



# 化 学

## 解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークしなさい。

例えば、 と表示のある問題に対して、「①～⑧のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合は、例に従う。

例 ②と⑦と答えたいとき

解答番号	解 答 欄
5	① <input checked="" type="radio"/> ③ ④ ⑤ ⑥ <input checked="" type="radio"/> ⑧ ⑨ ⑩

例えば、  と表示のある問題に対して、計算等から得られた数値をマークする場合は、例に従う。

例 38と答えたいとき

解答番号	解 答 欄
6	① ② <input checked="" type="radio"/> ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩
7	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ <input checked="" type="radio"/> ⑨ ⑩

以下の問題文で、体積の単位記号Lは、リットルを表す。また必要があれば次の値を用いよ。

原子量：H = 1.0    He = 4.0    C = 12    N = 14    O = 16    Na = 23    Cl = 35.5

Ar = 40    Ca = 40    Mn = 55    Zn = 65

絶対温度  $T(\text{K}) = 273 + t(^{\circ}\text{C})$     気体定数 =  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$     ファラデー定数 =  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1 次の問い(問1~6)に答えよ。

問1 次の物質(1)~(5)について、単体の場合は①を、化合物の場合は②を、どちらにも当てはまらない場合は③をそれぞれマークせよ。

- |             |   |
|-------------|---|
| (1) グルコース   | 1 |
| (2) 酸素      | 2 |
| (3) フラーレン   | 3 |
| (4) ポリプロピレン | 4 |
| (5) 塩酸      | 5 |

問2 水素を除く、周期表1族の元素についての説明で、誤っているものはどれか。次の①~⑥のうちから1つ選べ。

6

- ① 原子番号が大きくなっても、価電子数に変化はない。
- ② 原子番号が大きくなるにつれ、イオン半径は大きくなる。
- ③ 原子番号が大きくなるにつれ、イオン化エネルギーは大きくなる。
- ④ 原子番号が大きくなるにつれ、陽子の数は増加する。
- ⑤ 原子番号が大きくなるにつれ、電気陰性度は小さくなる。
- ⑥ 原子番号が大きくなるにつれ、水との反応性が高くなる。

問3 炭素には質量数12と13の2種類、塩素には質量数35と37の2種類の安

表1

定同位体が知られる。表1に各同位体の天然存在比を示した。テトラクロロエチレン(分子式 $\text{C}_2\text{Cl}_4$ )では、同位体の組合せにより相対質量の異なる分子が10種類以上存在する。これらのうち、存在比が大きい上位3つの相対質量は、164, 166, 168である。これらの分子の存在比の順位として最も適切なものを、下の①~⑥のうちから1つ選べ。ただし、それぞれの同位体の相対質量は質量数と等しいとみなす。

元素名	質量数	天然存在比(%)
炭素	12	98.9
	13	1.1
塩素	35	75.8
	37	24.2

テトラクロロエチレン分子の相対質量			
	164	166	168
①	1位	2位	3位
②	1位	3位	2位
③	2位	1位	3位
④	2位	3位	1位
⑤	3位	1位	2位
⑥	3位	2位	1位

問 4 水素の燃焼熱は 286 kJ/mol, 炭素の燃焼熱は 394 kJ/mol, アセトアルデヒドの燃焼熱は 1192 kJ/mol, 酢酸の生成熱は 438 kJ/mol である。アセトアルデヒドと酸素とから酢酸が生成するときの反応熱(正の値) [kJ/mol] を求めよ。

kJ/mol

には百の位の数字を,  には十の位の数字を,  には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には⑩をマークせよ。小数点以下がある場合には四捨五入せよ。

問 5 塩基性物質の 0.1 mol/L 水溶液に, 酸性物質の 0.1 mol/L 水溶液を加えていったときの滴定曲線を図 1 ~ 5 に示した。ただし, 図 1 ~ 5 の横軸の目盛りの間隔は同じとは限らない。

(1) 塩基性物質がアンモニア, 酸性物質が塩化水素であるときの滴定曲線と, 用いる指示薬の組合せとして最も適切なものを, 下の①~⑩のうちから 1 つ選べ。

(2) 塩基性物質が水酸化ナトリウム, 酸性物質が酢酸であるときの滴定曲線と, 用いる指示薬の組合せとして最も適切なものを, 下の①~⑩のうちから 1 つ選べ。

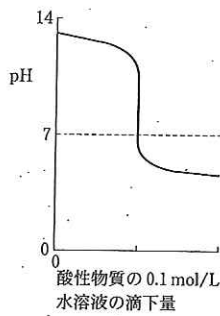


図 1

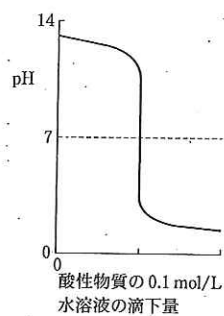


図 2

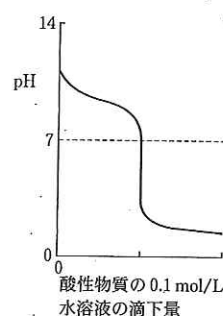


図 3

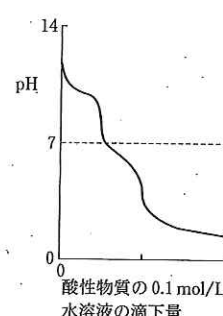


図 4

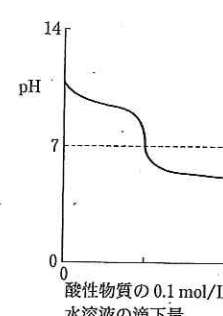
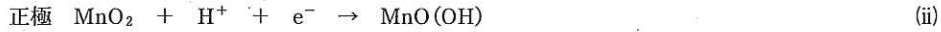


図 5

	滴定曲線	指示薬
①	図 1	フェノールフタレイン
②	図 1	メチルオレンジ
③	図 2	フェノールフタレイン
④	図 2	メチルオレンジ
⑤	図 3	フェノールフタレイン
⑥	図 3	メチルオレンジ
⑦	図 4	フェノールフタレイン
⑧	図 4	メチルオレンジ
⑨	図 5	フェノールフタレイン
⑩	図 5	メチルオレンジ

問 6 マンガン乾電池は、負極に亜鉛、正極に酸化マンガン(IV)、電解液に塩化亜鉛(II)水溶液が用いられ、放電すると次の反応がおこる(式(i), (ii))。



(1) マンガン乾電池に関する記述 a ~ c で、正しいものはどれか。下の①~⑦のうちから1つ選べ。 13

- a 放電すると、負極の質量は減少する。
- b 放電すると、正極における Mn の酸化数は減少する。
- c 放電した電池の負極と正極を、それぞれ別の電源の負極と正極につないで、放電のときと逆向きの電流を流すと、両電極でそれぞれ式(i), (ii)と逆向きの反応がおこり、起電力が回復する。

- ① a                      ② b                      ③ c                      ④ a, b  
 ⑤ a, c                    ⑥ b, c                    ⑦ a, b, c

(2) マンガン乾電池の両極を外部回路に接続して豆電球を点灯させ、 $9.65 \times 10^{-2} \text{ A}$  の電流で 20 分間放電させた。この放電による負極の質量の変化量 [g] を、小数第 3 位まで求めよ。小数第 4 位以下がある場合には四捨五入せよ。

14 . 15 16 17 g

14 には一の位の数字を、15 には小数第 1 位の数字を、16 には小数第 2 位の数字を、

17 には小数第 3 位の数字をマークせよ。

2 次の文を読み、下の問い(問1, 2)に答えよ。

ピストン付き容器に気体を封入し、温度を変化させて気体の体積と圧力を測定する装置がある。

問1 容器内に、ある量の窒素を封入し、温度を27℃としたときの窒素の体積と圧力は図1の点アの値を示した。この容器の温度を $t_1$ (℃)に変えて、体積をゆるやかに変化させると、点イの値を示した。次に、この容器内にさらに2.4gの気体Xを加え、温度を $t_1$ (℃)のまま体積をゆるやかに変化させると、点ウの値を示した。ただし、気体はすべて理想気体とみなすものとする。

(1) 温度 $t_1$ (℃)の値を求めよ。

℃

には百の位の数字を  には十の位の数字を、 には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には○をマークせよ。小数点以下がある場合には四捨五入せよ。

(2) 点ウにおける気体Xの分圧( $\times 10^5$  Pa)はどれか。最も適切なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。

$\times 10^5$  Pa

- ① 0.05    ② 0.07    ③ 0.1    ④ 0.2  
 ⑤ 0.3    ⑥ 0.4    ⑦ 0.5    ⑧ 0.6  
 ⑨ 0.7

(3) 気体Xの物質質量(mol)はどれか。最も近いものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。  mol

- ① 0.01    ② 0.03    ③ 0.05    ④ 0.06    ⑤ 0.07  
 ⑥ 0.1    ⑦ 0.3    ⑧ 0.5    ⑨ 0.7

(4) 気体Xはどれか。最も適切なものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。

- ① 水素    ② ヘリウム    ③ メタン    ④ 酸素    ⑤ アルゴン    ⑥ 二酸化炭素

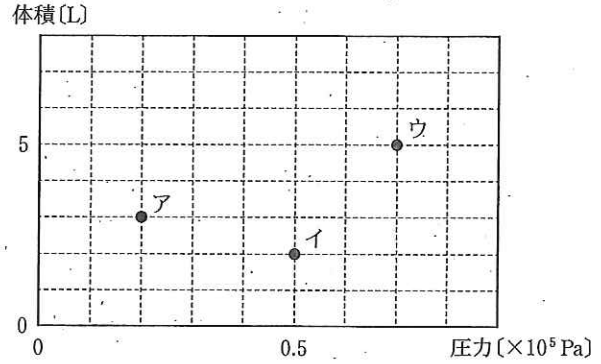


図1

問2 体積を2Lとした容器内に、窒素と液体のエタノールとを同じ物質質量ずつ封入し、温度を $t_2$ (℃)として静置したところ、エタノールの一部が蒸発して、図2の点aで圧力は安定した。次に、温度を $t_2$ (℃)に保ったまま体積をゆるやかに増加させると、圧力は図2の点a, b, cを通る曲線のように変化した。ただし、窒素とエタノールとは化学反応をせず、窒素は液体のエタノールに溶解しないものとする。また、液体のエタノールの体積は無視でき、点b~c間では気体はすべて理想気体とみなすものとする。

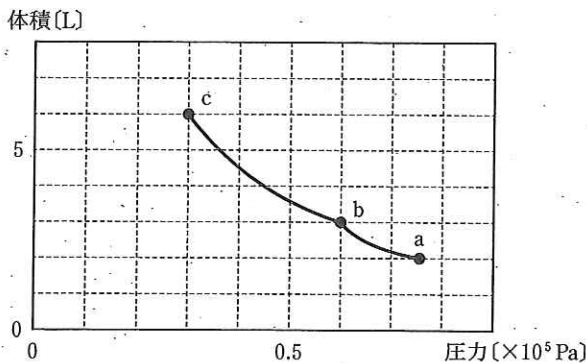


図2

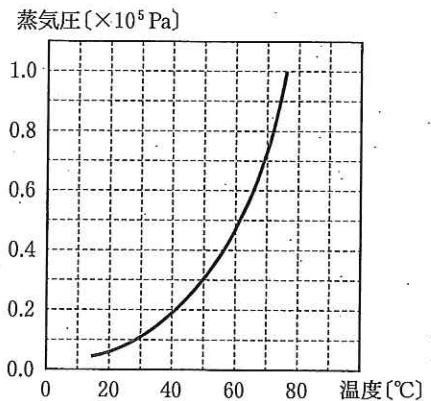


図3

(1) 図2の点a, 点b, 点cにおけるエタノールの分圧( $\times 10^5$  Pa)はどれか。最も適切なものを, 下の①~⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

点a   $\times 10^5$  Pa

点b   $\times 10^5$  Pa

点c   $\times 10^5$  Pa

- ① 0                      ② 0.050                      ③ 0.10                      ④ 0.15                      ⑤ 0.20  
⑥ 0.25                      ⑦ 0.30                      ⑧ 0.50                      ⑨ 0.70

(2) 図3はエタノールの蒸気圧曲線を示す。温度  $t_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) の値はどれか。最も適切なものを, 次の①~⑧のうちから1つ選べ。   $^{\circ}\text{C}$

- ① 10                      ② 20                      ③ 30                      ④ 40                      ⑤ 50                      ⑥ 60                      ⑦ 70                      ⑧ 78

3 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを十分に吸収させてから二酸化炭素を吹き込むと、炭酸水素ナトリウムが沈殿する。この沈殿を分離して加熱すると化合物Aが得られる。このようなAの工業的製法をアンモニアソーダ法(ソルバー法)という。

この製法における各化合物の関連を図1に示す。ただし、記号A～Fはすべて化合物の化学式を表すものとし、同じ記号は同じ化学式を示す。

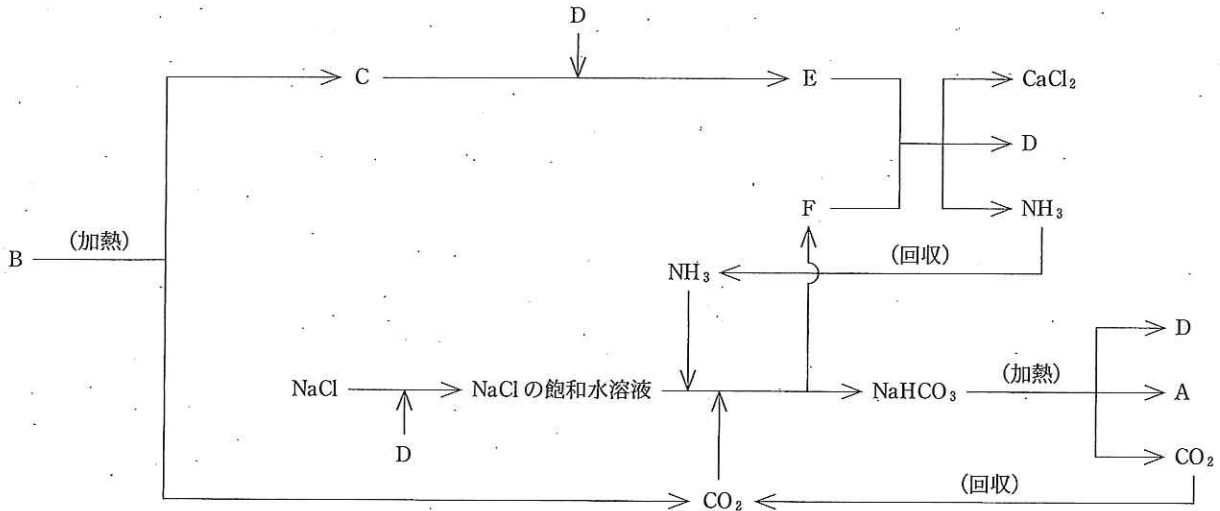


図1

問1 文章中および図1のA～Fに当てはまる化合物として最も適切なものを、下の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

A  B  C  D  E  F

- ① H<sub>2</sub>O      ② HCl      ③ NaOH      ④ Ca(OH)<sub>2</sub>      ⑤ CaO  
 ⑥ CaCO<sub>3</sub>      ⑦ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>      ⑧ CO      ⑨ NH<sub>4</sub>Cl

問2 下線部アについて述べた次の文章を読み、下の(1)～(5)に答えよ。

塩化ナトリウムの飽和水溶液中では塩化ナトリウムはすべて  として存在する。また、水に溶けたアンモニアと二酸化炭素との中和反応がおこる。この結果、水溶液中には陽イオンとしてNa<sup>+</sup>、、陰イオンとしてCl<sup>-</sup>、が多量に存在することになる。これらのイオンから生成する可能性のある塩は 種類あるが、その中で溶解度の最も 炭酸水素ナトリウムが沈殿する。

(1)  に当てはまる語として最も適切なものを、次の①～③のうちから1つ選べ。

- ① 分子      ② イオン      ③ 原子

(2)  に当てはまる化学式として最も適切なものを、次の①～③のうちから1つ選べ。

- ① H<sup>+</sup>      ② NH<sub>4</sub><sup>+</sup>      ③ Ca<sup>2+</sup>

(3)  に当てはまる化学式として最も適切なものを、次の①～③のうちから1つ選べ。

- ① OH<sup>-</sup>      ② HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>      ③ CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

(4)  に当てはまる数字として最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4

(5)  に当てはまる語として最も適切なものを、次の①、②のうちから1つ選べ。

- ① 大きい      ② 小さい



問 3 アンモニアソーダ法では、二酸化炭素とアンモニアとを回収して再利用している。それぞれの回収率は理論上何%となるか。最も適切なものを、次の①～⑩のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

二酸化炭素  %      アンモニア  %

- ① 10                      ② 20                      ③ 30                      ④ 40                      ⑤ 50  
⑥ 60                      ⑦ 70                      ⑧ 80                      ⑨ 90                      ⑩ 100

問 4 塩化ナトリウム 100 kg から得られる化合物 A は何 kg となるか。最も近いものを、次の①～⑩のうちから1つ選べ。

kg

- ① 86                      ② 91                      ③ 96                      ④ 101                      ⑤ 106  
⑥ 111                      ⑦ 116                      ⑧ 121                      ⑨ 126                      ⑩ 131

問 5 化合物 A について正しいものを、次の①～⑦のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。

- ① 水によく溶け、水溶液は塩基性を示す。  
② 加熱によって容易に分解する。  
③ 炎色反応を示さない。  
④ 再結晶によって得られた無色透明な結晶は潮解性がある。  
⑤ ガラスやセッケンの製造に用いられる。  
⑥ 医療用のギブスや塑像に用いられる。  
⑦ 胃腸薬やベーキングパウダー(ふくらし粉)として用いられる。

4 次の記事を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。

植物のなかでつくられるアミノ酸には、フェニルアラニンやチロシンがある(図1)。これらのアミノ酸は、良い香りを放つ種々の芳香族化合物、あるいはリグニンやカテキンなどのポリフェノール類をつくるものになる物質である。例えば、図1のように、フェニルアラニンから分子内で脱アンモニアがおこると、物質A(分子式 $C_9H_8O_2$ )を生じる。この脱アンモニアは、分子内のアミノ基と水素原子とからアンモニア $NH_3$ がとれる反応で、アンモニアがとれたあとに炭素どうしの新たな結合が生じる。この炭素どうしの結合は、エタノールと濃硫酸との混合物を $160^\circ C$ で加熱したときに生じる炭素どうしの結合と同じである。Aに炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$ 水溶液を加えると $CO_2$ を発生する。また、微量のAを水に溶解し、暗所下で臭素水を滴下すると、臭素水の赤褐色が消える。Aは還元されると、芳香を放つ物質B(分子式 $C_9H_8O$ )を生じる。Bに $NaHCO_3$ 水溶液を加えても $CO_2$ を発生しない。一方、チロシンから分子内で脱アンモニアがおこると物質C(分子式 $C_9H_8O_3$ )を生じる。Cは、Aのベンゼン環の水素原子がヒドロキシ基 $-OH$ に変化することによっても生じる。Cのベンゼン環の別の水素原子がさらに変化して、元々あった $-OH$ の隣にもう1つ $-OH$ が導入されると物質D(分子式 $C_9H_8O_4$ )を生じる。Dは、植物内ではエステルに誘導されて存在していることが多い。また、チロシンは、CからDへの反応の場合と同じように、ベンゼン環の水素原子が変化して、もう1つの $-OH$ がもとの $-OH$ の隣に導入されると物質E(分子式 $C_9H_{11}NO_4$ )を生じる。Eはパーキンソン病の治療薬として知られる。なお、A~Eを生じる反応は、すべて、植物内に存在する酵素の触媒作用により選択的かつ容易におこる。

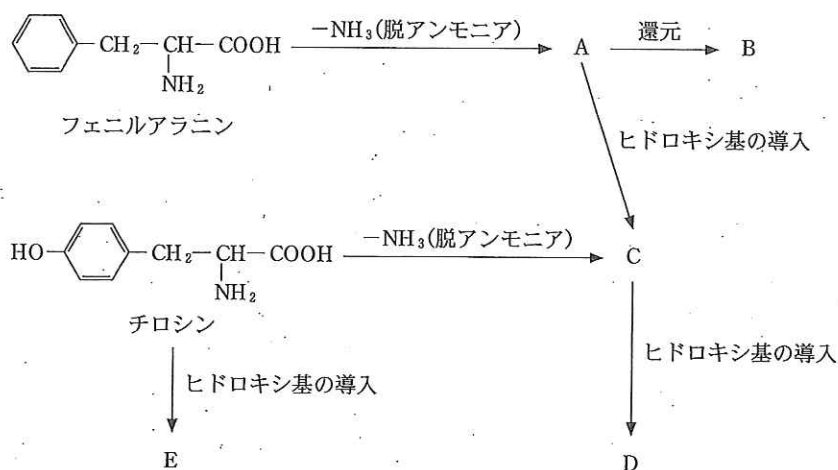


図1

問1 下線部アの操作によって生じた物質には不斉炭素原子がいくつ存在するか。不斉炭素原子の数を1桁の数値でマークせよ。 43

問2 A~Eのそれぞれについて、①~⑥に記してある反応または性質の有無を、○および×を用いて表1にまとめた。○はある反応がおこる、もしくはある性質を示すことを意味し、×はある反応がおこらない、もしくはある性質を示さないことを意味している。表1の 44 ~ 49 に当てはまる最も適切な反応または性質を、次の①~⑥のうちから1つずつ選べ。

反応・性質

- ① 十分な量の無水酢酸と反応させたとき、分子内に2つのエステル結合が生じる。
- ② 銀鏡反応を示す。
- ③ ヨードホルム反応を示す。
- ④ 微量をニンヒドリン水溶液に入れて温めると、溶液が青紫~赤紫色を呈する。
- ⑤ 微量を水に溶かし塩化鉄(III)を加えると、溶液が青紫~赤紫色を呈する。
- ⑥ シストランス異性体が存在する。

表 1

反応・性質	物 質				
	A	B	C	D	E
44	○	○	○	○	×
45	×	×	×	×	○
46	×	○	×	×	×
47	×	×	×	○	○
48	×	×	○	○	○
49	×	×	×	×	×

問 3 下線部イについて、植物中では、炭素、水素、酸素からなるキナ酸とよばれる物質と D とが同じ物質量で縮合し、エステルと水とが同じ物質量で生じる反応がおこる。このエステル 17.7 mg を元素分析したところ、 $H_2O$  8.1 mg と  $CO_2$  35.2 mg とが生じた。また、このエステルの分子量を測定したところ 354 であった。この結果から、キナ酸の分子式を  $C_xH_yO_z$  としたとき、 $x, y, z$  に当てはまる最も適切な数値を、下の①~⑨のうちから 1 つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。  $x$         $y$         $z$

- ① 4      ② 5      ③ 6      ④ 7      ⑤ 8      ⑥ 9  
 ⑦ 10      ⑧ 11      ⑨ 12

問 4 フェニルアラニン、チロシン、および E をある割合で混合して縮合重合させたポリペプチドを合成した。この合成においては、側鎖のベンゼン環上のヒドロキシ基  $-OH$  は反応に関与しなかった。得られたポリペプチドの分子量の平均値(平均分子量)は 31640 であった。また、このポリペプチド 158.2 g を酸触媒存在下で、十分な量の無水酢酸と反応させて、側鎖のベンゼン環上のヒドロキシ基  $-OH$  をエステルに変えると、無水酢酸が 0.357 g 消費された。ただし、ポリペプチドの両末端については、 $-NH_2$  を  $-NH-$  とみなし、 $-COOH$  を  $-CO-$  とみなして計算せよ。

- (1) 無水酢酸の消費量から、ポリペプチド 1.0 mol あたりに含まれる側鎖のベンゼン環上のヒドロキシ基  $-OH$  の物質量 [mol] を小数第 2 位まで求めよ。小数第 3 位以下がある場合には四捨五入せよ。  .   mol  
 には一の位の数字を、 には小数第 1 位の数字を、 には小数第 2 位の数字をマークせよ。
- (2) ポリペプチド 1 分子を構成するチロシンの物質量は E の物質量の 1.5 倍である。このとき、ポリペプチド 1 分子を構成するフェニルアラニン、チロシン、E の分子数の平均値をそれぞれ求めよ。

フェニルアラニンの分子数の平均値	<input type="text" value="56"/>	<input type="text" value="57"/>	<input type="text" value="58"/>
チロシンの分子数の平均値	<input type="text" value="59"/>	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="61"/>
E の分子数の平均値	<input type="text" value="62"/>	<input type="text" value="63"/>	<input type="text" value="64"/>

, ,  には百の位の数字を、, ,  には十の位の数字を、, ,  には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合は⑩をマークせよ。小数以下がある場合には四捨五入せよ。