ，白色の沈殿が生じた。さらにアンモニア水を過剰に加えると，**B**の沈殿は溶け，**C**の沈殿は変化しなかった。

実験4 **D**を希硝酸に加えておだやかに加熱したところ，気体を発生して溶けた。

実験5 **D**の硝酸塩を作り，その水溶液に**E**を入れると，しだいに水溶液が青色に変化した。

実験6 白金電極を用いて，**D**の硝酸塩水溶液を電気分解した。その際，一方の電極に**D**が析出した。

[1] **実験1~6**の結果より、金属試料**A**、**B**、**C**は何か。下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① アルミニウム ② カルシウム ③ 銀
④ 銅 ⑤ 亜鉛

[2] **実験2**で観察された気体が発生する反応に関して、同様の操作で気体が発生する金属を下の選択肢の中から**すべて選び**、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 水銀 ② 金 ③ ニッケル ④ 鉄
⑤ マグネシウム ⑥ 白金 ⑦ スズ

[3] **実験3**で最終的に**B**の沈殿物が溶解したときに生じた錯イオンのイオン式を解答用紙の 内に記入せよ。

[4] **実験4**で発生する気体の特徴に関して、下の選択肢の中から**正しいものをすべて選び**、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 刺激臭をもつ赤褐色の有毒な気体である。
② この気体の捕集は、下方置換で行う。
③ 工業的には、ハーバー・ボッシュ法により合成される。
④ 加熱した白金触媒によるアンモニアと空気の酸化反応でも生成する。
⑤ 水にはほとんど溶けない。

[5] 実験6の電気分解に関して、(i) ~ (iii)の問いに答えよ。

(i) 陽極および陰極の反応について、電子(e^-)を用いたイオン反応式を、
解答例にならって解答用紙の 内に記入せよ。

(解答例)



(ii) 一方の電極にDが0.0200 mol析出した。電気分解で流した電気量(C)を
計算し、有効数字3桁で解答用紙の 内に記入せよ。

(iii) Dの析出していないもう一方の電極から発生した気体について、標準状
態の体積(mL)を計算し、有効数字3桁で解答用紙の 内に記入せ
よ。ただし、この気体の標準状態での1 molの体積を22.4 Lとする。

(このページは空白)

II 次の文章を読み, [1] ~ [8] の問いに答えよ。ただし, 必要に応じて, 以下の値を用いよ。

原子量: H = 1.0, He = 4.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5

気体定数: $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

大気圧 P [Pa], 絶対温度 T [K] の空気中で体積 V [L] のシャボン玉が浮かぶ条件について次のように考えた。シャボン玉が浮かぶかどうかは, シャボン玉にはたらく浮力とシャボン玉全体の質量の関係から考えることができる。シャボン玉は非常に“やわらかい”ため, シャボン玉の内外で圧力差はないものとする。また, 気体は理想気体であるとし, シャボン液への気体の溶解や反応は考えなくてよいものとする。

(i) シャボン玉を作るシャボン液の質量を 0 として考えた場合

この場合, シャボン玉全体の質量 W [g] はシャボン玉内の気体の質量 w [g] と等しい。シャボン玉内の気体 X の質量 w [g] は, 気体 X の分子量を M , シャボン玉内の気体 X の物質量 n [mol] を用いると, nM [g] と表される。シャボン玉にはたらく浮力により持ち上げることのできる質量は, シャボン玉が押しのかけた空気の質量 w_a [g] に等しい。シャボン玉が押しのかけた空気の体積 V [L] に含まれる空気の構成分子の物質量の総和は, n [mol] である。つまり, シャボン玉が押しのかけた空気の質量 w_a [g] は, 空気の平均分子量を M_a とすると, nM_a [g] となる。よって, シャボン玉が浮かぶための条件は, 『 $nM_a \geq nM$ 』を整理して, 『 $M_a \geq M$ 』と表すことができる。つまり, シャボン玉の体積 V [L] はどうであっても, 浮かぶための条件は気体 X の種類だけで決まることがわかる。

(ii) シャボン玉を作るシャボン液の質量を w' [g] として考えた場合

この場合, シャボン玉全体の質量 W [g] はシャボン液の質量 w' [g] とシャボン玉内の気体の質量 w [g] の総和であるので $(w' + w)$ [g] である。シャボン玉内の気体 X の質量 w [g] は, (i) の場合と同様に, nM [g] であ

り、これを用いると、シャボン玉全体の質量は $(w' + nM)$ [g] と表すことができる。シャボン玉にはたらく浮力により持ち上げることができる質量は、(i) の場合と同様に nM_a [g] となる。よって、シャボン玉が浮かぶための条件は『 $nM_a \geq w' + nM$ 』と表すことができる。ここで、気体Xの物質量 n [mol] は、大気圧 P [Pa]、体積 V [L]、絶対温度 T [K]、気体定数 R [Pa·L/(K·mol)] を用いると、 $n =$ と表すことができる。よって、シャボン玉が浮かぶためにはシャボン玉の体積 V [L] は、『 $V \geq$ 』を満たすことが必要である。

[1] 文章中の下線部(a)について、物質量の判断をする際に用いた法則を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① ヘスの法則 ② 倍数比例の法則 ③ 定比例の法則
④ 気体反応の法則 ⑤ アボガドロの法則

[2] 文章中の下線部(b)について、空気は窒素と酸素が体積比4:1で混合したものであるとしたとき、空気の平均分子量 M_a を小数第1位まで求め、解答用紙の 内に記入せよ。

[3] (i) の場合、空気中で浮かぶシャボン玉を作るのに適当な気体Xを下の選択肢の中から**すべて**選び、その番号を解答用紙にマークせよ。ただし、空気は窒素と酸素が体積比4:1で混合したものとする。

- ① 水素 ② メタン ③ 二酸化炭素
④ 二酸化窒素 ⑤ 塩素

[4] 文章中の に当てはまる数式を P, V, R, T を用いて表し、解答用紙の 内に記入せよ。

[5] 文章中の に当てはまる数式を P, R, T, M_a, M, w' を用いて表し、解答用紙の 内に記入せよ。

[6] (ii) の場合、次のうち空気中で浮かぶシャボン玉を作るのに最も適当な条件を以下のようにまとめた。この文中の空欄に当てはまる語句の組み合わせとして適当なものを、表の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

『シャボン玉を作るシャボン液の量を , 分子量の 気体を選び、
 シャボン玉を作る。』

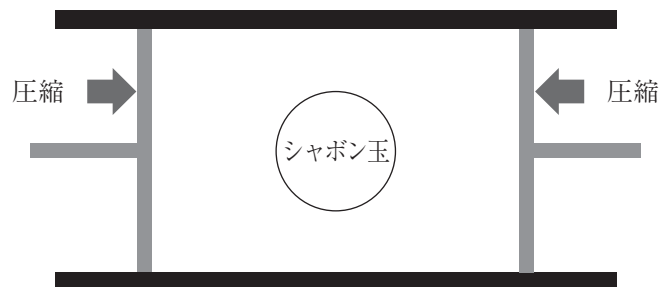
	う	え	お
①	増やし	小さい	小さい
②	増やし	小さい	大きい
③	増やし	大きい	小さい
④	増やし	大きい	大きい
⑤	減らし	小さい	小さい
⑥	減らし	小さい	大きい
⑦	減らし	大きい	小さい
⑧	減らし	大きい	大きい

[7] (ii) の場合、シャボン液 $5.0 \times 10^{-2} \text{ g}$ とヘリウムを用いて $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $27 \text{ }^\circ\text{C}$ の二酸化炭素中で浮かぶシャボン玉を作るとき、少なくとも必要なヘリウムの質量 (g) を計算し、有効数字 2 桁で解答用紙の 内に記入せよ。

〔8〕 下図のように，体積可変の容器内で一定の位置で浮かぶシャボン玉を作った。

図の状態から左右均等にゆっくりと容器内の気体を圧縮すると，シャボン玉の様子はどうか。下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。ただし，シャボン玉は圧縮によって破裂しないものとする。

- ① 容器底面まで落ちていく
- ② 容器上面まで上がっていく
- ③ その場で浮かび続ける



図

Ⅲ 次の文章を読み，〔1〕～〔6〕の問いに答えよ。

分子式が同じで，性質が違う化合物を異性体という。有機化合物の異性体は炭素骨格の違い，官能基の違いなどから生じる〔あ〕異性体とシス・トランス異性体（幾何異性体）などの〔い〕異性体に分類できる。

分子式 C_4H_8 の鎖式炭化水素には，〔ア〕種類の異性体がある。これらは，炭素－炭素間の二重結合を1個含んでおり，〔う〕と呼ばれている。これらを白金触媒上で水素と反応させると，〔え〕が生成する。この反応によって，鎖式炭化水素 C_4H_8 の全異性体から生成する異性体は，計〔イ〕種類である。同じように，鎖式炭化水素 C_4H_8 と臭素を反応させると何種類かの異性体が生成するが，不斉炭素原子をもつ異性体も生成する。

一方，分子式 C_8H_{10} のベンゼン環をもつ炭化水素には，〔ウ〕種類の異性体がある。このうち，一置換体〔A〕を過マンガン酸カリウム水溶液で〔お〕すると，〔B〕が生成する。適当な条件下では，一置換体〔A〕と臭素を反応させると，ベンゼン環に臭素を1つだけもつ化合物を得ることができ，〔エ〕種類の異性体の存在が考えられる。

二置換体のうちの1つ〔C〕は，過マンガン酸カリウム水溶液で〔お〕すると，〔D〕が生成する。〔D〕は，エチレングリコールとの重合により合成繊維，合成樹脂などに広く利用されている〔E〕を生成する。

[1] 文章中の ~ にあてはまる最も適当な語句を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

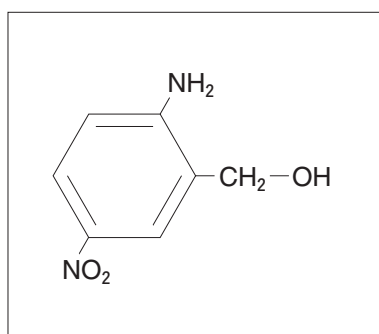
- ① アミン ② アルカン ③ アルキン ④ アルケン
⑤ アルコール ⑥ アルデヒド ⑦ 位置 ⑧ 開環
⑨ 還元 ⑩ 鏡像(光学) ⑪ 構造 ⑫ 酸化
⑬ 中和 ⑭ 立体

[2] 文章中の ~ にあてはまる最も適当な数値を、下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。なお、同じ番号を何度用いてもよい。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

[3] 文章中の ~ について、化合物の構造を解答例にならって解答用紙の 内に記入せよ。

(解答例)



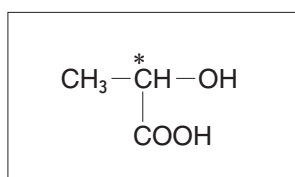
[4] 文章中の について、化合物の名称を解答用紙の 内に記入せよ。

[5] 文章中の下線部(a)および(c)について、正しい記述を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① (a), (c)ともに、触媒が必要である。
- ② (a)は触媒なしで進行するが、(c)には触媒が必要である。
- ③ (a)には触媒が必要であるが、(c)は触媒なしで進行する。
- ④ (a), (c)ともに、副生成物はない。
- ⑤ (a)では副生成物はないが、(c)では副生成物として臭化ナトリウムが生成する。
- ⑥ (a)では副生成物として臭化水素を生成するが、(c)では生成しない。

[6] 文章中の下線部(b)の異性体のうち、ただ1個の不斉炭素原子をもつ化合物の構造を、解答例にならって解答用紙の 内に記入せよ。解答例に示してあるように不斉炭素原子に*印をつけること。なお、該当する化合物が複数ある場合には、すべての構造を記入すること。

(解答例)



(このページは空白)

IV 次の文章を読み，〔1〕～〔5〕の問いに答えよ。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0，S = 32.1

タンパク質を酵素で加水分解すると，種々のアミノ酸の混合物が得られる。これらのアミノ酸の分子では，同一の炭素原子に，カルボキシ基とアミノ基が結合している。これらは，タンパク質の構成成分であり，一般式で $R-CH(NH_2)-COOH$ と表され， α -アミノ酸とよばれる。R が水素の場合はグリシン，R がメチル基の場合はアラニンである。R の中にカルボキシ基をもつアミノ酸を 酸性アミノ酸 ^(a) といい，グルタミン酸などは代表的なアミノ酸である。また，R の中にアミノ基をもつアミノ酸を塩基性アミノ酸といい，リシンなどは代表的なアミノ酸である。

アミノ酸の水溶液では，陽イオン，双性イオン，陰イオンが平衡状態 ^(b) にあり，pH に応じて，それらの濃度は変化する。このとき，各アミノ酸は，それぞれ特定の pH において，正の電荷と負の電荷がつりあい，電荷の総和が 0 となる。このときの pH の値を等電点という。アミノ酸の混合溶液を適当な pH のもとで，イオン交換樹脂を用いると，等電点の違いによってアミノ酸を分離することができる ^(c)。

α -アミノ酸の分子間で，一方のカルボキシ基と，もう一方のアミノ基が脱水縮合して生じる化合物は，ペプチドと総称される。ペプチドのうち，アミノ酸 2 分子が縮合して生じたものをジペプチド，アミノ酸 3 分子が縮合して生じたものをトリペプチド，アミノ酸 4 分子が縮合して生じたものをテトラペプチド ^(d) という。また，多数のアミノ酸分子が縮合して生じたものをポリペプチド ^(e) という。タンパク質はポリペプチドである。

[1] 文章中の下線部(a)について，グルタミン酸を用いて，その塩酸塩の水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定したときの滴定曲線を図1に示す。滴定は図の(k)点から(n)点まで行ったが，途中の(ℓ)点および(m)点における，グルタミン酸はどのような構造をとっているか。下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。

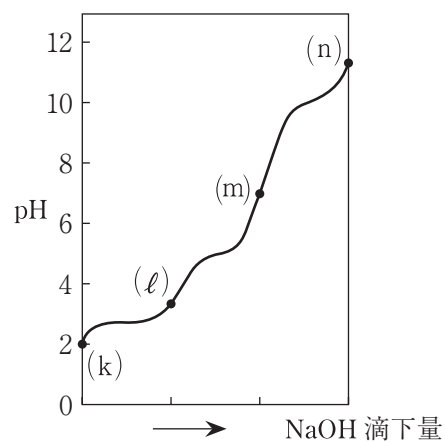
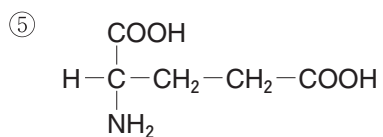
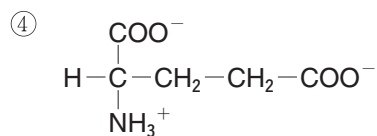
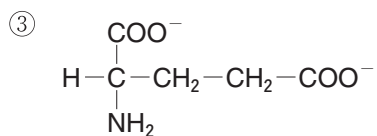
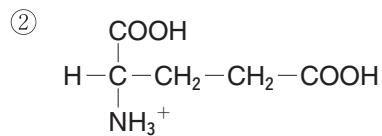
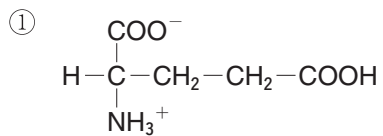
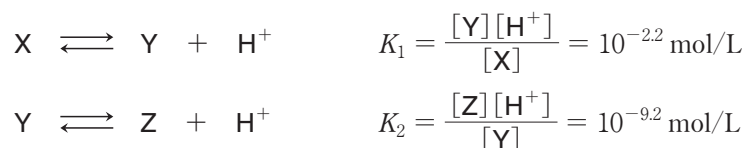


図1



[2] 文章中の下線部(b)について, (i) ~ (iii) の問いに答えよ。

アミノ酸の1種であるセリン $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ は水溶液中では、陽イオン(X), 双性イオン(Y), 陰イオン(Z)の3種類のイオンとして存在し、下記の電離平衡が成り立っている。水温は変わらないものとする。



ただし, K_1, K_2 は平衡定数, $[\text{X}], [\text{Y}], [\text{Z}], [\text{H}^+]$ はそれぞれそのイオンの濃度を表わすものとする。

このアミノ酸の平衡混合物の総電荷が0となるのは、イオンの濃度の間に、あ の関係があるときである。また、このときの pH の値は い であり、この数値が等電点である。

次に pH が 8.2 の緩衝溶液に、このアミノ酸を溶解させたとき、水溶液の中の $[\text{X}], [\text{Y}], [\text{Z}]$ のモル濃度の比を求めると、

$$[\text{X}] : [\text{Y}] : [\text{Z}] = 10^{\text{う}} : 1 : 10^{\text{え}}$$

となる。

(i) 文章中の あ にあてはまる式を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- | | |
|--|-----------------------------|
| ① $[\text{X}] = [\text{Y}] = [\text{Z}]$ | ② $[\text{X}] = [\text{Y}]$ |
| ③ $[\text{X}] = [\text{Z}]$ | ④ $[\text{Y}] = [\text{Z}]$ |

(ii) 文章中の い にあてはまる数値を計算し、有効数字2桁で解答用紙の 内に記入せよ。

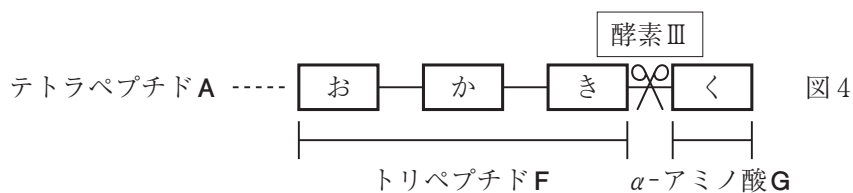
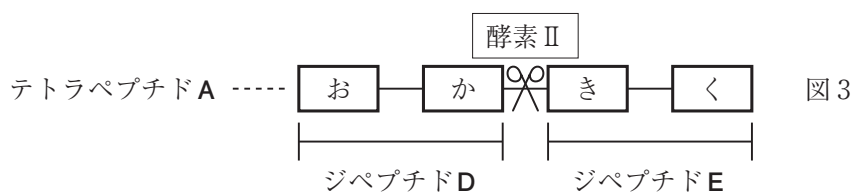
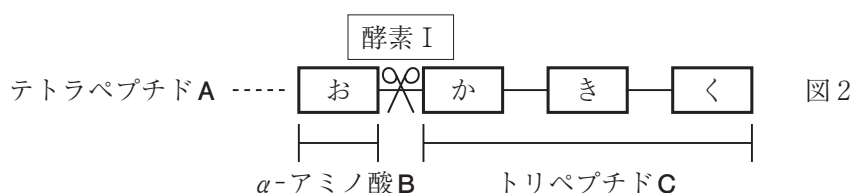
(iii) 文章中の および にあてはまる数値を計算し、解答用紙の 内に記入せよ。

[3] 文章中の下線部(c)に記載しているように、イオン交換樹脂を用いると、等電点の違いによってアミノ酸を分離することができる。いま、グリシン、グルタミン酸およびリシンを混合し、pHを2.0に調整した水溶液を陽イオン交換樹脂に通してアミノ酸をすべて吸着させた。次に、アミノ酸を含まないpH4.0の水溶液を溶出液として流し、この操作をpH11まで徐々に大きくしながら繰り返した。流出してくるアミノ酸の順番を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① グリシン→グルタミン酸→リシン
- ② グリシン→リシン→グルタミン酸
- ③ グルタミン酸→グリシン→リシン
- ④ グルタミン酸→リシン→グリシン
- ⑤ リシン→グリシン→グルタミン酸
- ⑥ リシン→グルタミン酸→グリシン

[4] 文章中の下線部(d)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

α -アミノ酸 $R-CH(NH_2)COOH$ のうち、アラニン($R: -CH_3$)、フェニルアラニン($R: -CH_2-C_6H_5$)、チロシン($R: -CH_2-C_6H_4-OH$)およびシステイン($R: -CH_2-SH$)からなるテトラペプチド **A** がある。**A** に酵素 I を作用させると 1ヶ所で加水分解がおこり、 α -アミノ酸 **B** とトリペプチド **C** が得られた(図2)。一方、**A** に酵素 II を作用させると別の 1ヶ所で加水分解がおこり、2種類のジペプチド **D** および **E** が得られた(図3)。また、**A** に酵素 III を作用させると別の 1ヶ所で加水分解がおこり、トリペプチド **F** と α -アミノ酸 **G** が得られた(図4)。



化合物 **B** ~ **G** については、次の (ア) ~ (エ) のような結果が得られた。

(ア) **B** ~ **G** に濃硝酸を加えて加熱すると、黄色になるものがあつた。冷却後、アンモニア水を加えて塩基性になると **C**、**E**、**F** および **G** は橙黄色を呈した。

