

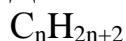
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ФОРМУЛ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

1. Виведення молекулярної форми відомого класу органічних сполук за відносною густиною

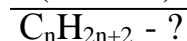
Приклад

Відносна густина пари деякого алкану за повітрям дорівнює 3,931. Визначте формулу цього алкану і назвіть його.

Дано:



$$D(C_nH_{2n+2})_{\text{пов}} = 3,931$$



Розв'язування:

$$M(C_nH_{2n+2}) = (14n + 2) \text{ г/моль}$$

1. *Обчислимо молярну масу алкану:*

$$M(C_nH_{2n+2}) = D(C_nH_{2n+2})_{\text{пов}} \times M_{\text{пов}};$$

$$M_{\text{пов}} = 29 \text{ г/моль}$$

$$M(C_nH_{2n+2}) = 3,931 \times 29 \text{ г/моль} = 114 \text{ г/моль}$$

2. *Обчислимо число атомів Карбону в алкані:*

$$12n + 2 = 114; 14n = 112; n = \frac{112}{14} = 8; C_8H_{18}$$

Відповідь: Формула сполуки C_8H_{18} . Це октан.

2. Виведення молекулярної формули за відомими масовими частками елементів

Приклад

Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, масова частка Карбону в якому становить 82,75%, а Гідрогену 17,25%. Відносна густина пари цього вуглеводню за повітрям дорівнює 2.

Дано:

$$\omega(C) = 82,75\%$$

$$\omega(H) = 17,25\%$$

$$D(C_xH_y)_{\text{пов}} = 2$$

та Гідрогену:



Розв'язування:

1. *Обчислимо молярну масу вуглеводню:*

$$M(C_xH_y) = D_{\text{пов}} \times M_{\text{пов}} = 2 \times 29 \text{ г/моль} = 58 \text{ г/моль}$$

2. *Виводимо алгоритм для встановлення кількості атомів Карбону*

$$x(C) = \frac{\omega(C) \times Mr(C_xH_y)}{Ar(C)}$$

$$y(H) = \frac{\omega(H) \times Mr(C_xH_y)}{Ar(H)}$$

3. *Обчислимо число атомів Карбону і Гідрогену у вуглеводні (для розрахунків відсотки переводимо в частки):*

$$x(C) = \frac{0,8275 \times 58}{12} = 4$$

$$y(H) = \frac{0,1725 \times 58}{1} = 10$$

Формула вуглеводню C_4H_{10}

4. *Робимо перевірку виведеної формули вуглеводню за молярною масою:*

$M(C_4H_{10})=58\text{г/моль}$

Відповідь: формула вуглеводню C_4H_{10} (бутан)

3. Виведення молекулярної формули за відомими масою, об'ємами або кількістю речовини продуктів згорання

Приклад

Внаслідок спалювання вуглеводню масою 1,5 г утворилися оксид карбону (IV) об'єму 2,24 л (н.у.) та вода масою 2,7 г. Виведіть формулу вуглеводню, якщо відносна густина його за повітрям становить 1,0345.

Дано:

$$m(C_xH_y)=1,5\text{г}$$

$$V(C_xH_y)=2,24\text{ л}$$

$$m(H_2O)=2,7\text{г}$$

$$D(C_xH_y)_{\text{пов}}=1,0345$$

C_xH_y - ?

Розв'язування:

1. Обчислимо молярну масу вуглеводню:

$$M(C_xH_y) = D(C_xH_y)_{\text{пов}} \times M_{\text{пов}}$$

$$M_{\text{пов}} = 29\text{ г/моль}$$

$$M(C_xH_y) = 1,0345 \times 29\text{г/моль} = 30\text{г/моль}$$

2. Обчислимо кількість речовини вуглеводню масою 1,5 г:

$$\nu(C_xH_y) = \frac{m(C_xH_y)}{M(C_xH_y)} = \frac{1,5\text{г}}{30\text{г/моль}} = 0,05\text{моль}$$

3. Обчислимо кількість речовини оксиду карбону (IV) об'ємом 2,24 л:

$$\nu(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m(CO_2)} = \frac{2,24\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,1\text{моль}$$

4. Обчислимо кількість речовини води масою 2,7 г:

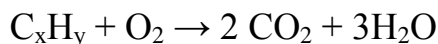
$$\nu(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{2,7\text{г}}{18\text{г/моль}} = 0,15\text{моль}$$

5. Обчислимо співвідношення кількостей речовин вуглеводню, оксиду карбону (IV) та води:

$$\nu(C_xH_y) : \nu(CO_2) : \nu(H_2O) = 0,05 : 0,1 : 0,15$$

$$\nu(C_xH_y) : \nu(CO_2) : \nu(H_2O) = \frac{0,05}{0,05} : \frac{0,1}{0,05} : \frac{0,15}{0,05} = 1 : 2 : 3$$

6. Обчислимо число атомів Карбону і Гідрогену у вуглеводні:



$$x=2; y=6; C_2H_6; M(C_2H_6) = 30\text{ г/моль}$$

Відповідь: Формула вуглеводню C_2H_6 (етан)

4. Виведення молекулярної формули за об'ємом кисню, необхідного для спалювання органічної речовини

Приклад

На спалення 0,5 моль етиленового вуглеводню витрачається 33,6 л кисню (н.у.). Встановити формулу сполуки.

Дано:

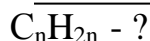
$$\nu(C_nH_{2n}) = 0,5\text{ моль}$$

Розв'язування:

1. Знаходимо кількість кисню:

$$V(O_2) = 33,6 \text{ л}$$

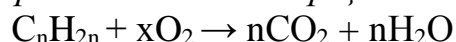
$$\nu(O_2) = \frac{33,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,5 \text{ моль}$$



углеводню у загальному

2. Складаємо рівняння реакції горіння етиленового

вигляді і розставляємо коефіцієнти:



$$n + 2n = 2x$$

$$3n = 2x$$

$$x = \frac{3n}{2} = 1,5n \text{ моль}$$

3. Складаємо пропорцію:

На 1 моль $C_n H_{2n}$ йде 1,5 моль O_2 (n)

На 0,5 моль $C_n H_{2n}$ йде 1,5 моль O_2 (за умовою)

$$n = \frac{1 \text{ моль} \times 1,5 \text{ моль}}{0,5 \text{ моль} \times 1,5 \text{ моль}} = 2$$

Отже, у молекулі етиленового углеводню два атоми Карбону. А на два атоми Карбону припадає

чотири атоми Гідрогену. Формула углеводню $C_2 H_4$, це етилен.

Відповідь: формула углеводню $C_2 H_4$ (етилен)

5. Виведення молекулярної формули за об'ємними відношеннями газів

Приклад

При дегідратації первинного насиченого спирту утворився газоподібний алкен, об'єм якого виявився в 4 рази меншим, ніж об'єм карбон(VI)оксиду, що утворився при спалюванні такої ж кількості спирту. Одержаний алкен може повністю знебарвити розчин бромованої води, де міститься 16г бром. Який спирт піддали дегідратації?

Дано:

$$V(C_n H_{2n}) = \frac{V(CO_2)}{4}$$

$$m(Br_2) = 16 \text{ г}$$



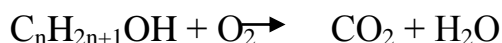
Розв'язування:

Складаємо рівняння відповідних реакцій:

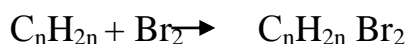
1) Дегідратація первинного насиченого спирту:



2) Горіння первинного насиченого спирту:



3) Приєднання бромованого алкеном:



Складаємо співвідношення реагуючих речовин та продуктів реакції:

$$V(C_n H_{2n}) : V(CO_2) = 1:4$$

4) Знаходимо кількість речовини Бром:

$$\nu(Br_2) = \frac{m}{M} = \frac{16}{160} = 0,1 \text{ моль}, \text{ за рівнянням } \nu(C_nH_{2n}) = 0,1 \text{ моль}$$

5) За умовою задачі:



$$\nu(C_nH_{2n}) = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(CO_2) = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(C_nH_{2n}) : \nu(CO_2) = 0,1 : 0,4 = 1:4$$

б) Формула алкену містить 4 атоми Карбону:



При гідратації алкену добудемо одноатомний насичений спирт C_4H_9OH

Відповідь: C_4H_9OH – бутанол

6. Виведення молекулярної формули за рівнянням стану ідеальних газів

Приклад

У сталеву посудину, місткість якої 2,75л, помістили 1,32г насиченого одноатомного спирту. Потім туди ввели 3,36л кисню (н. у.). Після підпалювання спирт повністю згорів, при цьому тиск у посудині за температурою 227°C становив 306 кПа. Визначте формулу спирту.

Дано:

$$V_{\text{посуду}} = 2,75 \text{ л}$$

$$m(C_nH_{2n+1}OH) = 1,32 \text{ г}$$

$$V(O_2) = 3,36 \text{ л}$$

продуктів

$$T = 227^\circ C$$

$$P = 306 \text{ кПа}$$

Розв'язування:

1) За рівнянням Менделєєва-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

Виводимо формулу для визначення кількості речовини суміші

згорання:

$$\nu = \frac{PV}{RT}, \quad T = 227 + 273 = 500 \text{ К};$$

$$C_nH_{2n+1}OH - ?$$

$$R = 8,314 \frac{\text{кПа} \times \text{л}}{\text{К} \times \text{моль}}$$

$$\nu_{(\text{суміші})} = \frac{306 \times 10^3 \times 2,75}{8,314 \times 500} = 0,2025 \text{ моль}$$

2) За законом збереження маси речовини, знаходимо масу кисню витраченого для спалювання насиченого одноатомного спирту:

$$\nu(O_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{3,36}{22,4} = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu(O_2) = \nu \times m = 0,15 \times 32 = 4,8 \text{ г}$$

3) Маса вихідних речовин:

$$m(C_n H_{2n+1} OH) + m(O_2) = 1,32 + 4,8 = 6,12 \text{ г}$$

Маса продуктів реакції:

$$m(CO_2) = M(CO_2) \times \nu(CO_2)$$

$$m(H_2O) = M(H_2O) \times \nu(H_2O)$$

Приймаємо $\nu(CO_2) = x$,

$$\nu(H_2O) = 0,2025 - x$$

Складаємо математичне рівняння за законом збереження мас речовин:

$$6,12 = 44x + (0,2025 - x)18$$

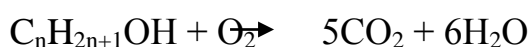
$$6,12 = 44x + 3,645 - 18x$$

$$2,475 = 26x$$

$$x = 0,095$$

Отже, $\nu(CO_2) = 0,095$ моль, $\nu(H_2O) = 0,1075$ моль

4) Складаємо рівняння реакції горіння насиченого одноатомного спирту:



За співвідношенням $\nu(CO_2) : \nu(H_2O) = 0,095 : 0,1075 = 5 : 6$

В сполучі спирту 5 атомів Карбону і 12 атомів Гідрогену.

Отже формула насиченого одноатомного спирту $C_5H_{11}OH$

Відповідь: $C_5H_{11}OH$ – пентанол (аміловий спирт)

7. Виведення молекулярної формули за хімічними властивостями речовин

Приклад №1

Етиленовий вуглеводень, що утворився із 24 г одноатомного насиченого спирту при нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою, приєднує 15,3 мл бром ($\rho = 3,14$ г/см³). Який спирт використали для реакції? Врахуйте, що масова частка виходу алкену становить 75% від теоретичного.

Дано:

$$m(C_n H_{2n+1} OH) = 24 \text{ г}$$

$$V(Br_2) = 15,3 \text{ мл}$$

$$\rho = 3,14 \text{ г/см}^3$$

$$\omega_{\text{вих}}(C_n H_{2n}) = 75\%$$

Розв'язування:

1. Визначаємо масу бром, що приєднує алкен:

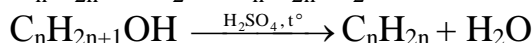
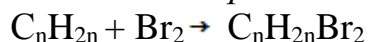
$$m(Br_2) = \rho \times V = 15,3 \text{ мл} \times 3,14 \text{ г/мл} = 48 \text{ г}$$

2. Визначаємо кількість речовини бром:

$$\nu(Br_2) = \frac{m}{M} = \frac{48 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$C_nH_{2n+1}OH$ - ?

3. Складаємо рівняння відповідних реакцій:



4. Визначаємо практичну кількість речовини алкену, що приєднує бром:

$$\nu(Br_2) = \nu_{пр.}(C_nH_{2n}) = 0,3 \text{ моль}$$

5. Обчислимо теоретичну кількість виходу алкену:

$$\nu_{теор}(C_nH_{2n}) = \frac{0,3 \text{ моль}}{75\%} \times 100\% = 0,4 \text{ моль}$$

6. Обчислимо молярну масу одноатомного насиченого спирту:

$$M(C_nH_{2n+1}OH) = \frac{m}{M} = \frac{24g}{0,4 \text{ моль}} = 60g / \text{моль}$$

7. Обчислимо число атомів Карбону в сполуці спирту :

$$12n + 2n + 1 + 17 = 60$$

$$14n = 42$$

$$n = 3$$

8. Виводимо формулу одноатомного насиченого спирту:



Відповідь: для реакції використали пропанол (C_3H_7OH)

Приклад №2

Для каталітичного гідрування алкіну невідомого складу потрібно використати 1,7 л водню (н.у.). Така ж сама маса вуглеводню під час взаємодії з бромом утворює 15,24 г тетраброміду з розгалуженим карбоновим скелетом. Визначте формулу алкіну.

Дано:

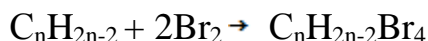
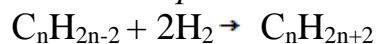
$$V(H_2) = 1,7 \text{ л}$$

$$m(C_nH_{2n-2}Br_4) = 15,24g$$

$C_nH_{2n} - ?$

Розв'язування:

1. Складаємо рівняння відповідних реакцій:



2. Обчислимо кількість речовини водню що вступив у реакцію каталітичного гідрування алкіну :

$$\nu(H_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,7 \text{ л}}{22,4 \text{ л / моль}} = 0,076 \text{ моль}$$

3. Обчислимо кількість речовини броду, що вступив у реакцію:

$$\nu(Br_2) = 0,076 \text{ моль}$$

4. Обчислимо масу броду:

$$m(Br_2) = M \times \nu = 160 \text{ г/моль} \times 0,076 \text{ моль} = 12,16 \text{ г}$$

5. Обчислимо масу алкіну:

$$m(C_nH_{2n-2}) = m(C_nH_{2n-2}Br_4) - m(Br_2) = 15,24 - 12,16 = 3,08 \text{ г}$$

6. Обчислюємо кількість речовини алкіну за рівнянням реакції приєднання броду:

$$\nu(C_nH_{2n-2}) = \nu(Br_2) / 2 = 0,076 / 2 = 0,038 \text{ моль}$$

7. Обчислюємо молярну масу алкіну:

$$M(C_nH_{2n-2}) = \frac{m}{M} = \frac{3,08g}{0,038 \text{ моль}} = 82g / \text{моль}$$

8. Обчислюємо число атомів Карбону в алкіні:

$$12n + 2n - 2 = 82$$

$$14n = 84$$

$$n=6$$

9. Виводимо формулу алкіну:

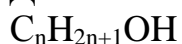


Відповідь: формула алкіну C_6H_{10} (гексин)

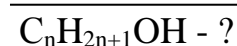
Приклад №3

Внаслідок нагрівання насиченого одноатомного спирту з концентрованою йодидною кислотою утворилась сполука, в якій масова частка йоду становить 74,7%. Визначте формулу одноатомного спирту.

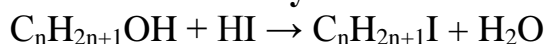
Дано:



$$\omega(I) = 74,7\%$$



Розв'язування:



$$Mr(C_nH_{2n+1}I) = 14n + 128$$

$$\omega(I) = \frac{nAr(I)}{Mr(C_nH_{2n+1}I)} \times 100\%$$

$$74,7\% = \frac{127}{14n + 128} \times 100\%$$

$$74,7(14n + 128) = 12700$$

$$1045,8n + 9561,6 = 12700$$

$$1045,8n = 3138,4$$

$$n = \frac{3138,4}{1045,8} = 3; C_3H_7OH$$

Відповідь: Формула спирту C_3H_7OH (пропанол)

Приклад №4

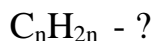
Маса продукту приєднання гідроген броміду до вуглеводню етиленового ряду виявилась у 2,929 раза більшою за масу вихідного вуглеводню.

Визначте формулу етиленового вуглеводню.

Дано:

$$m(C_nH_{2n}) \times 2,929 =$$

$$m(C_nH_{2n+1}Br)$$



Розв'язування:

1. Складаємо рівняння реакції:



2. Приймаємо $m(C_nH_{2n})$ за x , згідно умови $m(C_nH_{2n+1}Br) = 2,929x$

3. Складаємо співвідношення за кількістю речовин реагентів і продуктів реакції:

$$v(C_nH_{2n}) = v(C_nH_{2n+1}Br)$$

4. Визначаємо молярні маси реагентів і продуктів реакції:

$$M(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 14n$$

$$M(C_nH_{2n+1}Br) = 14n + 81$$

5. Визначаємо кількості речовин:

$$\nu(C_nH_{2n}) = \frac{m(C_nH_{2n})}{M(C_nH_{2n})} = \frac{x}{14n}$$

$$\nu(C_nH_{2n+1}Br) = \frac{m(C_nH_{2n+1}Br)}{M(C_nH_{2n+1}Br)} = \frac{2,929x}{14n + 81}$$

6. Встановлюємо кількість атомів Карбону у сполуках за пропорцією:

$$\frac{x}{14n} = \frac{2,929x}{14n+81}$$

$$n=3$$

Отже, у молекулі етиленового вуглеводню 3 атоми Карбону та 6 атомів Гідрогену. Формула вуглеводню C_3H_6 – пропен.

Відповідь: Формула етиленового вуглеводню C_3H_6 (пропен).

Приклад №5

В результаті дії натрію на 13,8г суміші етилового спирту і одноосновної органічної кислоти виділяється 3,36л газу, а в результаті дії на таку ж саму суміш насиченого розчину гідроген карбонату натрію – 1,12л газу. Визначте будову органічної кислоти .

Дано:

$$m_{\text{сум.}}(C_nH_{2n+1}COOH;$$

$$C_2H_5OH) = 13,8 \text{ г}$$

$$V_{1 \text{ заг.}}(\text{газу}) = 3,36 \text{ л}$$

$$V_2(\text{газу}) = 1,12 \text{ л}$$

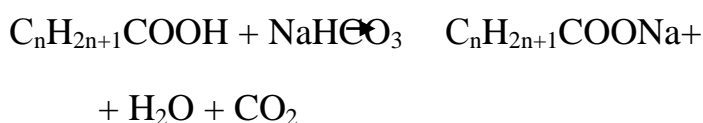


Розв'язування:

1. Складаємо рівняння реакції взаємодії

органічної кислоти та натрій гідроген

карбонату:



Висновок виділяється вуглекислий газ

об'ємом 1,12 л

2. Визначаємо кількості речовин вуглекислого газу і органічної

кислоти за рівнянням реакції:

$$\nu(CO_2) = \nu(C_nH_{2n+1}COOH)$$

$$\nu(C_nH_{2n+1}COOH) = 0,05 \text{ моль}$$

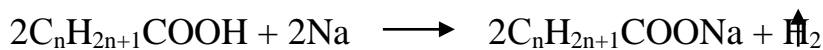
$$v(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

3. При взаємодії натрію як з органічною кислотою так і спиртом виділяється водень:

$$V_{1 \text{ заг.}}(\text{H}_2) = 3,36 \text{ л};$$

$$v_{\text{заг.}}(\text{H}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

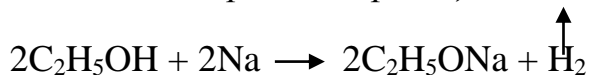
4. Складаємо рівняння реакції взаємодії органічної кислоти з натрієм:



З попередніх розрахунків $v(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})$ складає 0,05 моль, отже $v_1(\text{H}_2)$ за рівнянням реакції дорівнює 0,025 моль:

$$v_2(\text{H}_2) = v_{\text{заг.}}(\text{H}_2) - v_1(\text{H}_2) = 0,15 \text{ моль} - 0,025 \text{ моль} = 0,125 \text{ моль}$$

5. Складаємо рівняння реакції етилового спирту з натрієм:



Відповідно $v(\text{H}_2)$ в даній реакції дорівнює $v_2(\text{H}_2) = 0,125 \text{ моль}$, а за рівнянням $v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,25 \text{ моль}$

6. Знаходимо маси речовин у суміші:

$$\begin{aligned} m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) &= M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \times v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль} \times 0,25 \text{ моль} = \\ &= 11,5 \text{ г} \end{aligned}$$

Масу $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ визначаємо за різницею маси суміші та маси спирту:

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 13,8 \text{ г} - 11,5 \text{ г} = 2,3 \text{ г}$$

7. Визначаємо молярну масу органічної кислоти:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})}{v(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH})} = \frac{2,3 \text{ г}}{0,05 \text{ моль}} = 46 \text{ г/моль}$$

8. Обчислюємо кількість атомів Карбону в органічній кислоті:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 12n + 2n + 46 = 46$$

Висновок: вуглеводневий радикал у формулі даної органічної кислоти замінено містить тільки один атом Гідрогену. Отже, формула органічної кислоти HCOOH

Відповідь: Формула одноосновної органічної кислоти HCOOH (метанова або мурашина кислота)

Приклад №6

При кількісній міжмолекулярній дегідратації суміші двох одноатомних насичених спиртів невідомої будови виділилось 13,4 г води й утворилось 66г суміші трьох органічних речовин з однаковими кількостями речовин. Відомо, що речовини належать до одного й того ж класу органічних сполук. Визначте склад вихідних спиртів.

Дано:

$$m_{\text{сум.}}(3 \text{ етерів}) = 66\text{г}$$

одноатомних

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 13,5\text{г}$$

Склад вихідних

спиртів - ?

Розв'язування:

1) Складаємо рівняння реакції дегідратації суміші 2-х

спиртів:



2) Знаходимо кількість речовини H₂O:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{13,5}{18} = 0,75 \text{ моль}$$

За рівнянням $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{R-O-R}')$

$$\nu(\text{R-O-R}') = 0,75 \text{ моль}$$

3) Визначаємо молярну масу суміші вуглеводневих радикалів, що входять до складу етерів:

$$M(\text{R-O-R}') = \frac{m}{\nu} = \frac{66}{0,75} = 88 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{R;R}') = M(\text{R-O-R}') - M(\text{O}) = 88 - 16 = 72 \text{ г/моль}$$

4) Виводимо вираз для визначення сумарної кількості атомів Карбону у продуктах реакції:

$$\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}) = 72 \text{ г/моль}$$

$$12n + 2n = 72$$

$$14n = 72$$

$$n = 5$$

Отже, загальна кількість атомів Карбону у суміші вихідних спиртів 5.

Відповідь:

1 суміш { C_2H_5OH – етанол
 C_3H_7OH – пентанол

2 суміш { CH_3OH - метанол
 C_4H_9OH – бутанол

3 суміш { CH_3OH - метанол
 C_4H_9OH – ізобутанол