

# Формулы органических веществ

Урок-зачет



# Общие формулы органических веществ

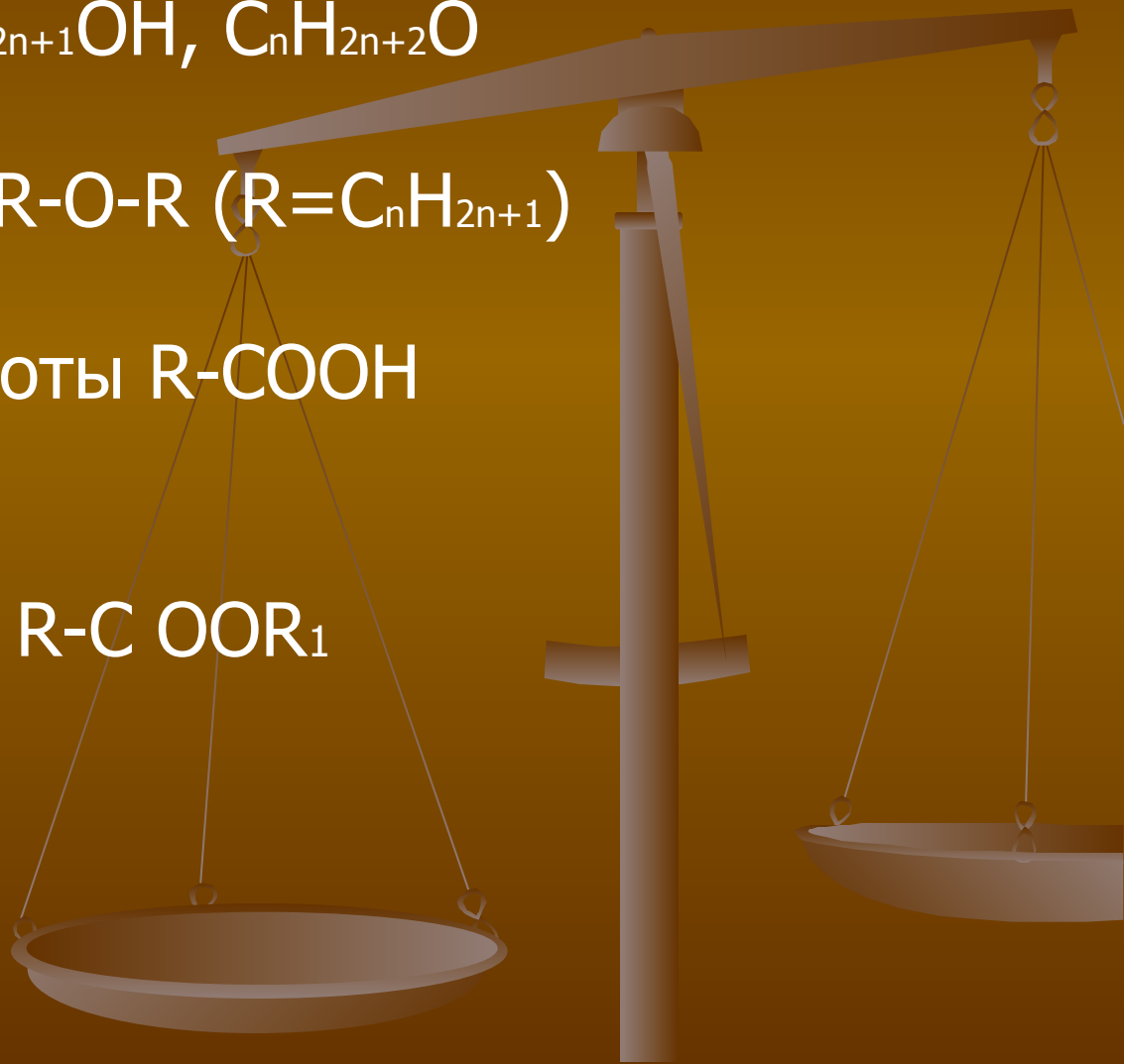
## Углеводороды

- Алканы-  $C_nH_{2n+2}$
- Алкены-  $C_nH_{2n}$
- Циклоалканы-  $C_nH_{2n}$
- Алкины-  $C_nH_{2n-2}$
- Алкадиены-  $C_nH_{2n-2}$
- Арены-  $C_nH_{2n-6}$

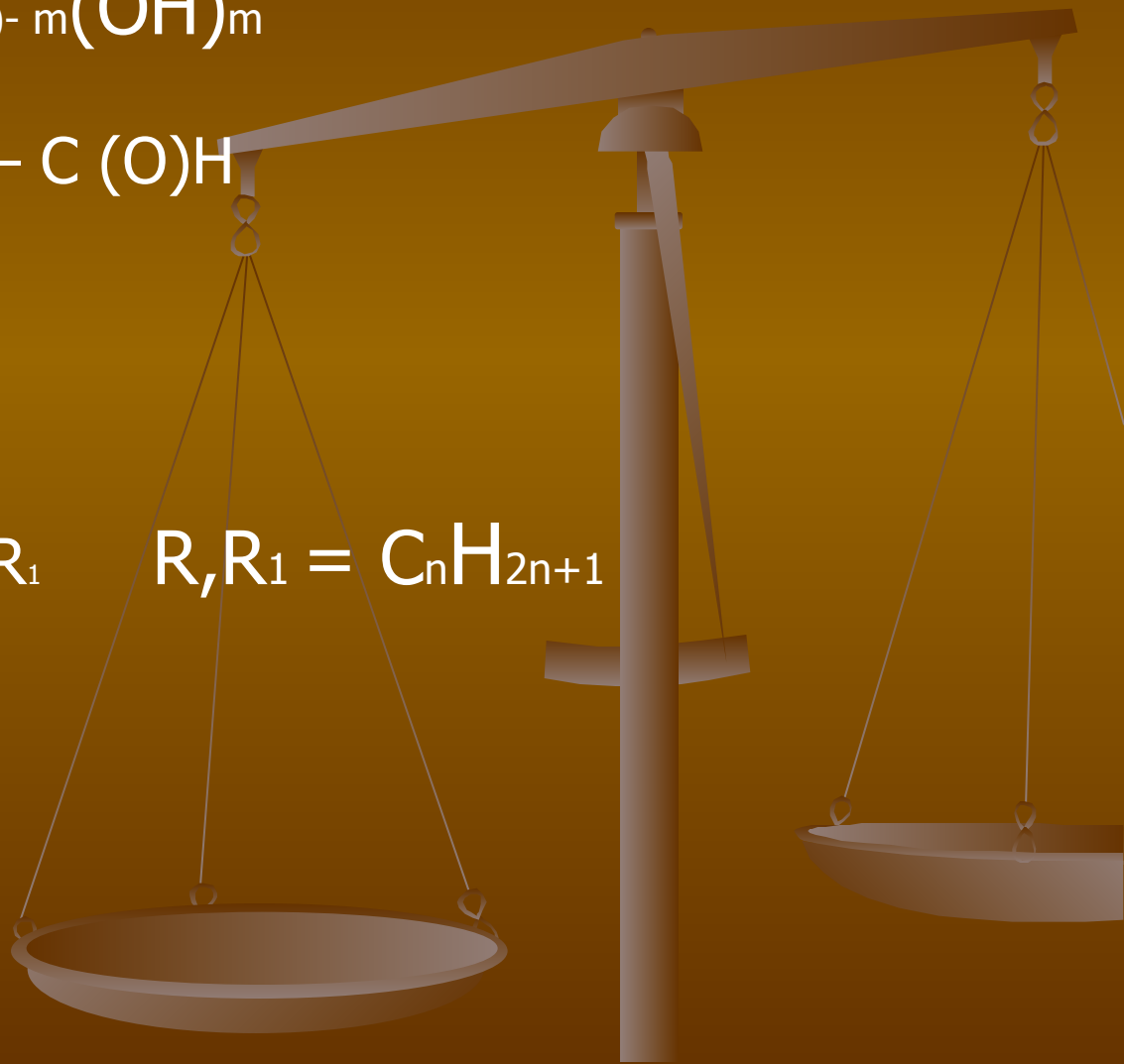


# Кислородосодержащие органические вещества

- Спирты-  $C_nH_{2n+1}OH, C_nH_{2n+2}O$
- Простые эфиры  $R-O-R$  ( $R=C_nH_{2n+1}$ )
- Карбоновые кислоты  $R-COOH$
- Сложные эфиры-  $R-COOR_1$

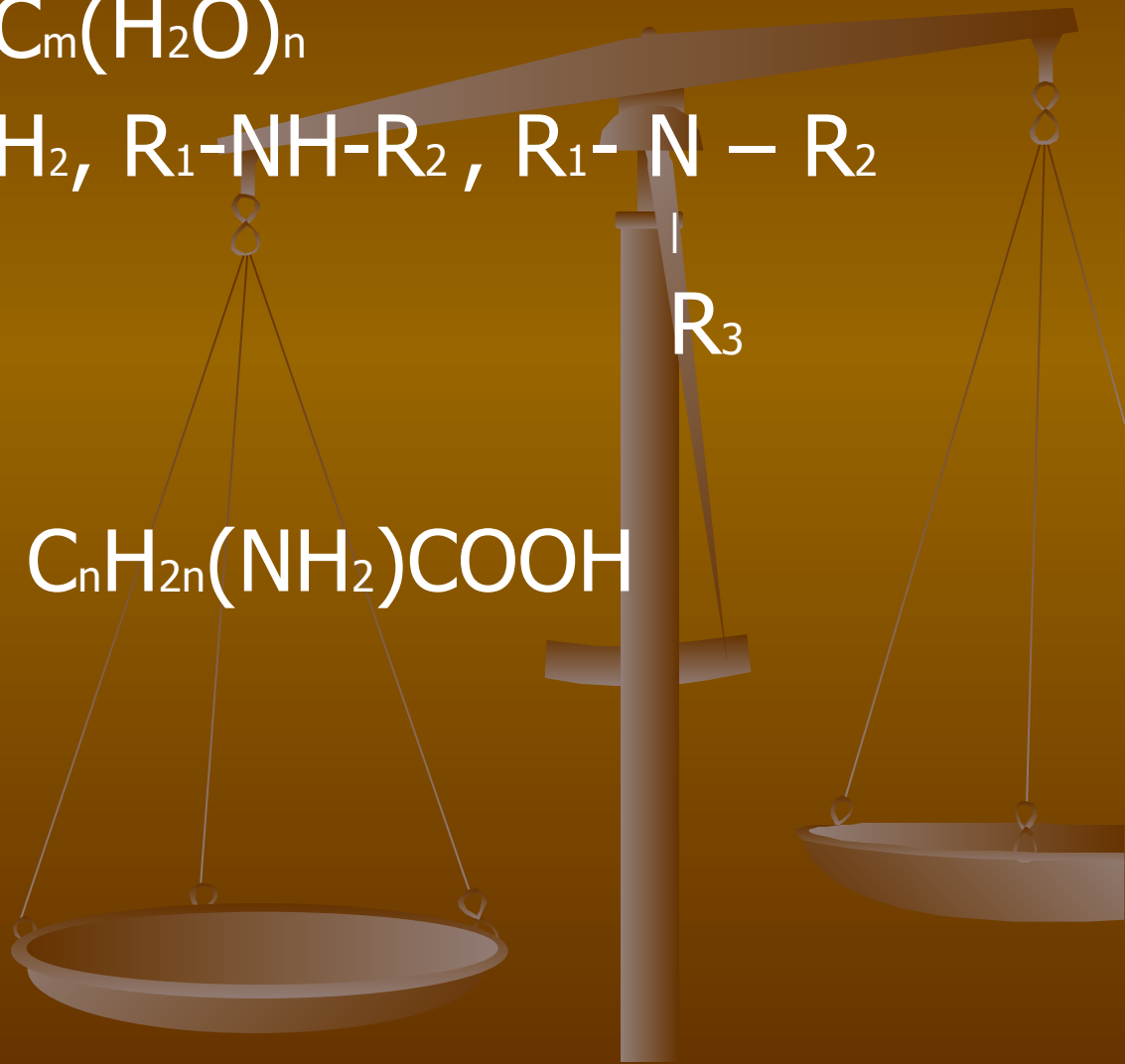


# Кислородосодержащие органические вещества



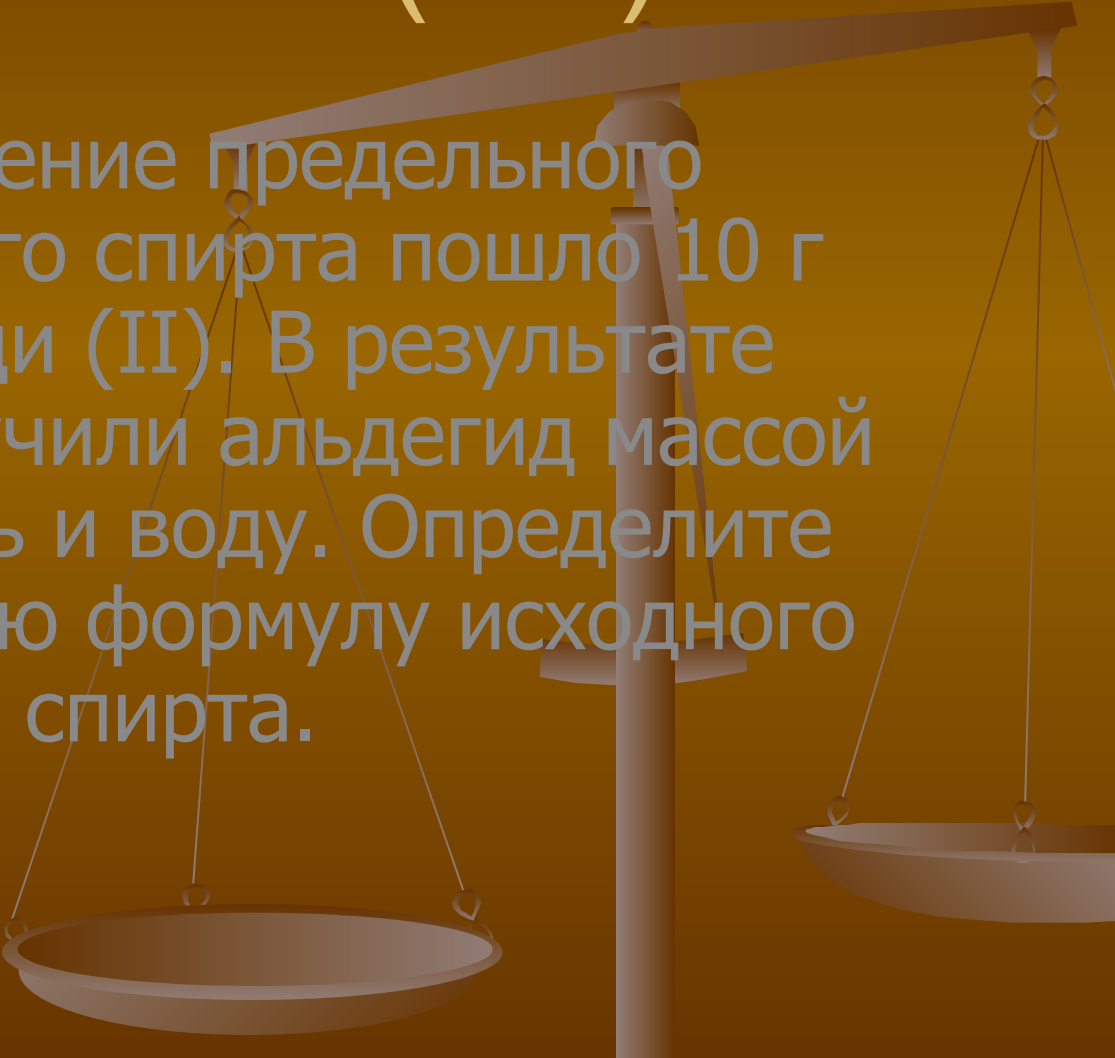
# Кислородосодержащие органические вещества

- Углеводы -  $C_m(H_2O)_n$
- Амины -  $R-NH_2$ ,  $R_1-NH-R_2$ ,  $R_1-N \begin{matrix} | \\ R_3 \end{matrix} - R_2$
- Аминокислоты-  $C_nH_{2n}(NH_2)COOH$



# Задача №1 (С5)

На окисление предельного одноатомного спирта пошло 10 г оксида меди (II). В результате реакции получили альдегид массой 10,75 г, медь и воду. Определите молекулярную формулу исходного спирта.



# Задача 1 (решение)

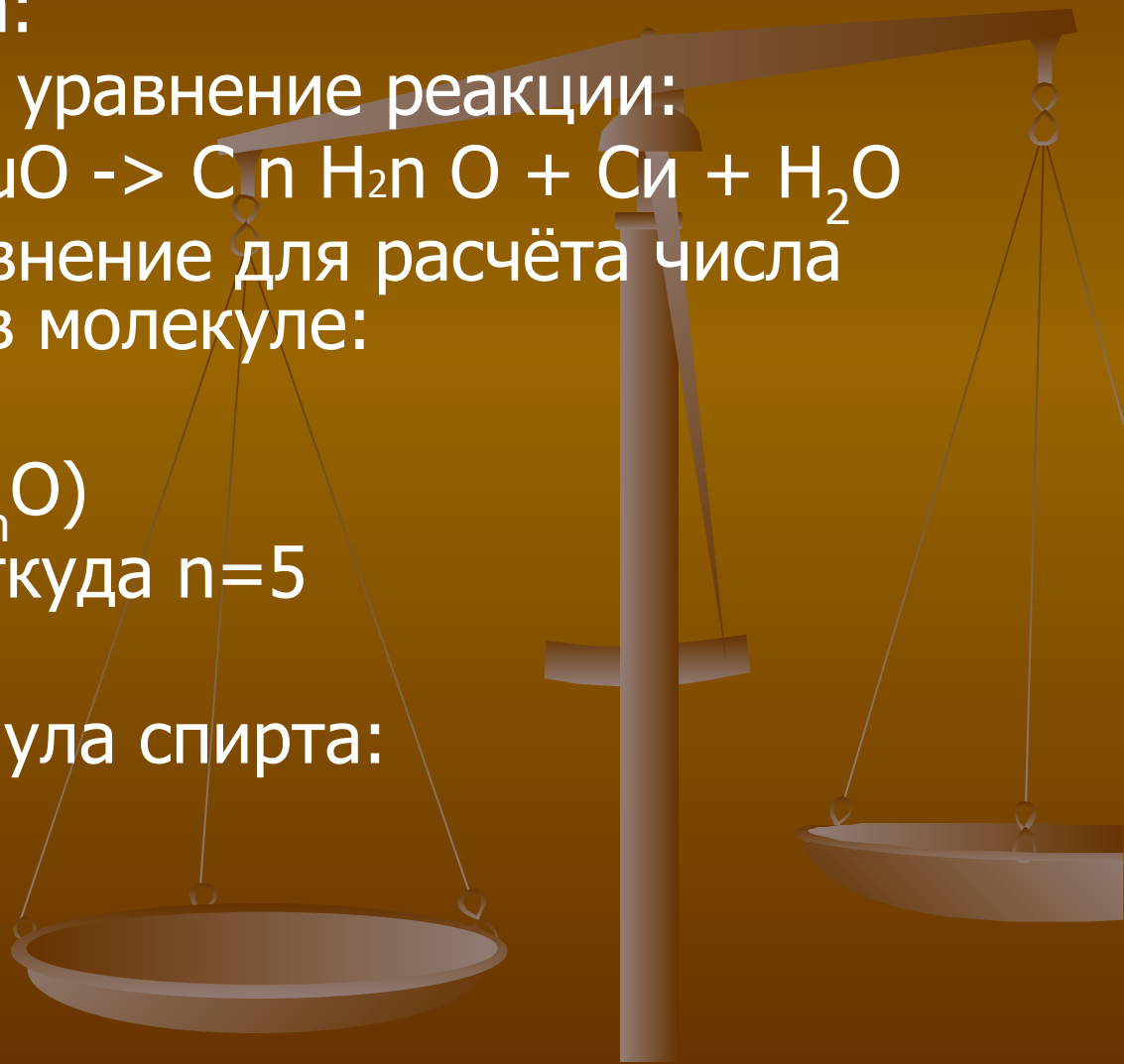
Элементы ответа:

- Приведено общее уравнение реакции:



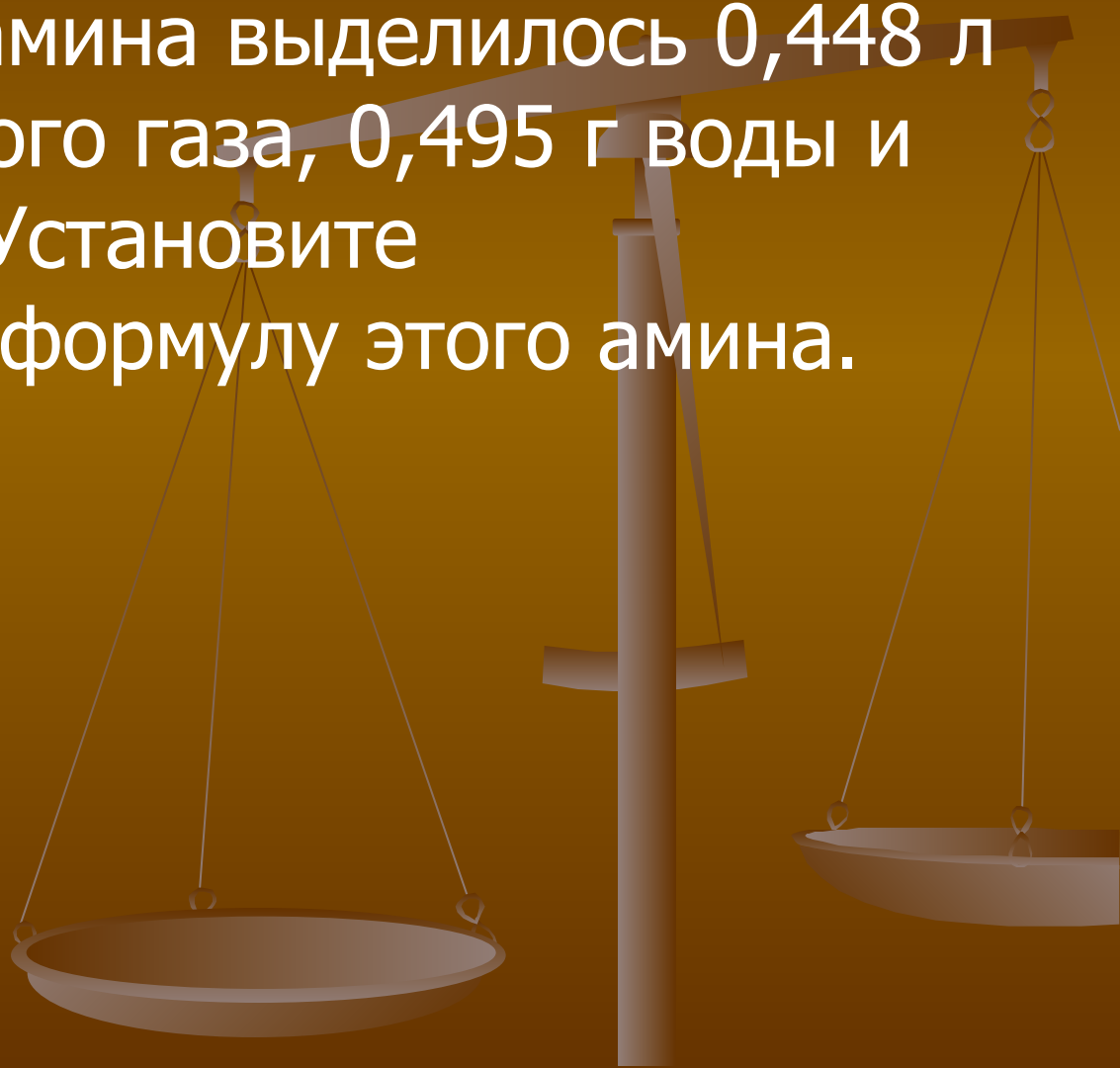
Составлено уравнение для расчёта числа атомов углерода в молекуле:

- $n(CuO) = n(C_n H_{2n} O)$
- $\frac{10}{80} = \frac{10,75}{14n+16}$ , откуда  $n=5$
- Определена формула спирта:
- $C_5 H_{11} OH$



## Задача 2 (С5)

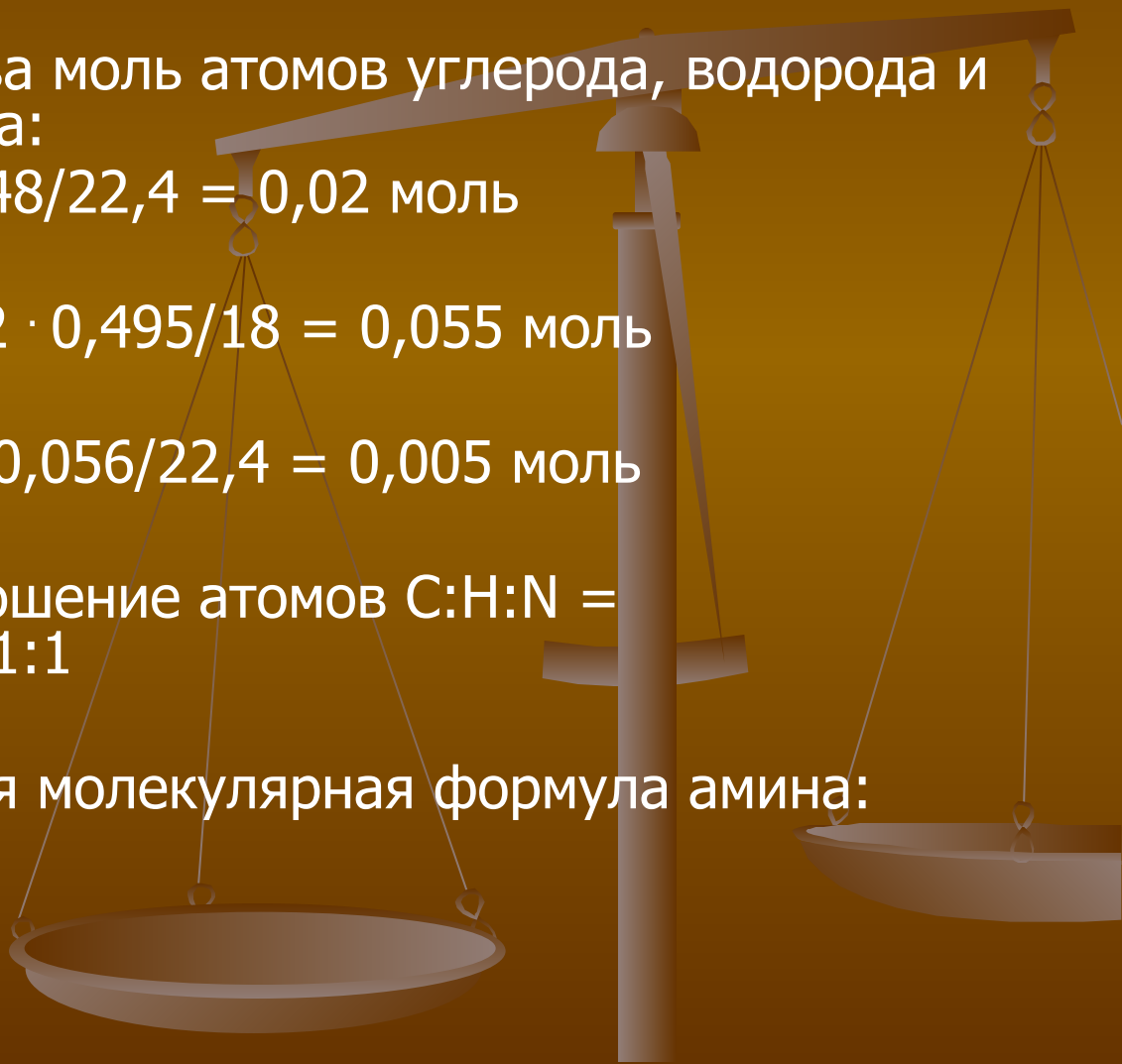
- При сгорании амина выделилось 0,448 л (н.у.) углекислого газа, 0,495 г воды и 0,056 л азота. Установите молекулярную формулу этого амина.





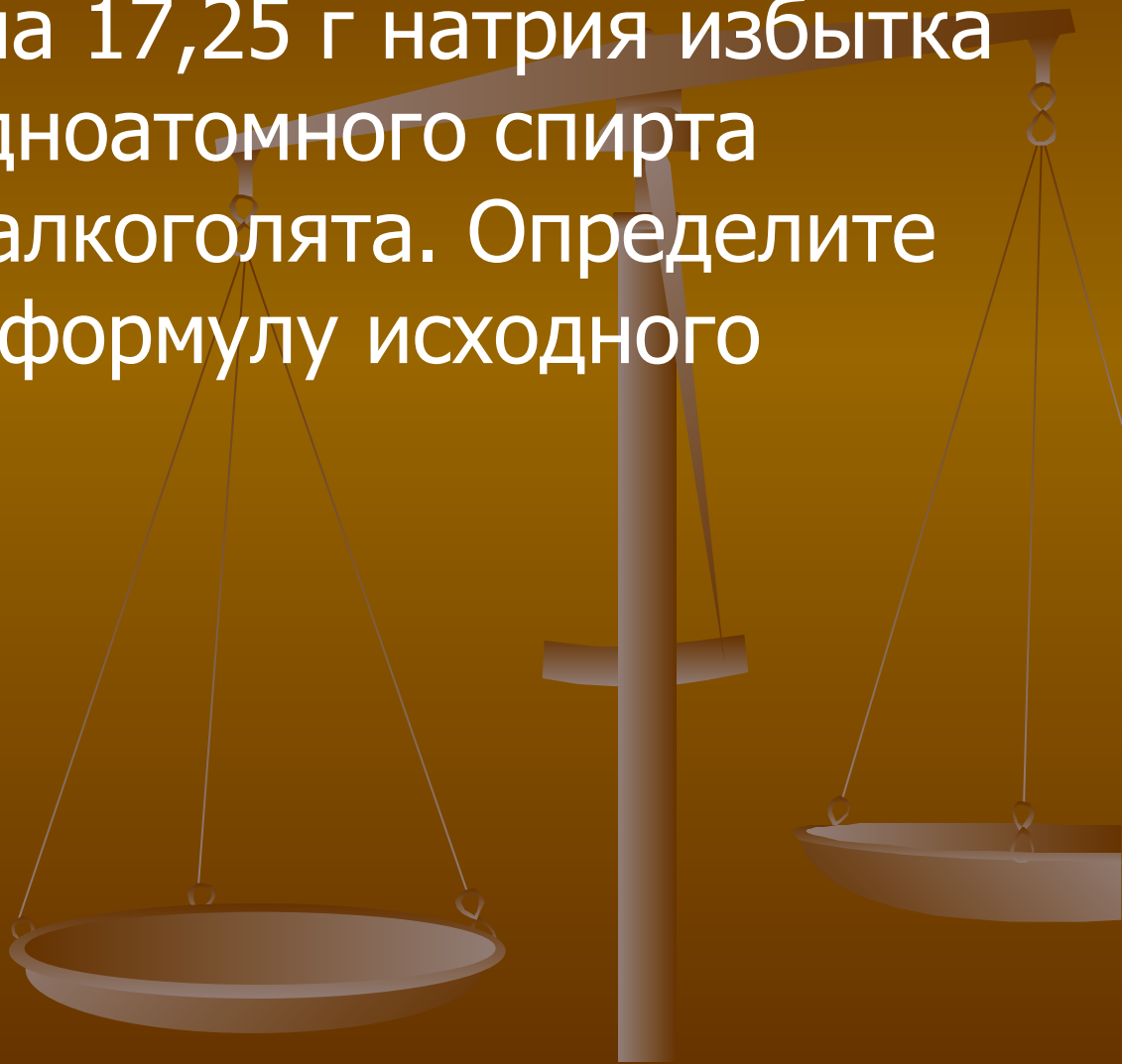
# Решение 2 (С5)

- Элементы ответа:
- рассчитаны количества молей атомов углерода, водорода и азота в навеске амина:
- $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,448/22,4 = 0,02$  моль
- $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,495/18 = 0,055$  моль
- $n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,056/22,4 = 0,005$  моль
- 2) установлено соотношение атомов C:H:N = 0,02:0,055:0,005 = 4:11:1
- определена истинная молекулярная формула амина:  
 $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$



# Задача 3

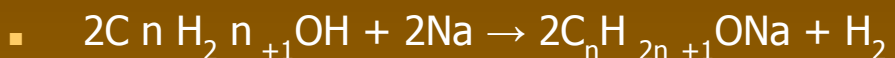
- При действии на 17,25 г натрия избытка предельного одноатомного спирта получили 51 г алкоголята. Определите молекулярную формулу исходного спирта



# Решение 3 (С5)

- Элементы ответа:

- 1) Приведено общее уравнение реакции:



- 2) Определена масса спирта, вступившего в реакцию:

- $n(Na) = \frac{17,25}{23} = 0,75$  моль

- $n(H_2) = 0,5 \cdot 0,75 = 0,375$  моль

- $m(H_2) = 0,75$  г

- $m(C_nH_{2n+1}OH) = 51 + 0,75 - 17,25 = 34,5$  г

- 3) Определена формула спирта:

- $n(C_nH_{2n+1}OH) = n(Na)$

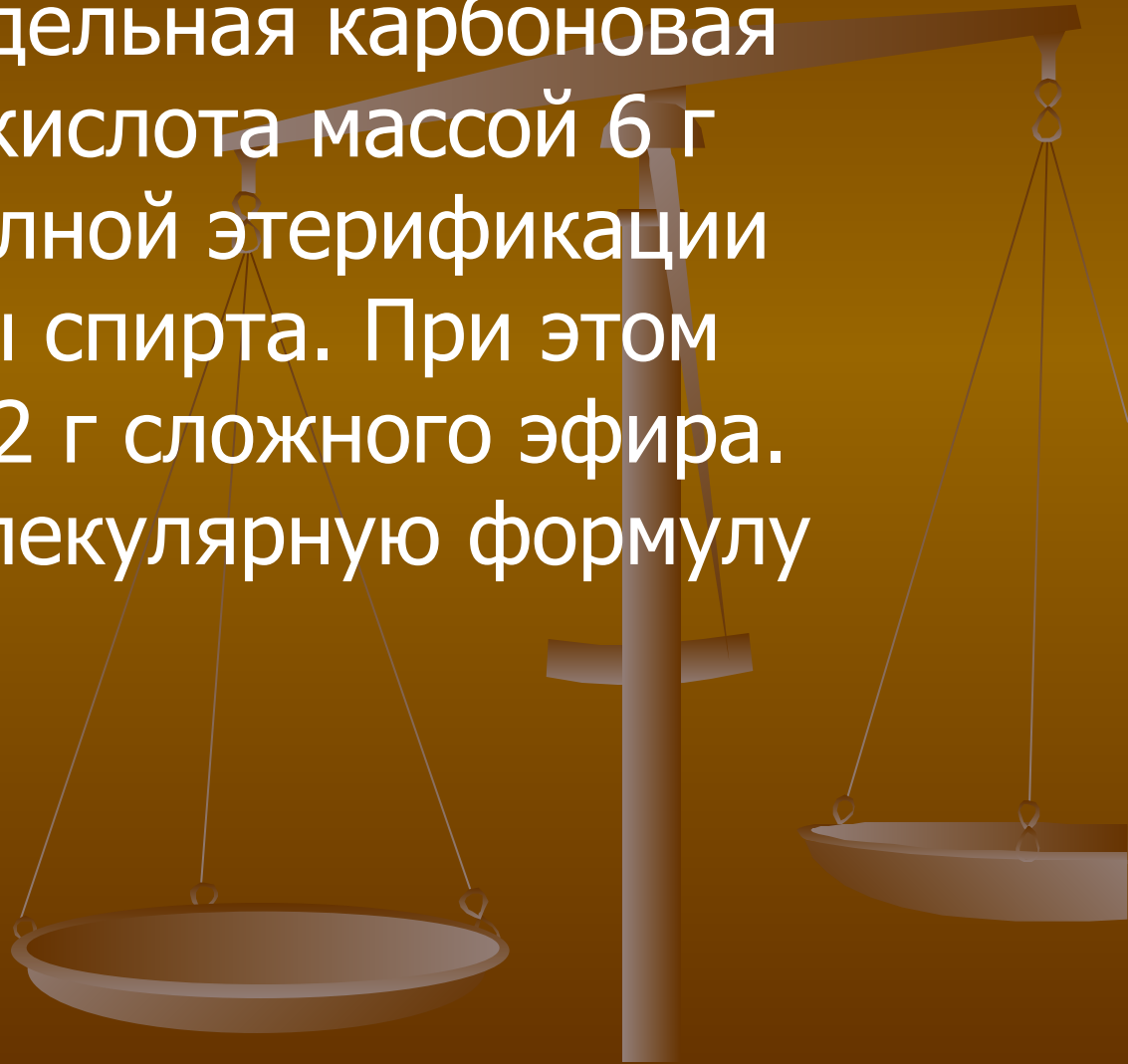
- $M(C_nH_{2n+1}OH) = \frac{34,5}{0,75} = 46$  г/моль

- $14n + 18 = 46 \quad n = 2 \quad C_2H_5OH$



# Задача №4

- Некоторая предельная карбоновая одноосновная кислота массой 6 г требует для полной этерификации такой же массы спирта. При этом получается 10,2 г сложного эфира. Установите молекулярную формулу кислоты.



# Решение 4 (С5)

- Элементы ответа:

- 1) записано уравнение реакции этерификации в общем виде, найдены масса и количество вещества воды:



- $m(\text{H}_2\text{O}) = (6 + 6) - 10,2 = 1,8 \text{ г}$  или  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1,8/18 = 0,1$  моль

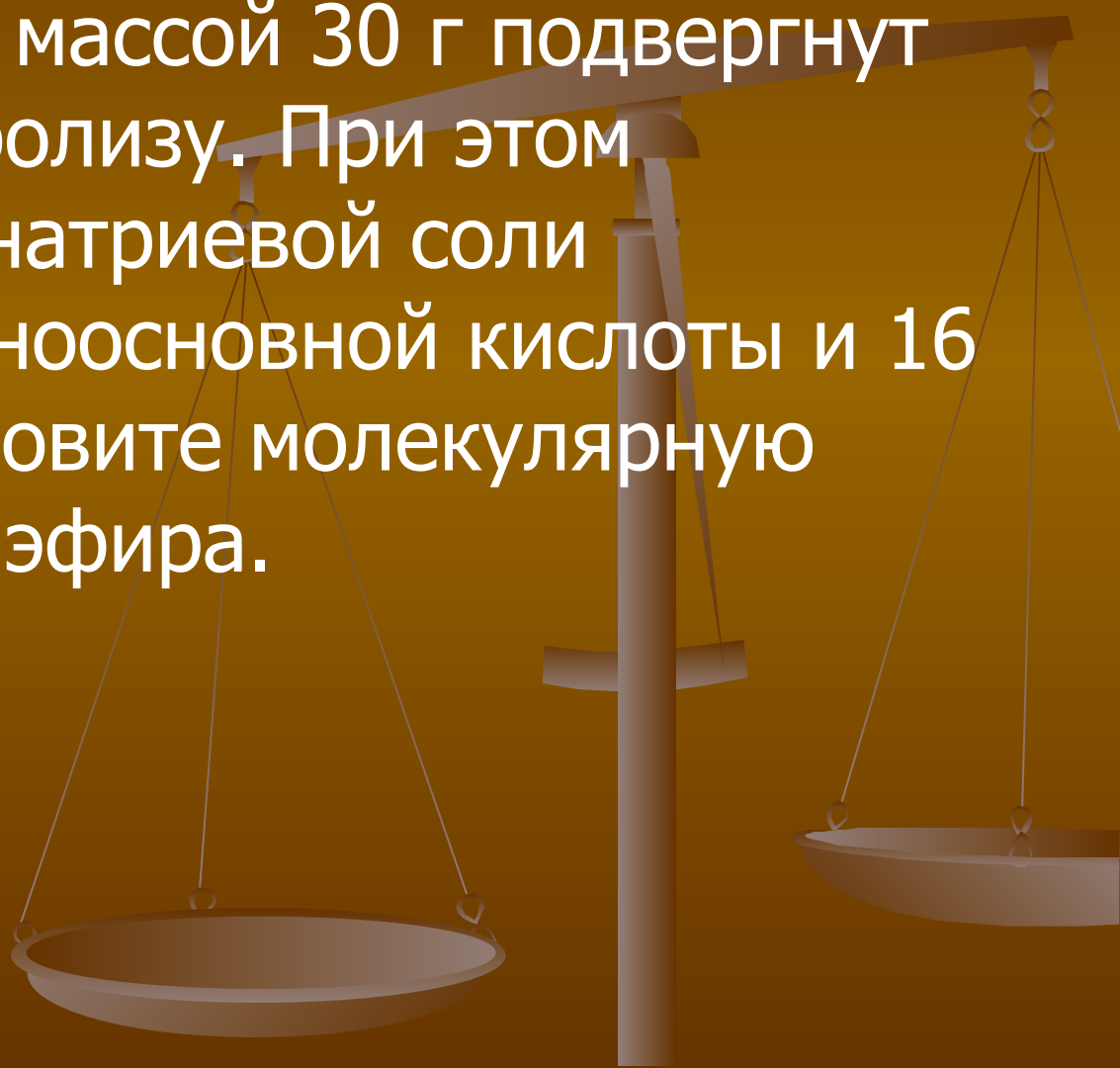
- 2) определена молярная масса кислоты и установлена формула кислоты:

из уравнения следует, что  $n(\text{RCOON}) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,1$  моль, тогда  $M(\text{RCOON}) = m/n = 6/0,1 = 60 \text{ г/моль}$

- формула кислоты -  $\text{CH}_3\text{COON}$

# Задача №5

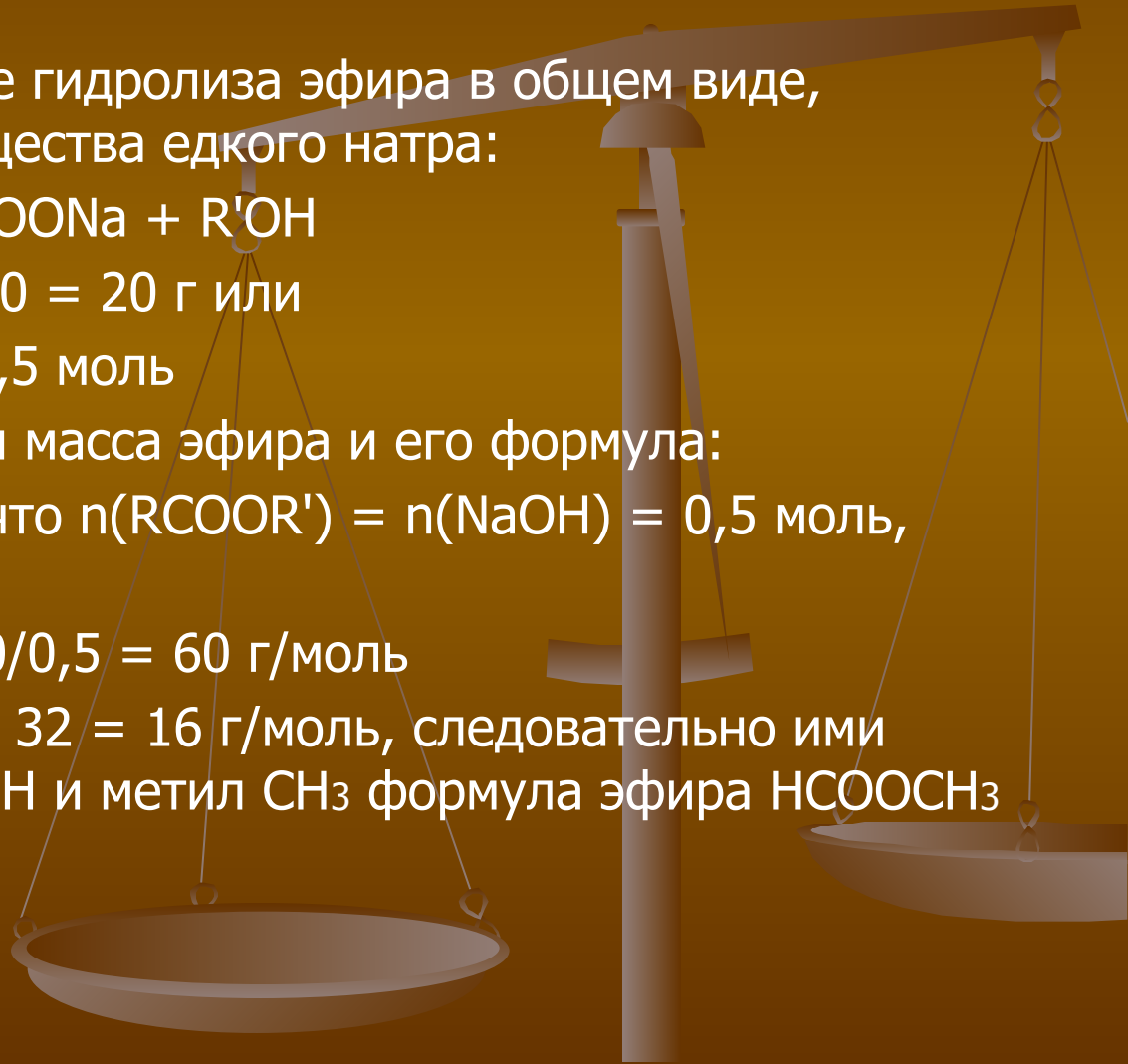
- Сложный эфир массой 30 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 34 г натриевой соли предельной одноосновной кислоты и 16 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.



# Решение №5

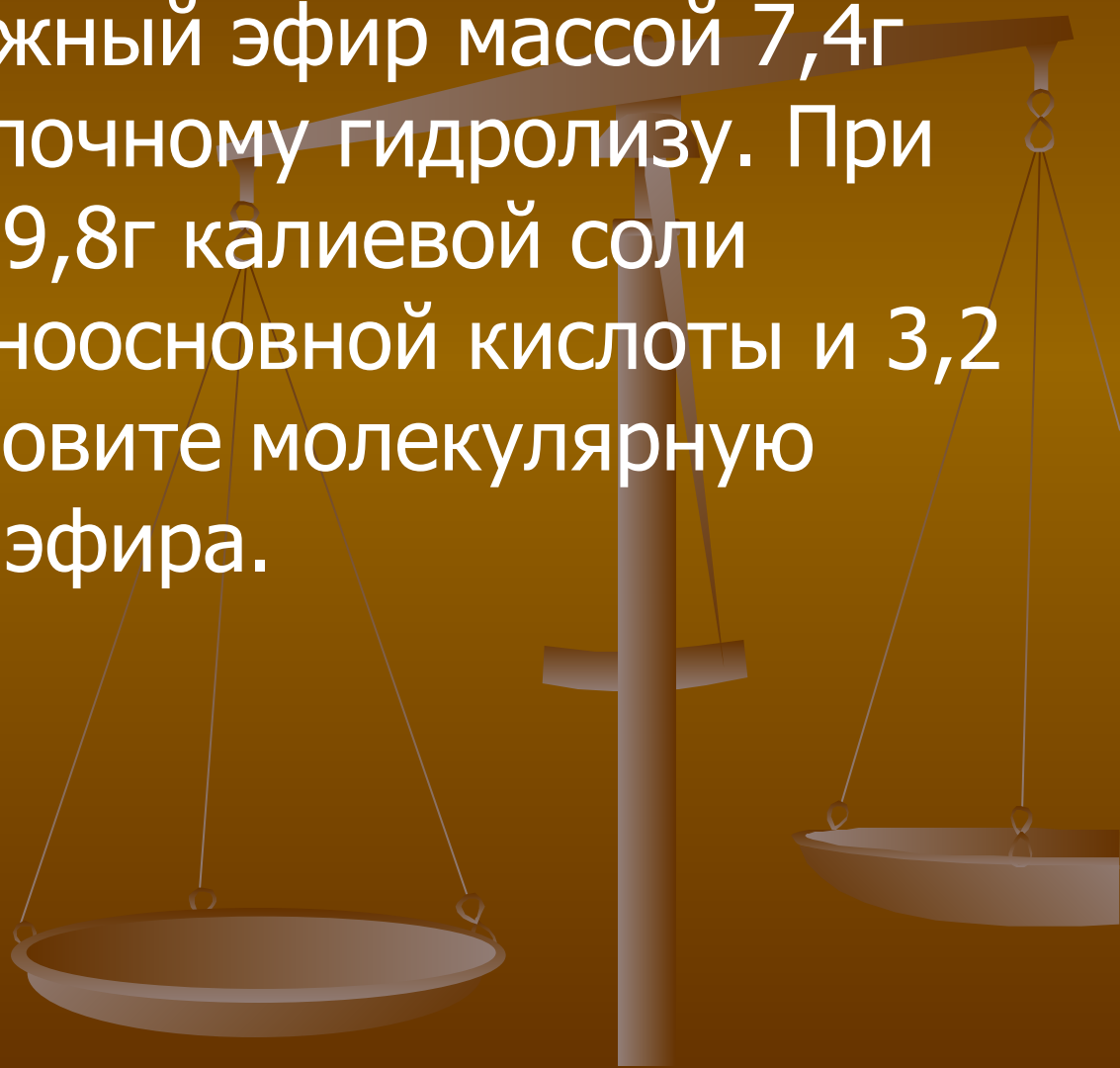
- Элементы ответа.
- 1) составлено уравнение гидролиза эфира в общем виде, найдено количество вещества едкого натра:  
$$\text{RCOOR}' + \text{NaOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{R}'\text{OH}$$
$$m(\text{NaOH}) = (34 + 16) - 30 = 20 \text{ г или}$$
$$n(\text{NaOH}) = 20/40 = 0,5 \text{ моль}$$
- 2) определена молярная масса эфира и его формула:  
из уравнения следует, что  $n(\text{RCOOR}') = n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль}$ , тогда  
$$M(\text{RCOOR}') = m/n = 30/0,5 = 60 \text{ г/моль}$$
$$M(\text{R}_1 + \text{R}_2) = 60 - 12 - 32 = 16 \text{ г/моль, следовательно ими}$$

могут быть только атом Н и метил  $\text{CH}_3$  формула эфира  $\text{HCOOCH}_3$



# Задача 5/1

- Некоторый сложный эфир массой 7,4г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 9,8г калиевой соли предельной одноосновной кислоты и 3,2 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.

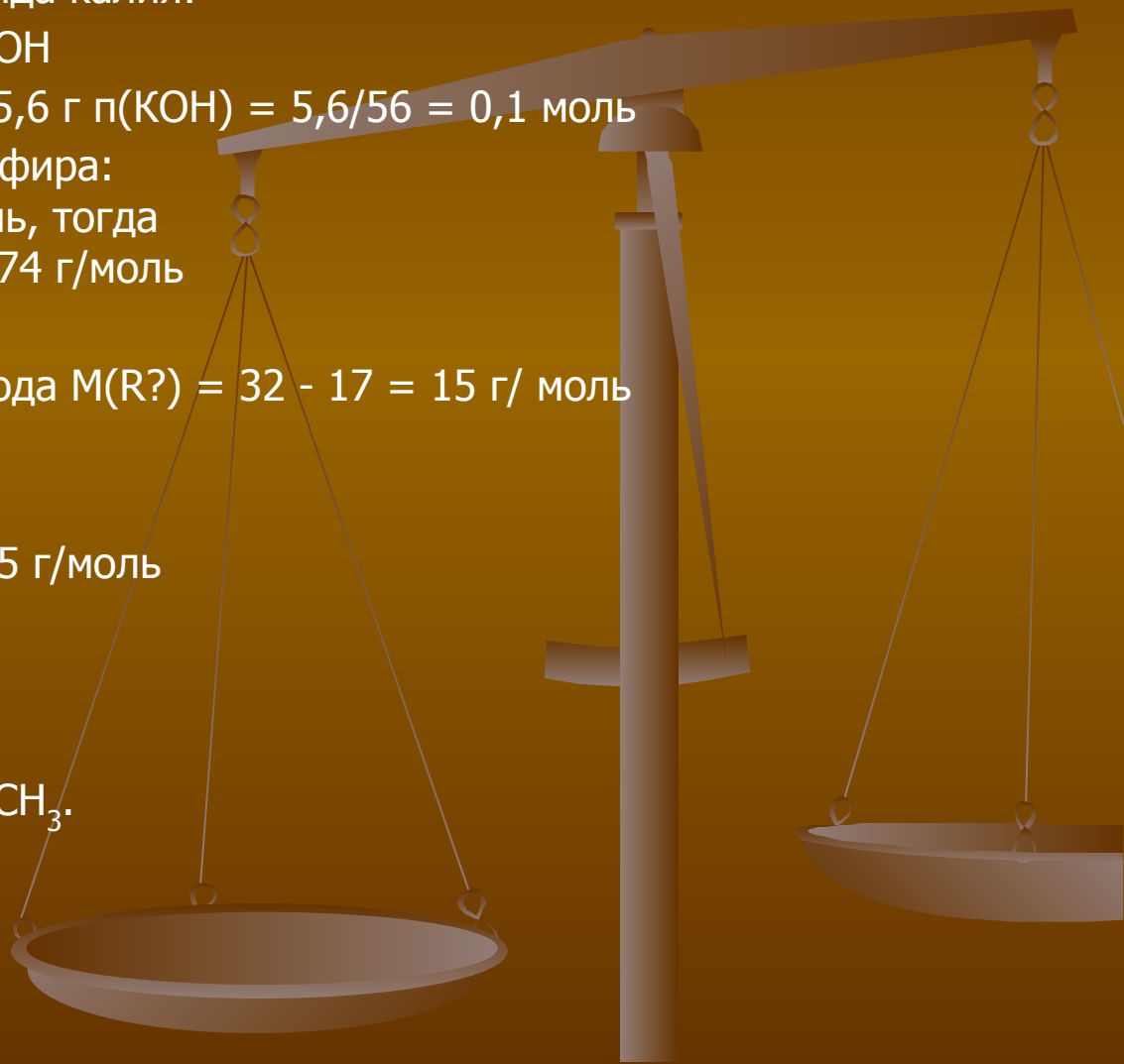




# Решение 5/1

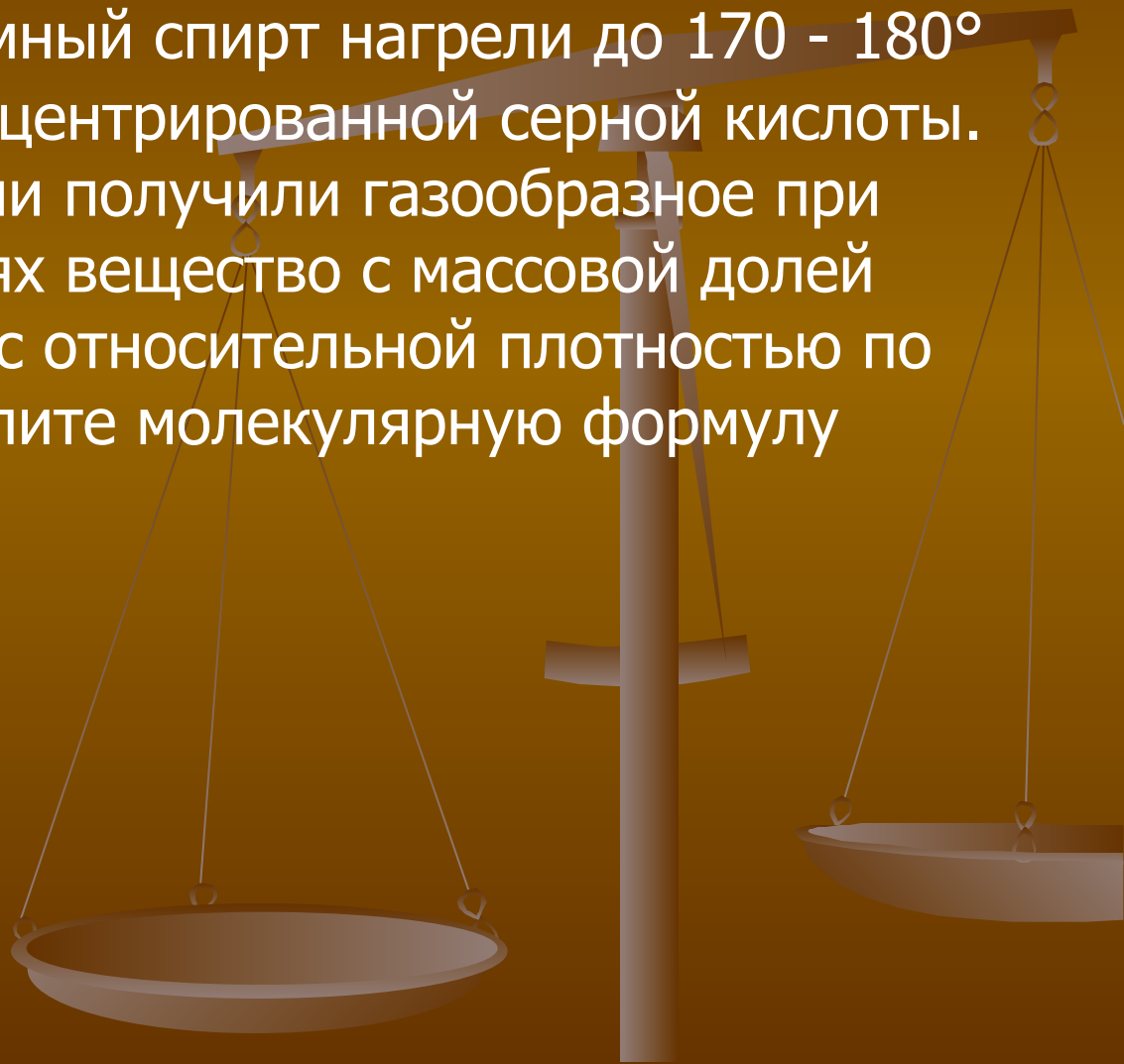
Составлено уравнение гидролиза эфира в общем виде и найдены масса и количество вещества гидроксида калия:

- $\text{RCOOR}' + \text{KOH} \rightarrow \text{RCOOK} + \text{R}'\text{OH}$
- $m(\text{KOH}) = (9,8 + 3,2) - 7,4 = 5,6 \text{ г}$   $n(\text{KOH}) = 5,6/56 = 0,1 \text{ моль}$
- Определена молярная масса эфира:  
 $n(\text{RCOOR}') = n(\text{KOH}) = 0,1 \text{ моль}$ , тогда  
 $M(\text{RCOOR}') = m/n = 7,4/0,1 = 74 \text{ г/моль}$
- Установлена формула эфира
- $M(\text{R}') = \frac{3,2}{0,1} = 32 \text{ г/ моль}$ , отсюда  $M(\text{R}') = 32 - 17 = 15 \text{ г/ моль}$
- радикал  $\text{R}' - \text{CH}_3$   
отсюда  $M(\text{R}) = 98 - 83 = 15 \text{ г/моль}$
- $M(\text{RCOOK}) = \frac{9,8}{0,1} = 98 \text{ г/моль}$ ,
- $\text{R} - \text{CH}_3$
- Следовательно, эфир  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ .



# Задача №6

Предельный одноатомный спирт нагрели до  $170 - 180^\circ\text{C}$  в присутствии концентрированной серной кислоты. В результате реакции получили газообразное при нормальных условиях вещество с массовой долей водорода  $14,29\%$  и с относительной плотностью по гелию  $10,5$ . Определите молекулярную формулу исходного спирта.



# Решение №6

- Элементы ответа:

Приведено общее уравнение реакции и подтверждено, что образуется именно алкен:



- В алкене  $\omega(H) = \frac{2n}{14n} = 14,29\%$  (что отвечает условию)

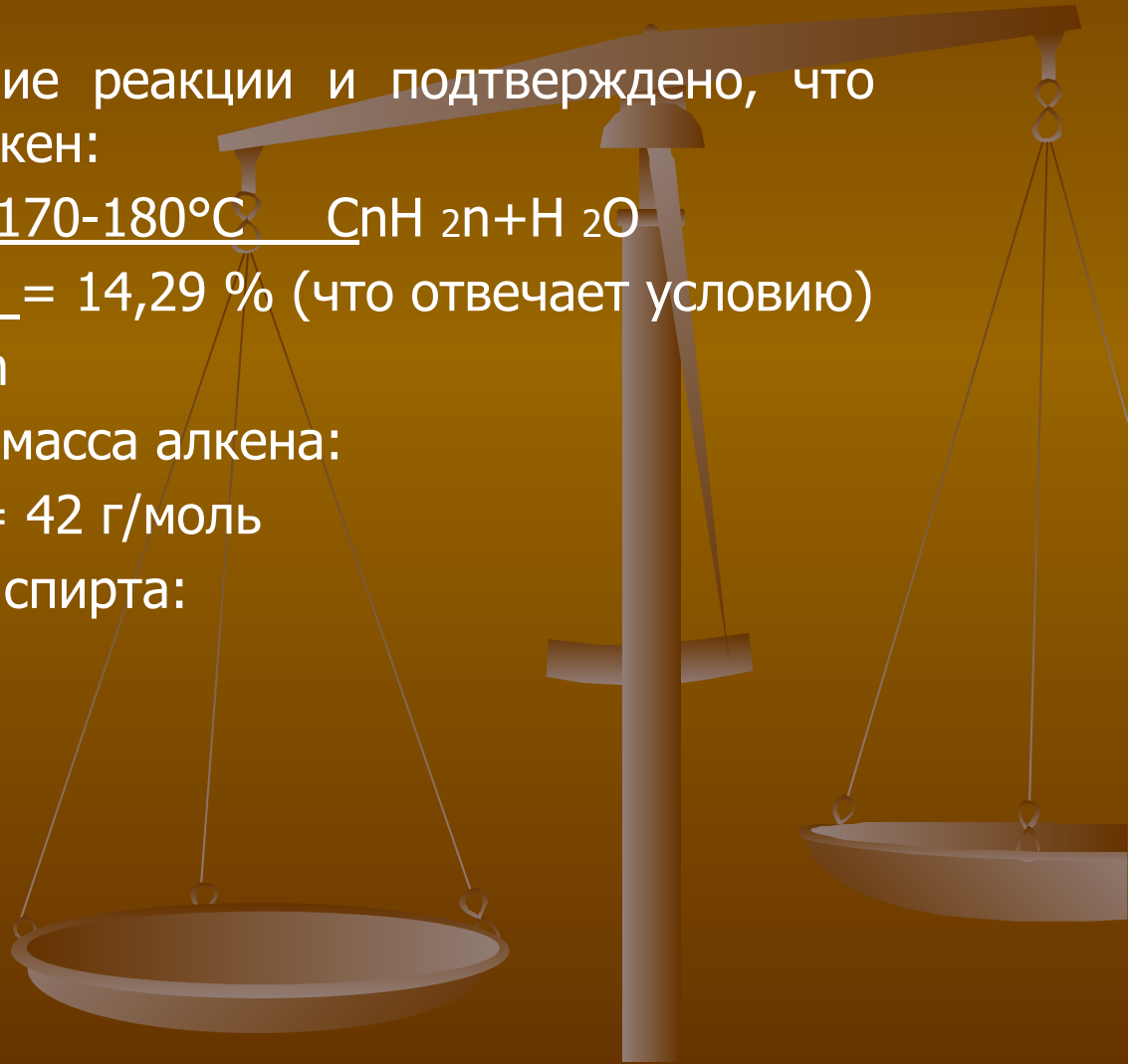
- Рассчитана молярная масса алкена:

$$M(C_nH_{2n}) = 10,5 \times 4 = 42 \text{ г/моль}$$

- Определена формула спирта:

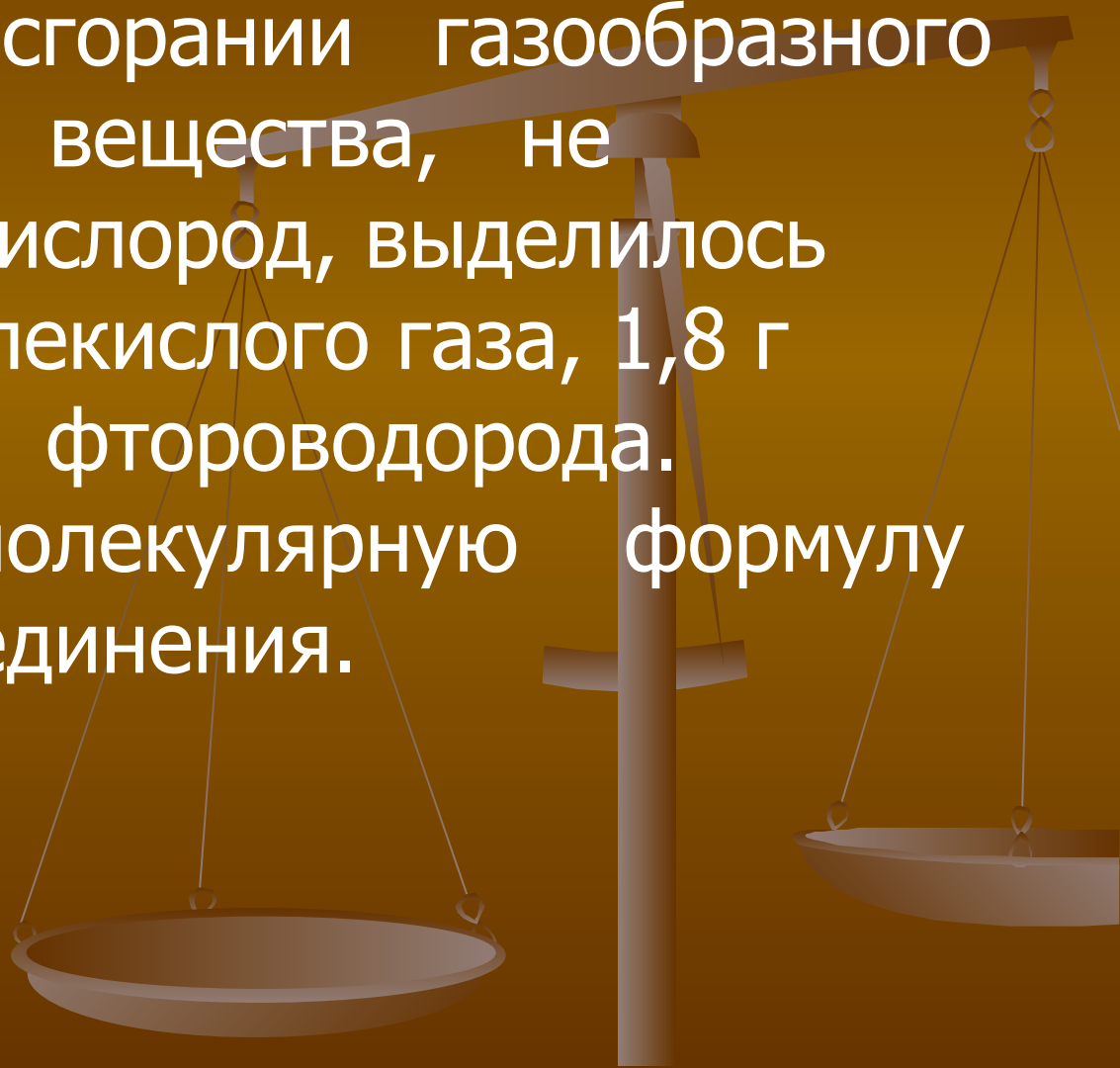
$$M = 12n + 2n = 42$$

$$n = 3$$



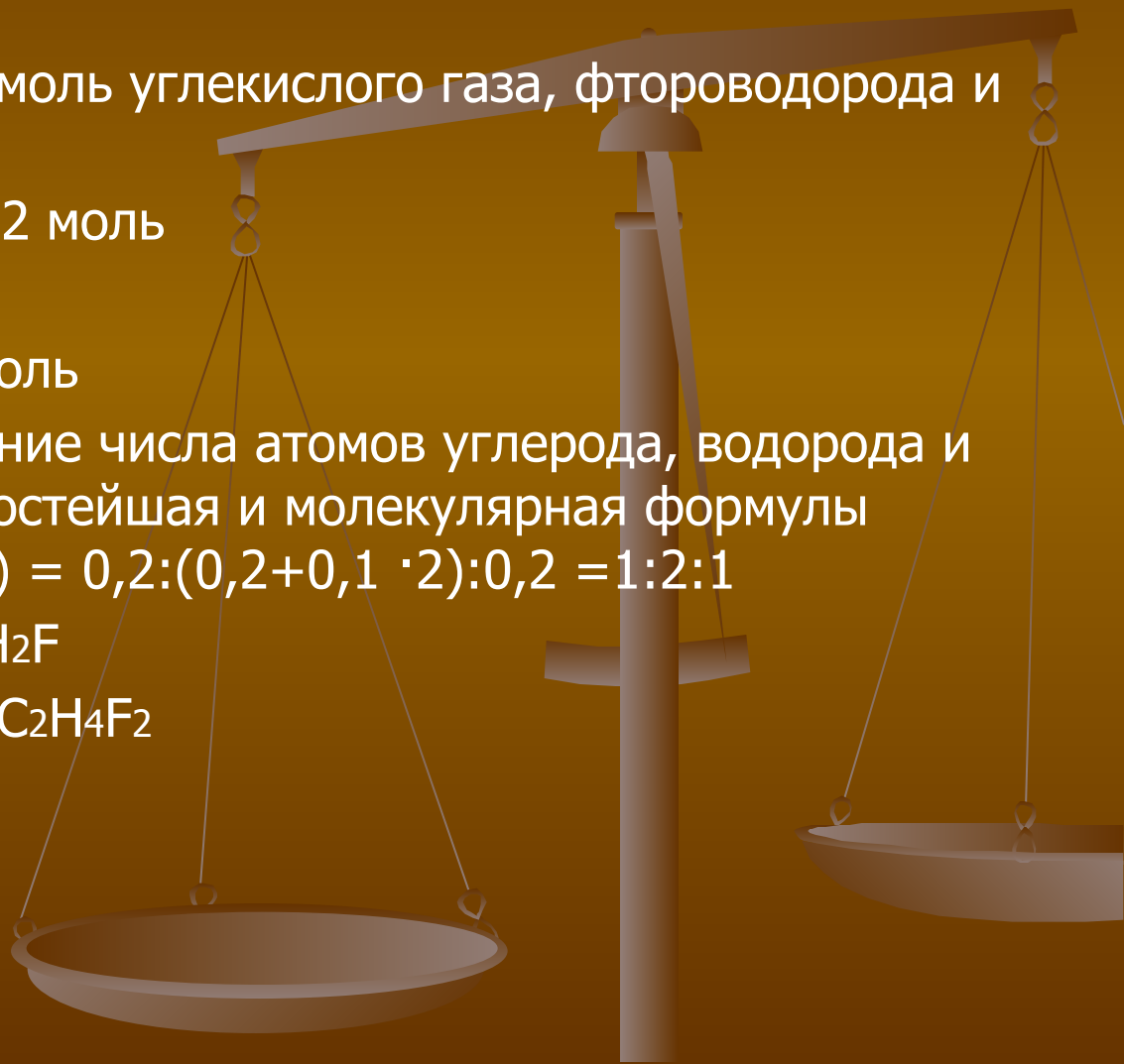
# Задача №7

- При полном сгорании газообразного органического вещества, не содержащего кислород, выделилось 4,48 л (н.у.) углекислого газа, 1,8 г воды и 4 г фтороводорода. Определите молекулярную формулу сгоревшего соединения.



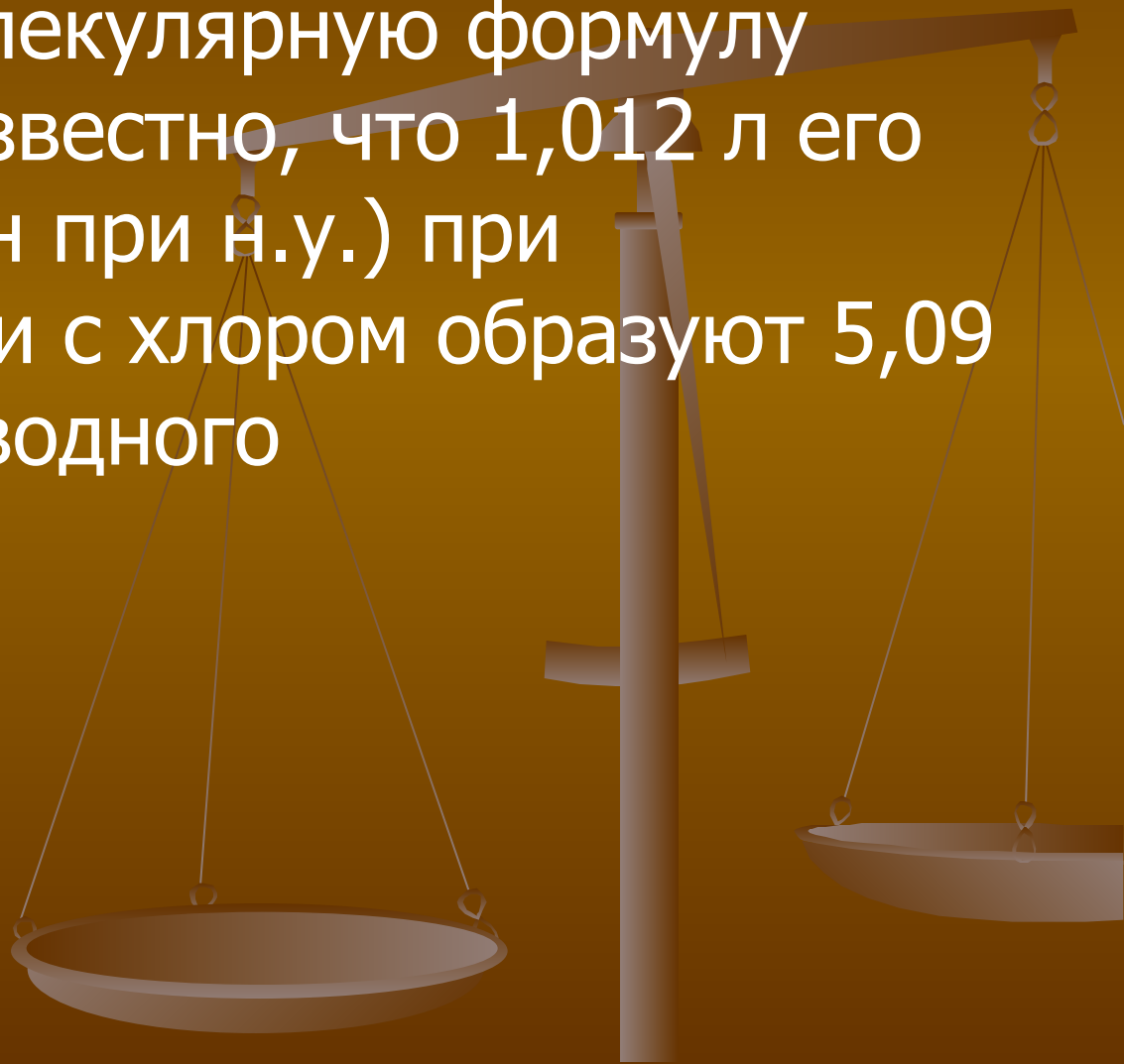
# Решение № 7

- Элементы ответа:
- 1) Найдены количества моль углекислого газа, фтороводорода и воды:
  - $n(\text{CO}_2) = 4,48/22,4 = 0,2$  моль
  - $n(\text{HF}) = 4/20 - 0,2$  моль
  - $n(\text{H}_2\text{O}) = 1,8/18 = 0,1$  моль
- 2) Рассчитано соотношение числа атомов углерода, водорода и фтора и определены простейшая и молекулярная формулы вещества:  $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{F}) = 0,2:(0,2+0,1 \cdot 2):0,2 = 1:2:1$
- простейшая формула  $\text{CH}_2\text{F}$
- молекулярная формула  $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$



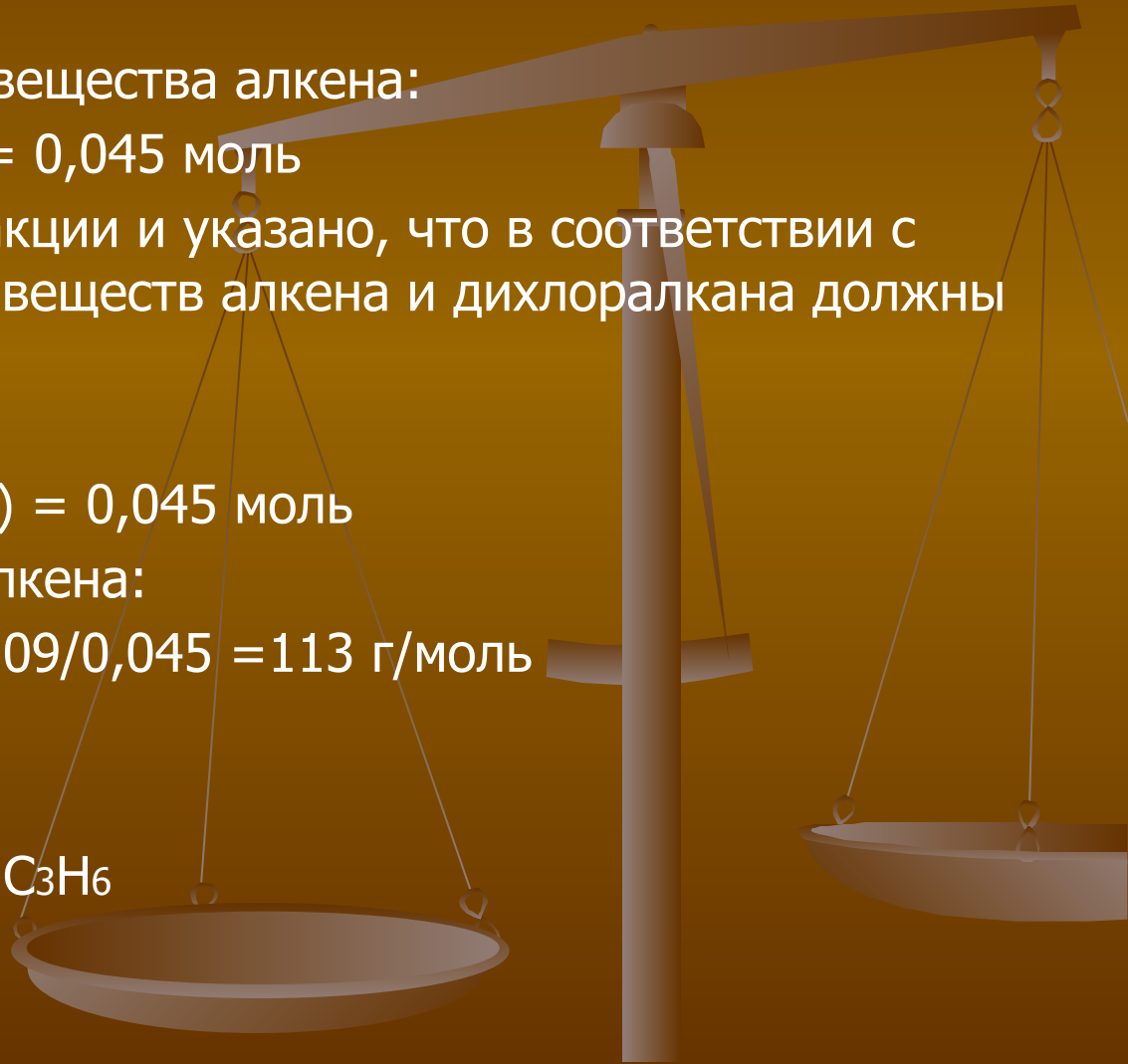
# Задача №8

- Установите молекулярную формулу алкена, если известно, что 1,012 л его (объем измерен при н.у.) при взаимодействии с хлором образуют 5,09 г дихлорпроизводного



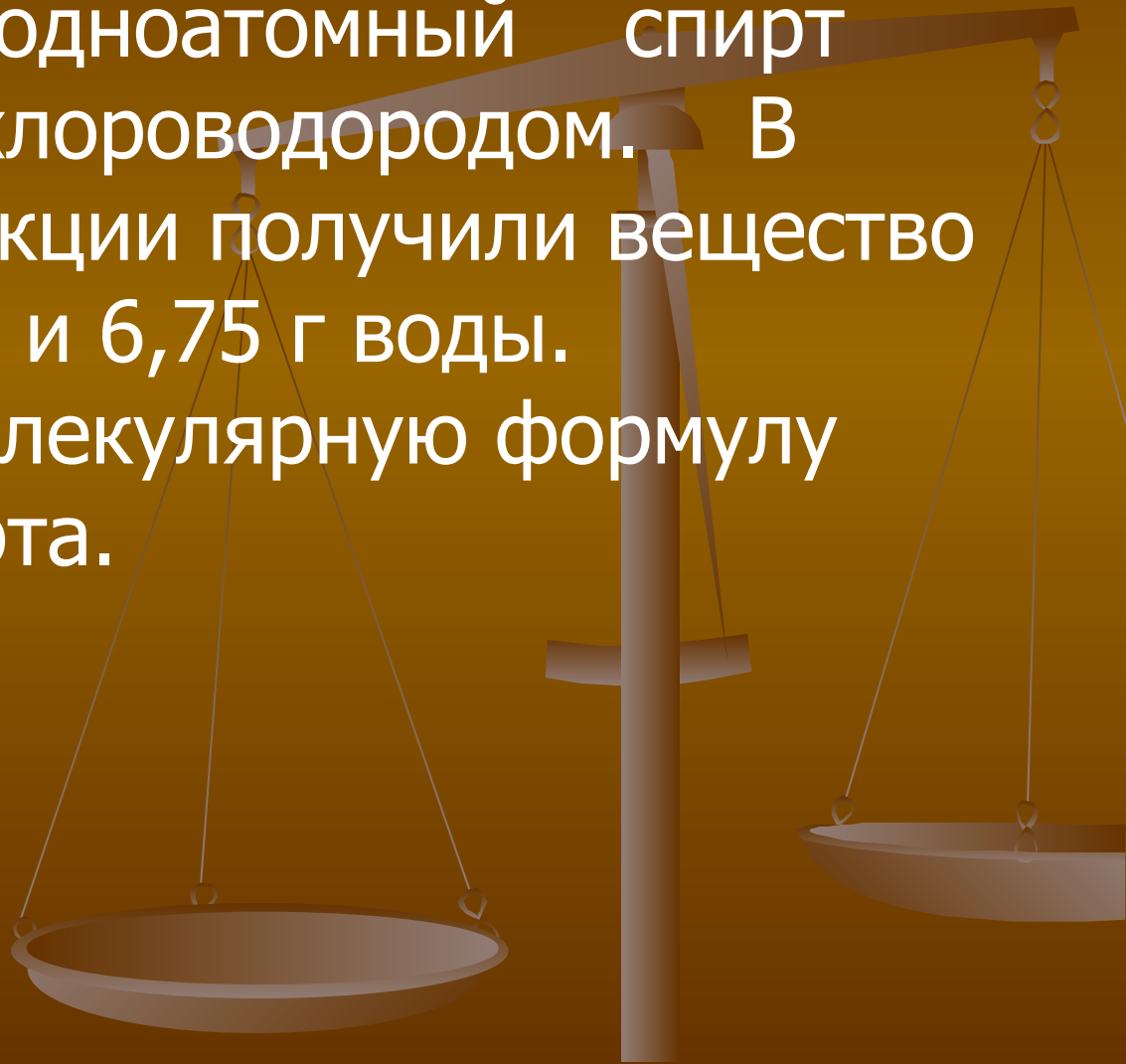
# Решение №8

- Элементы ответа:
- Рассчитано количество вещества алкена:
- $n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 1,012/22,4 = 0,045$  моль
- Записано уравнение реакции и указано, что в соответствии с уравнением количества веществ алкена и дихлоралкана должны быть равны:
- $\text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2$
- $n(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2) = n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0,045$  моль
- Установлена формула алкена:
- $M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2) = m/n = 5,09/0,045 = 113$  г/моль
- $12n + 2n + 71 = 113$
- $n = 3$
- Молекулярная формула  $\text{C}_3\text{H}_6$



# Задача №9

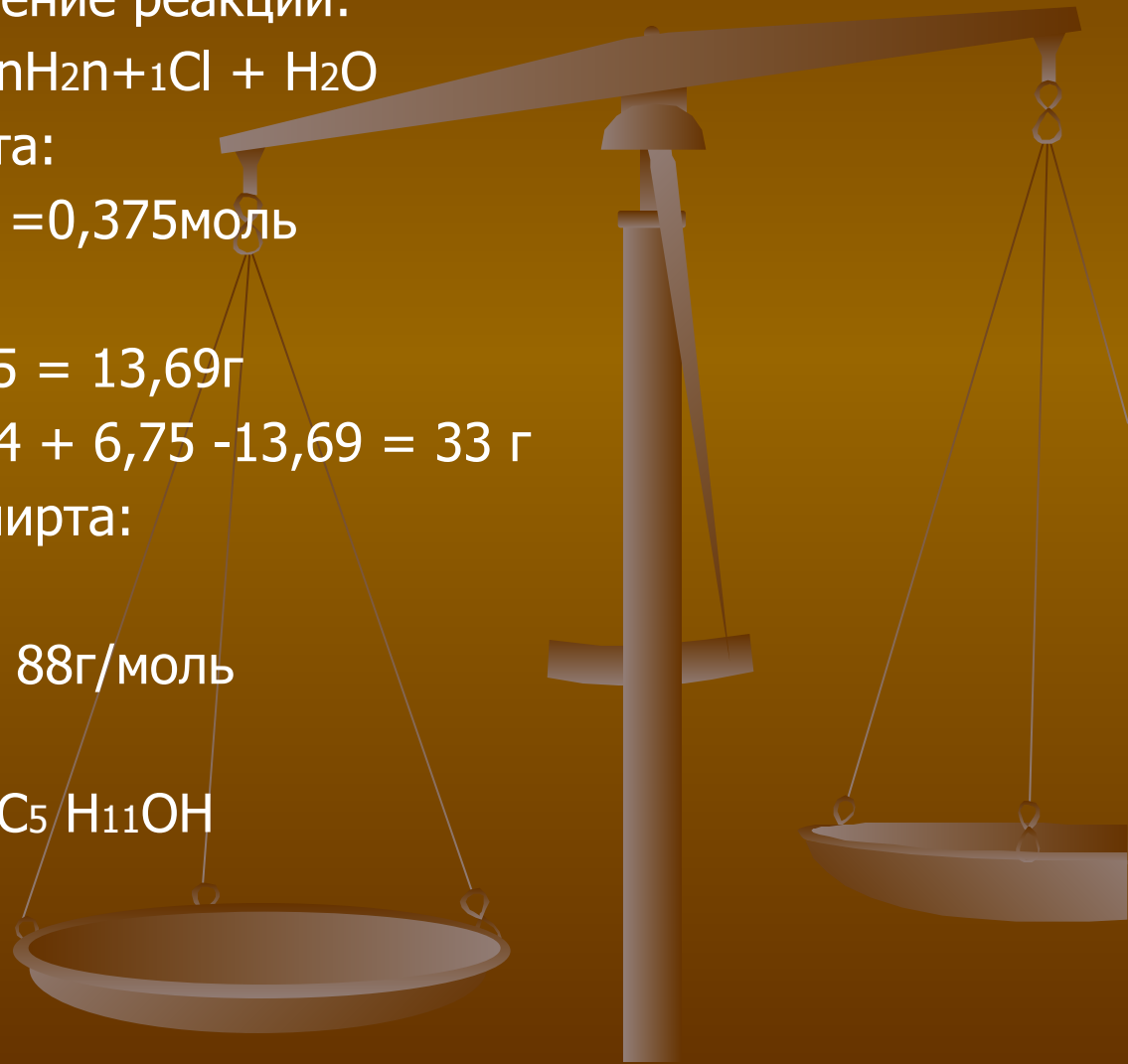
- Предельный одноатомный спирт обработали хлороводородом. В результате реакции получили вещество массой 39,94 г и 6,75 г воды. Определите молекулярную формулу исходного спирта.





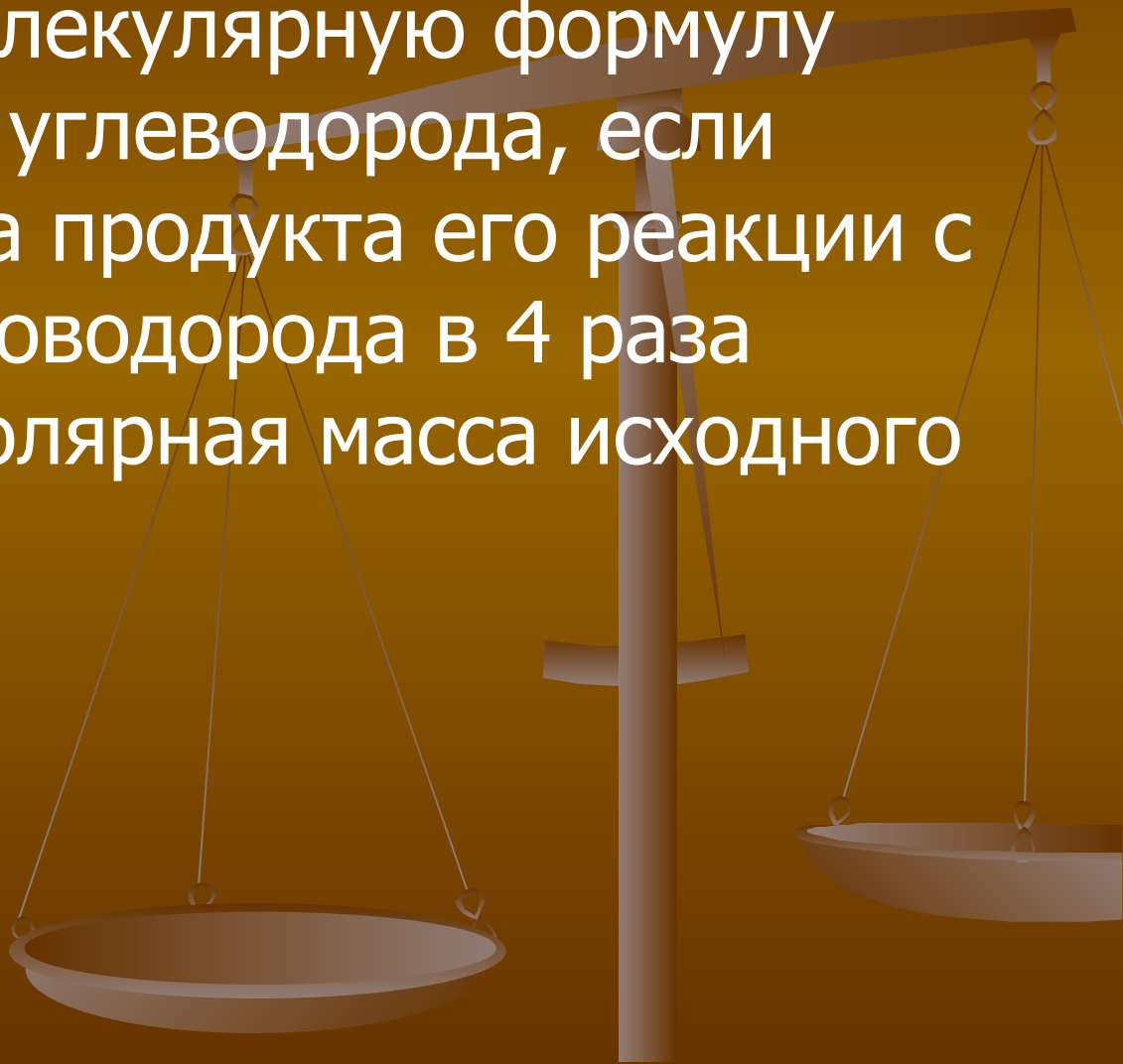
# Решение №9

- Элементы ответа:
- Приведено общее уравнение реакции:  
$$C_nH_{2n+2}O + HCl \rightarrow C_nH_{2n+1}Cl + H_2O$$
- Определена масса спирта:  
$$n(H_2O) = n(HCl) = \frac{6,75}{18} = 0,375 \text{ моль}$$
  
$$m(HCl) = 0,375 \cdot 36,5 = 13,69 \text{ г}$$
- $m(C_nH_{2n+1}OH) = 39,94 + 6,75 - 13,69 = 33 \text{ г}$
- Определена формула спирта:
- $n(C_nH_{2n+1}OH) = n(HCl)$
- $M(C_nH_{2n+1}OH) = \frac{33}{0,375} = 88 \text{ г/моль}$
- $14n + 18 = 88 \quad n = 5 \quad C_5H_{11}OH$



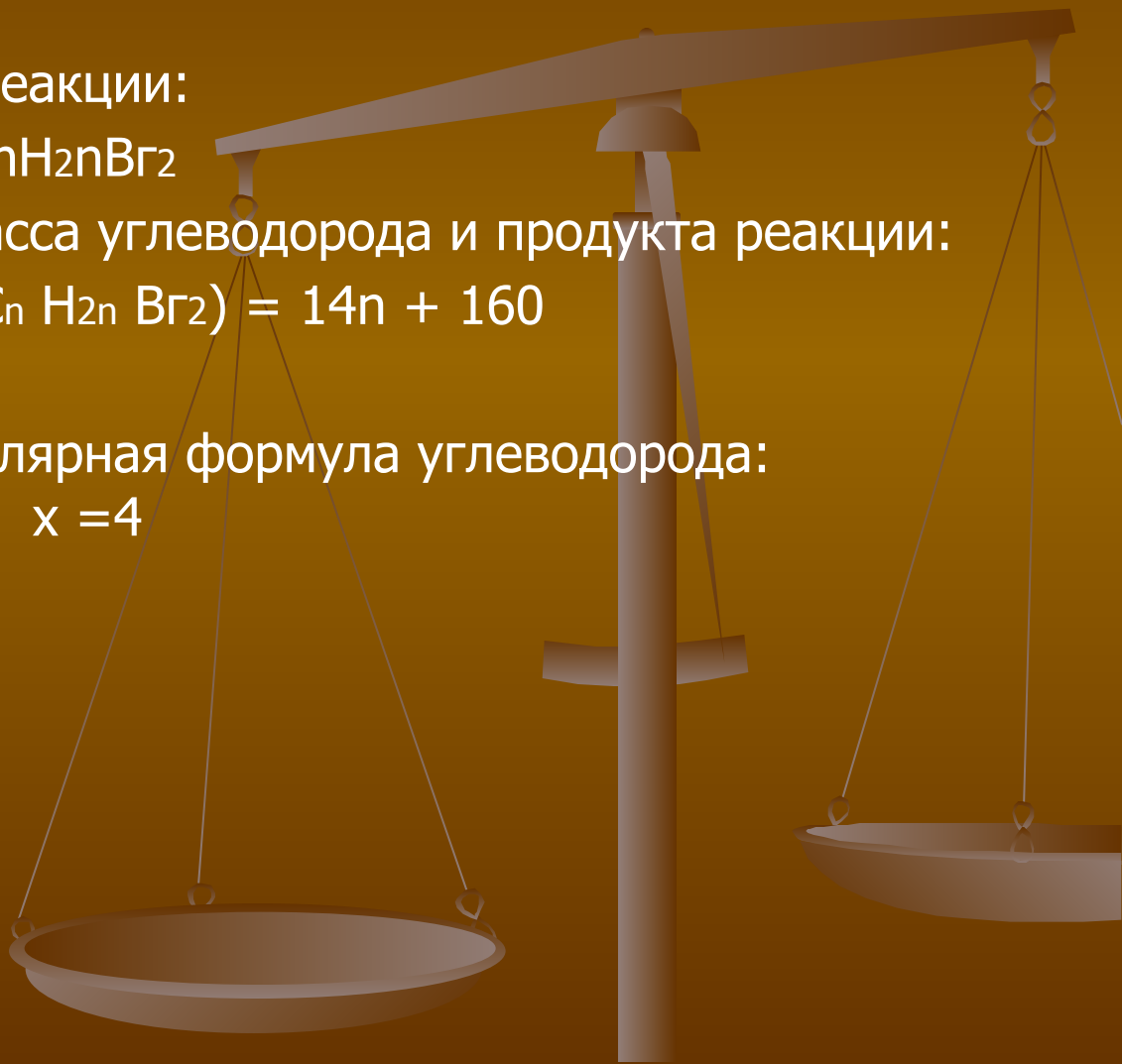
# Задача №10

- Определите молекулярную формулу ацетиленового углеводорода, если молярная масса продукта его реакции с избытком бромоводорода в 4 раза больше, чем молярная масса исходного углеводорода.



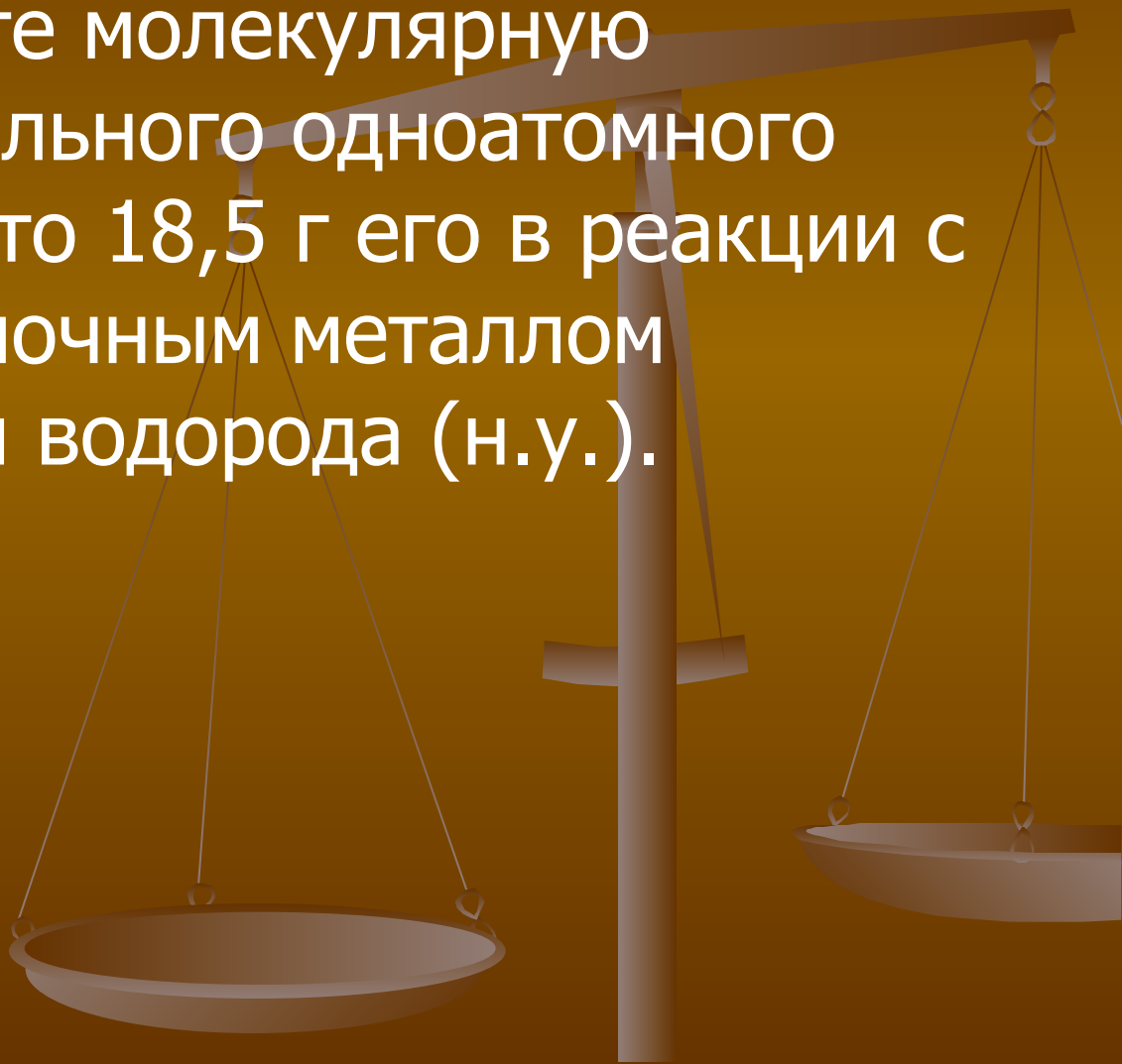
# Решение №10

- Элементы ответа:
- Составлено уравнение реакции:  
$$\text{C}_n\text{H}_{2n-2} + 2\text{HBr} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2$$
- Рассчитана молярная масса углеводорода и продукта реакции:
- $M(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = 14n-2$ ;  $M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = 14n + 160$
- 3) Установлена молекулярная формула углеводорода:  
 $(14n+160)/(14n-2) = 4, \quad x = 4$
- Формула:  $\text{C}_4\text{H}_6$



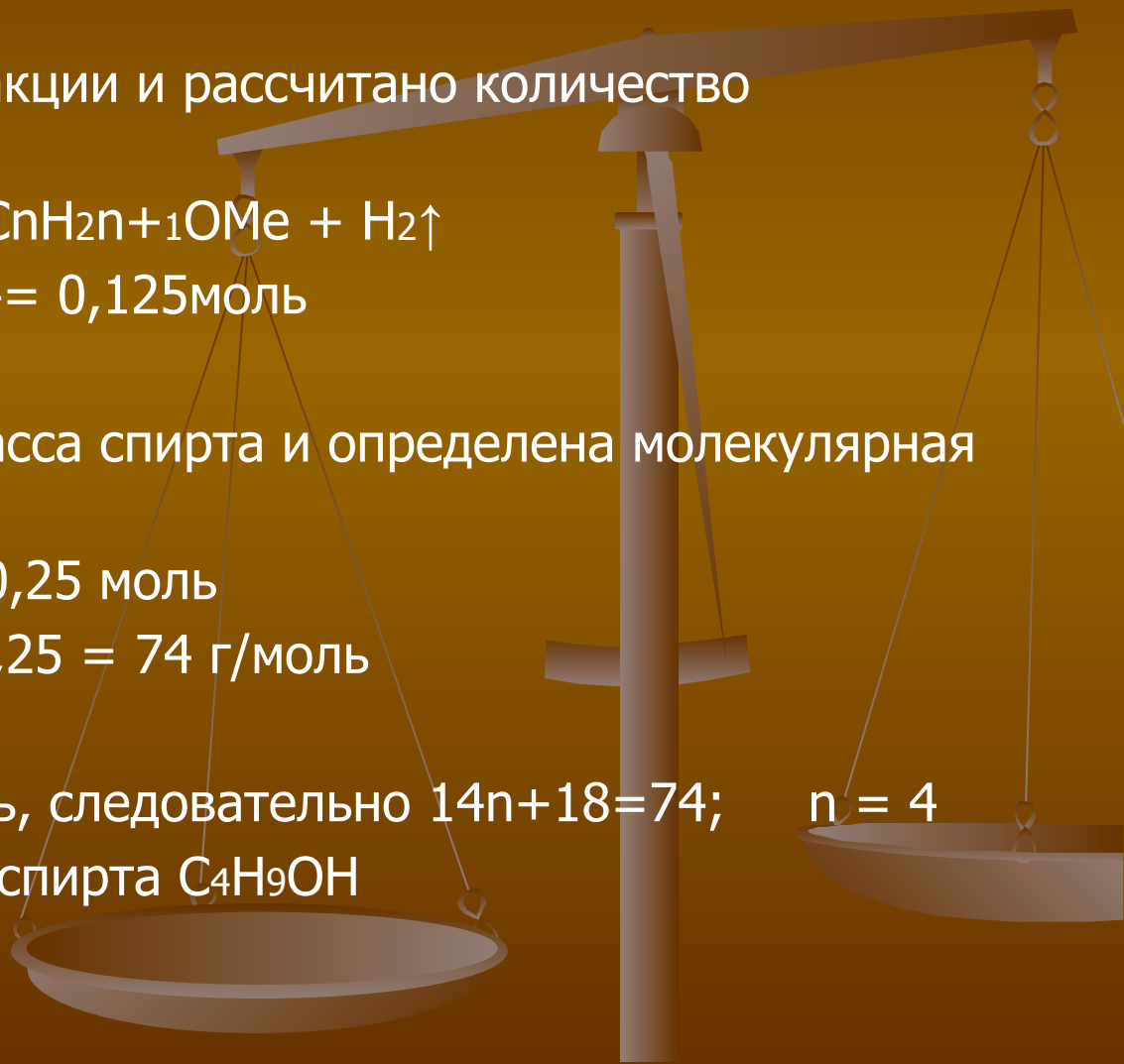
# Задача №11

- **C5** Определите молекулярную формулу предельного одноатомного спирта, зная, что 18,5 г его в реакции с некоторым щелочным металлом выделяют 2,8 л водорода (н.у.).



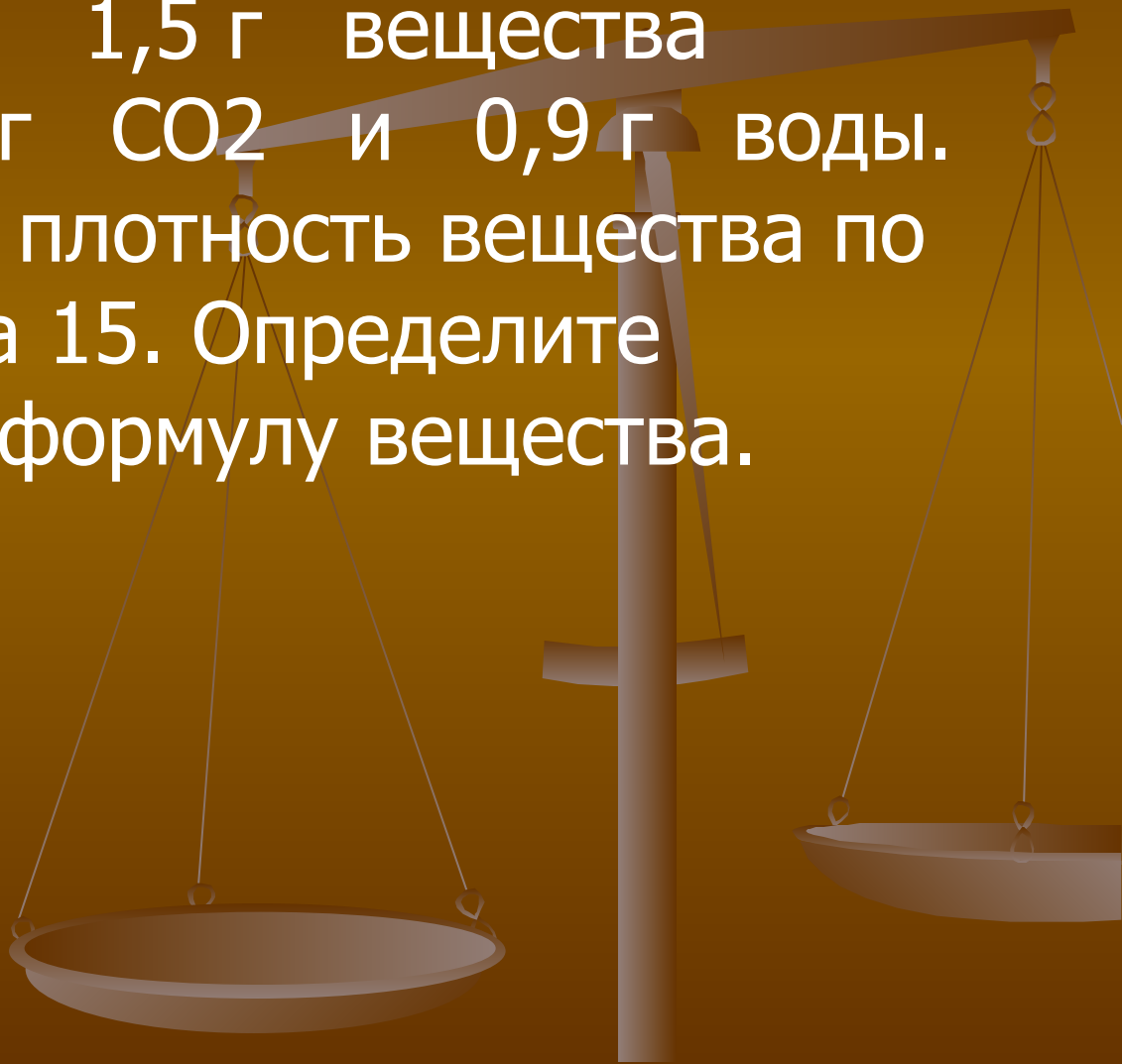
# Решение №11

- Элементы ответа:
- Записано уравнение реакции и рассчитано количество водорода:
- $2C_nH_{2n+1}OH + 2Me \rightarrow 2C_nH_{2n+1}OMe + H_2\uparrow$
- $v(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m} = 2,8/22,4 = 0,125 \text{ моль}$
- Рассчитана молярная масса спирта и определена молекулярная формула спирта:
- $v(\text{спирта}) = 2 \cdot v(H_2) = 0,25 \text{ моль}$
- $M(\text{спирта}) = \frac{m}{v} = 18,5/0,25 = 74 \text{ г/моль}$
- $M(C_nH_{2n+1}OH) = 74 \text{ г/моль}$ , следовательно  $14n + 18 = 74$ ;  $n = 4$
- молекулярная формула спирта  $C_4H_9OH$



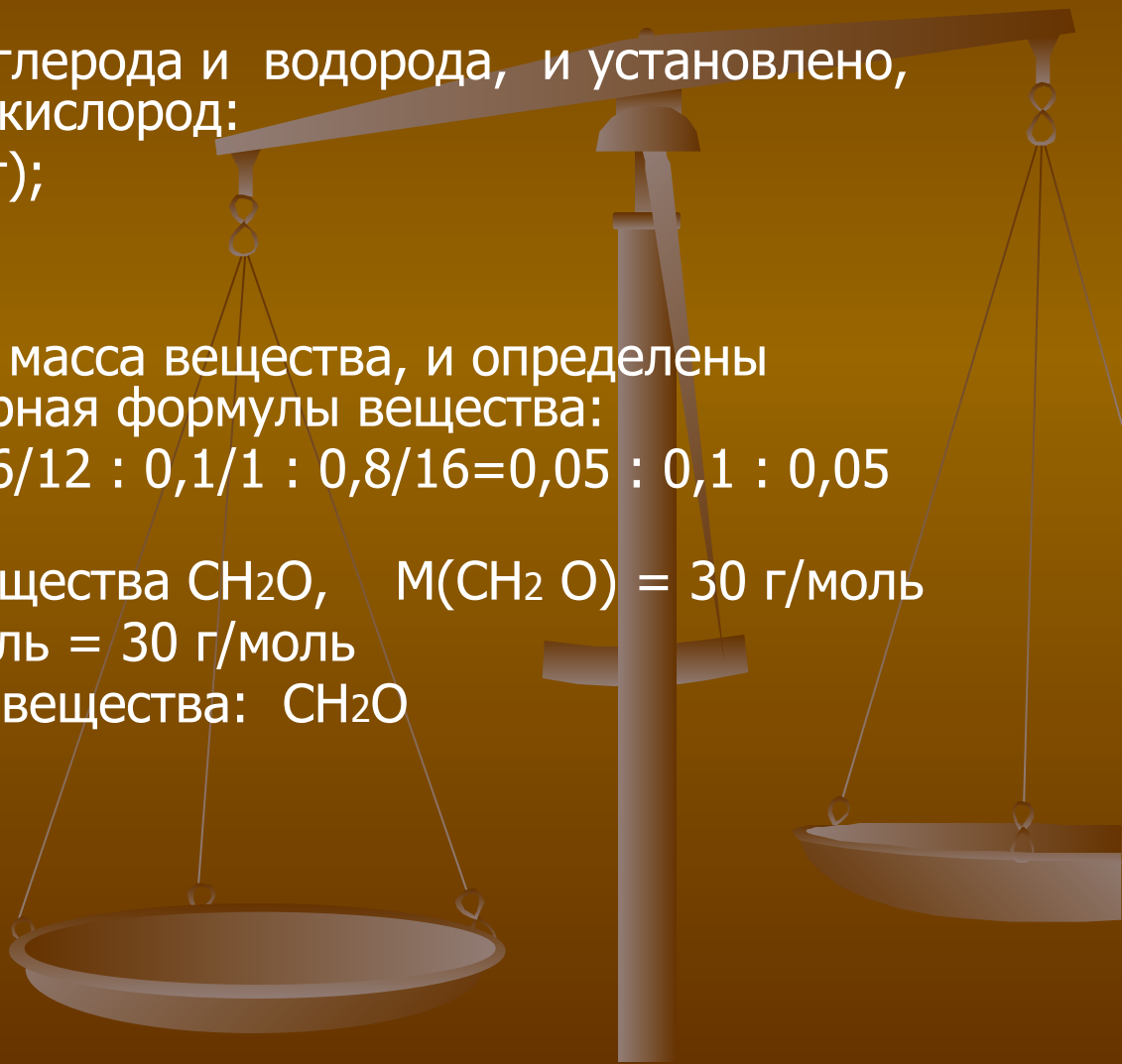
# Задача №12

- При сжигании 1,5 г вещества получили 2,2 г  $\text{CO}_2$  и 0,9 г воды. Относительная плотность вещества по водороду равна 15. Определите молекулярную формулу вещества.



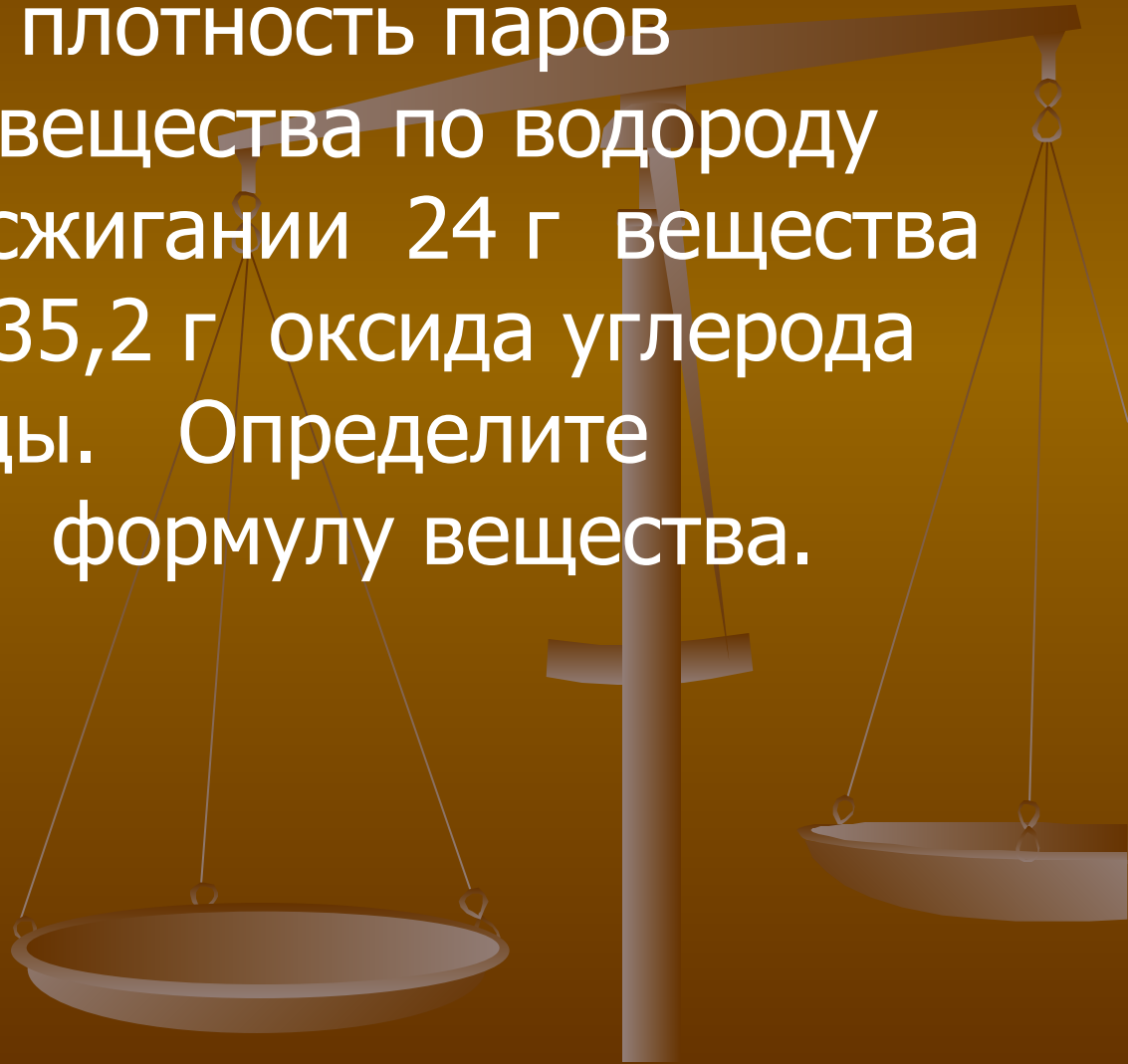
# Решение 12

- Элементы ответа:
- 1) Рассчитаны массы углерода и водорода, и установлено, что вещество содержит кислород:
- $n(\text{C}) = 2,2/44 - 12 = 0,6 \text{ (г)}$ ;
- $m(\text{H}) = 0,9/18 - 2 = 0,1 \text{ (г)}$
- $m(\text{O}) = 1,5 - 0,7 = 0,8 \text{ (г)}$
- 2) Рассчитана молярная масса вещества, и определены простейшая и молекулярная формулы вещества:
- $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,6/12 : 0,1/1 : 0,8/16 = 0,05 : 0,1 : 0,05 = 1:2:1$
- простейшая формула вещества  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $M(\text{CH}_2\text{O}) = 30 \text{ г/моль}$
- $M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 15 \cdot 2 \text{ г/моль} = 30 \text{ г/моль}$
- Молекулярная формула вещества:  $\text{CH}_2\text{O}$



# Задача 13

- Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 30. При сжигании 24 г вещества образовались 35,2 г оксида углерода (IV) и 14,4 г воды. Определите молекулярную формулу вещества.



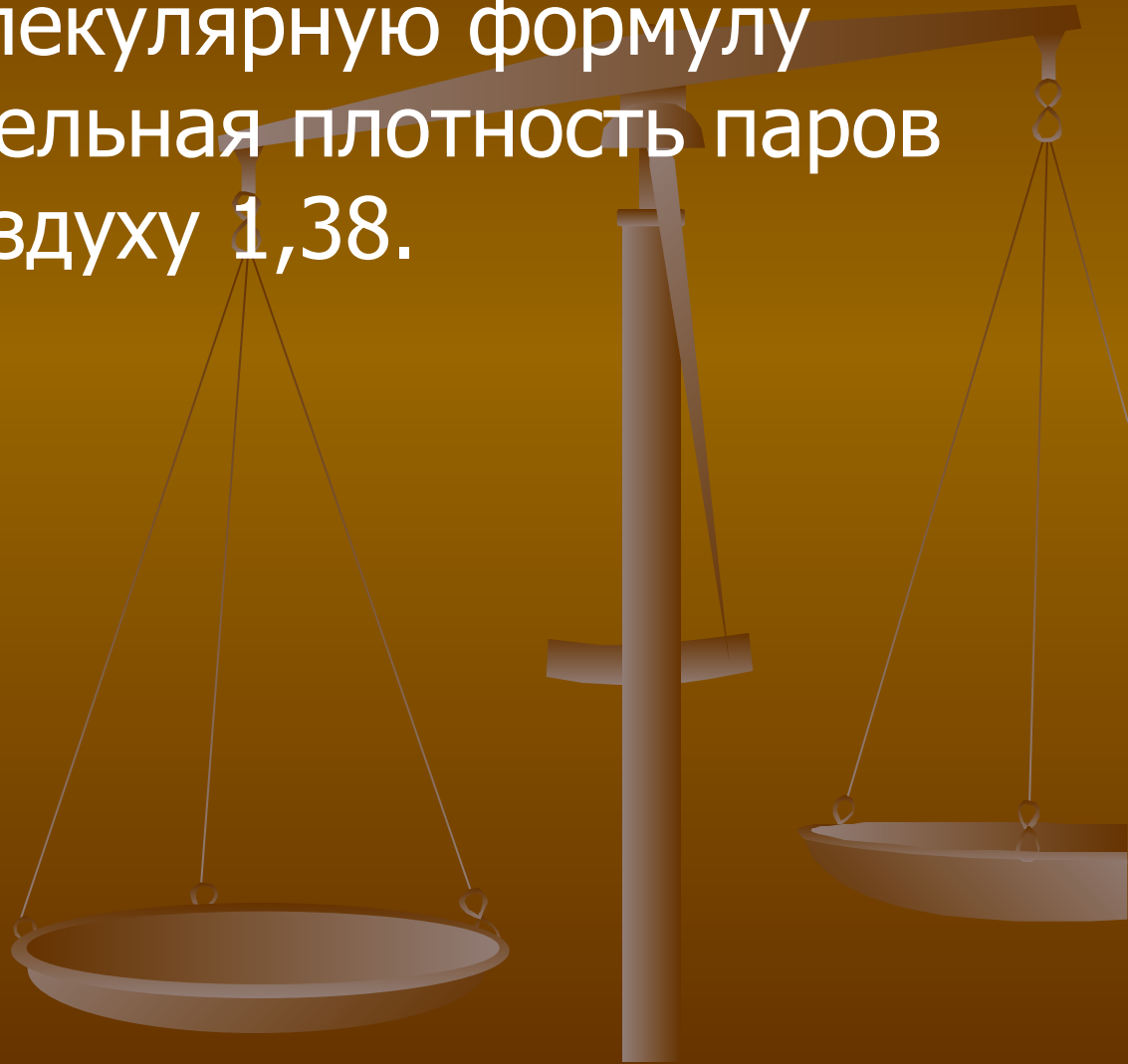


# Решение 13

- Элементы ответа:
- Найдены количества веществ углерода, водорода и кислорода в соединении:
- $n(\text{CO}_2) = 35,2/44 = 0,8(\text{моль}); n(\text{C}) = 0,8 \text{ моль}, m(\text{C}) = 0,8 \cdot 12 = 9,6(\text{г})$
- $n(\text{H}_2\text{O}) = 14,4/18 = 0,8(\text{моль}); n(\text{H}) = 1,6(\text{моль}); m(\text{H}) = 1,6 \cdot 1 = 1,6(\text{г});$
- $m(\text{O}) = 24 - (9,6 + 1,6) = 12,8(\text{г}); n(\text{O}) = 12,8 / 16 = 0,8(\text{моль})$
- Рассчитана молярная масса вещества и определены простейшая и молекулярная формулы вещества:
- $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,8 : 1,6 : 0,8 = 1 : 2 : 1$
- $\text{CH}_2\text{O}$  — простейшая формула
- $M(\text{CH}_2\text{O}) = 30 \text{ г/моль},$
- $M(\text{X}) = D(\text{X}) \cdot M(\text{H}_2) = 30 \cdot 2 = 60 \text{ г/моль}$
- молекулярная формула –  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

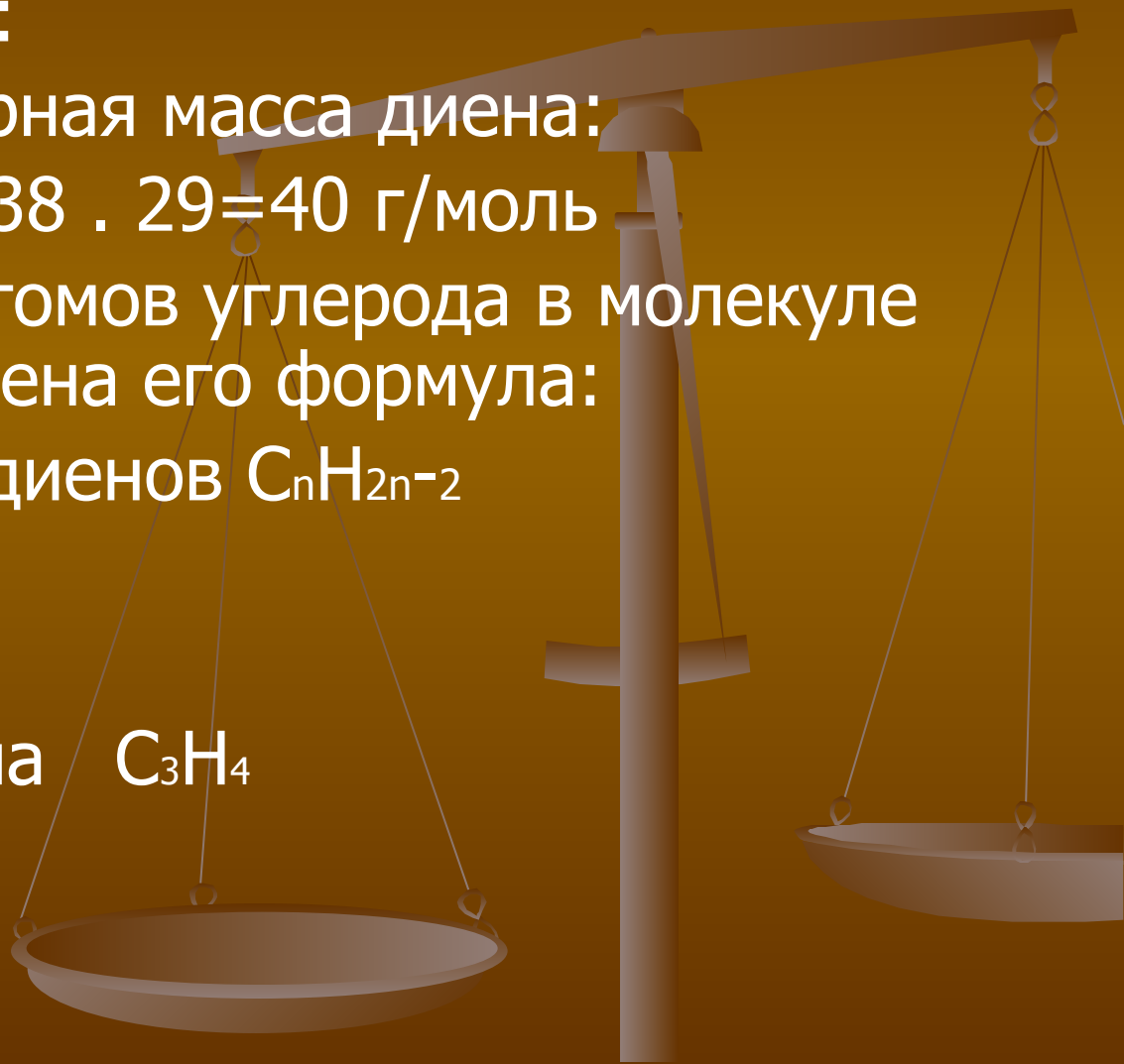
# Задача №14

- Установите молекулярную формулу диена, относительная плотность паров которого по воздуху 1,38.



# Решение 14

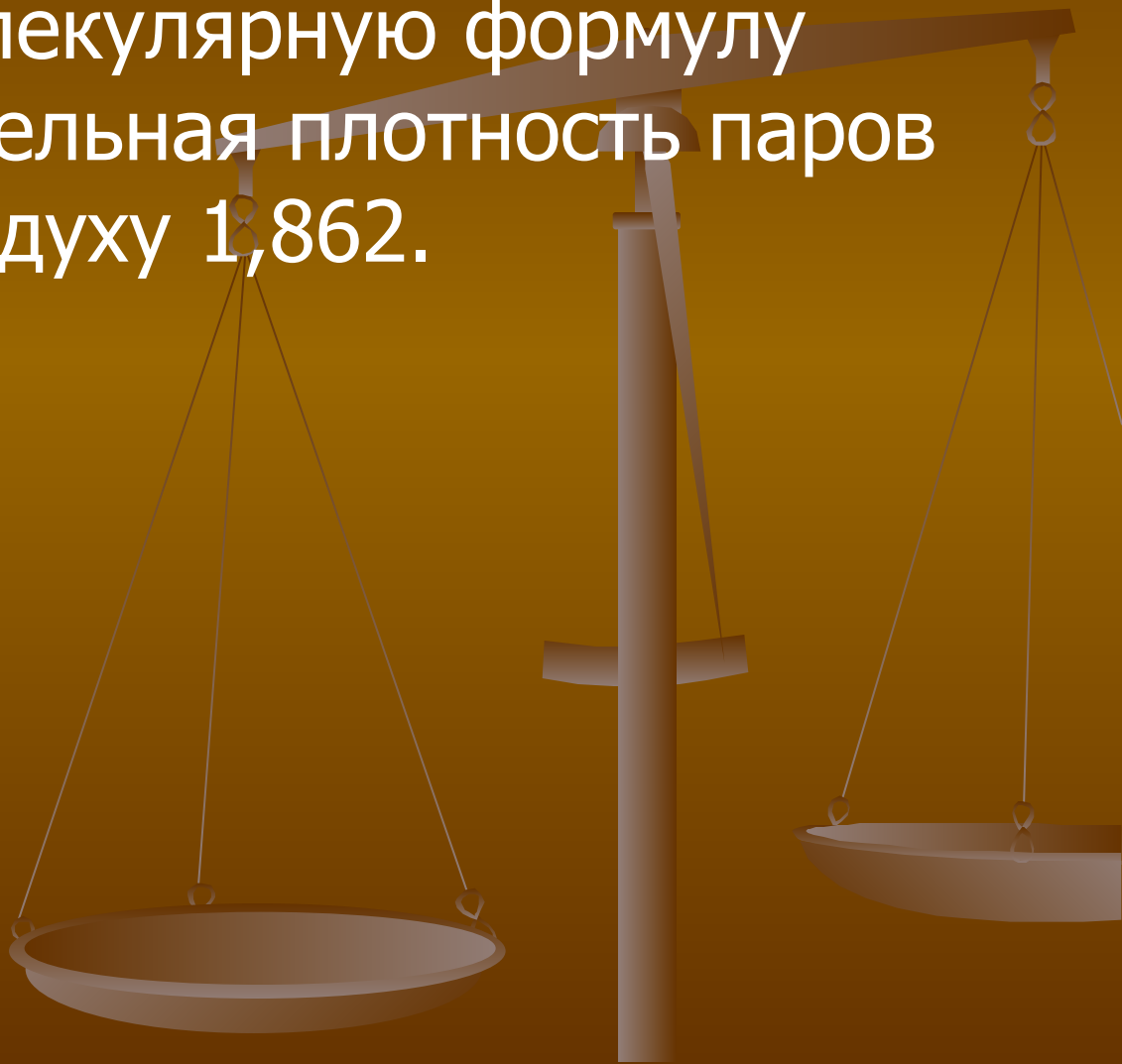
- Элементы ответа:
- Рассчитана молярная масса диена:
- $M=29$   $D_{\text{возд}}=1,38$  .  $29=40$  г/моль
- Найдено число атомов углерода в молекуле диена и установлена его формула:
- Общая формула диенов  $C_nH_{2n-2}$
- $12n + 2n - 2=40$   
 $n=3$
- Формула диена  $C_3H_4$



# Задача 14/1

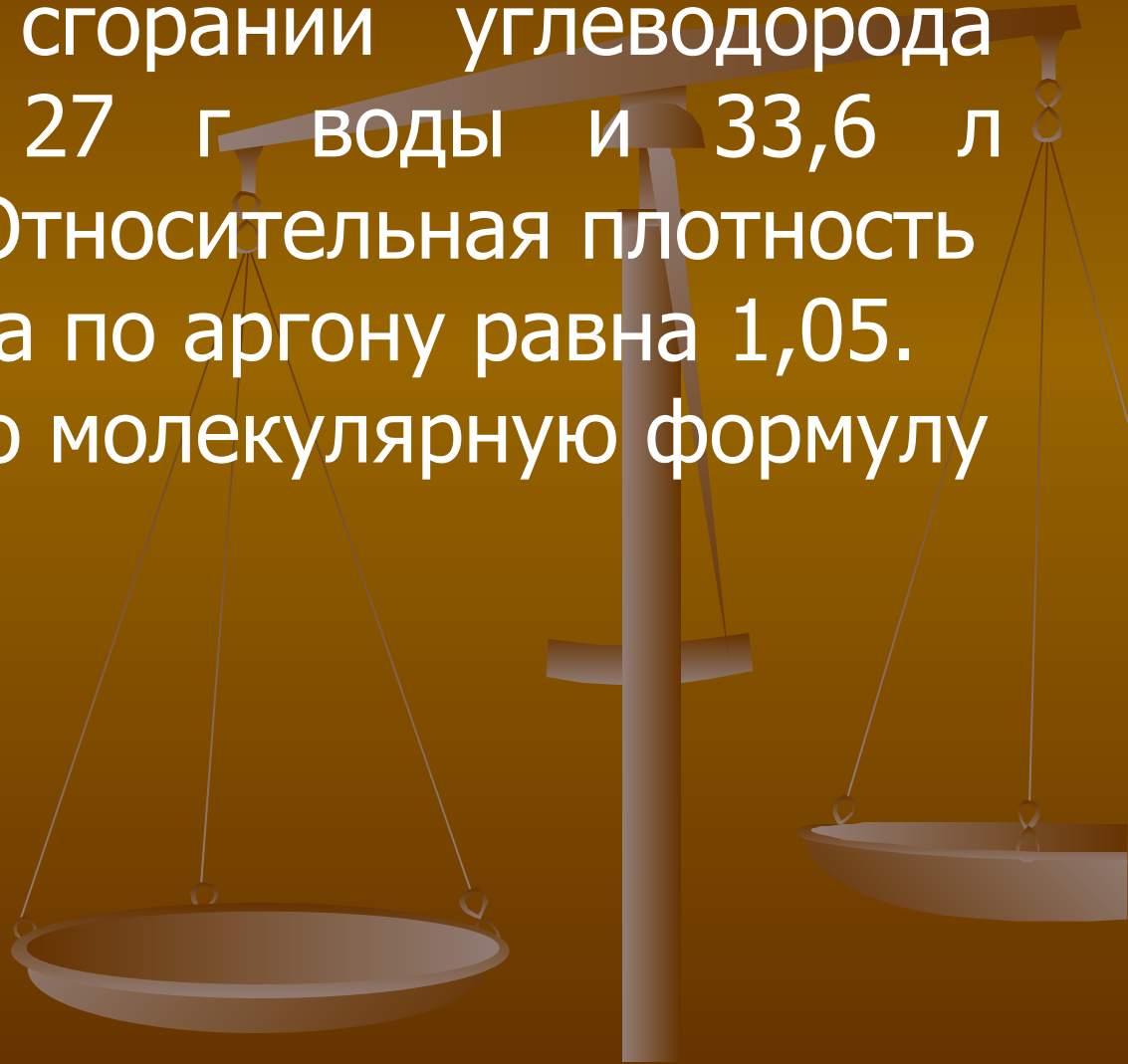
- Установите молекулярную формулу диена, относительная плотность паров которого по воздуху 1,862.

Ответ :  $C_4H_6$



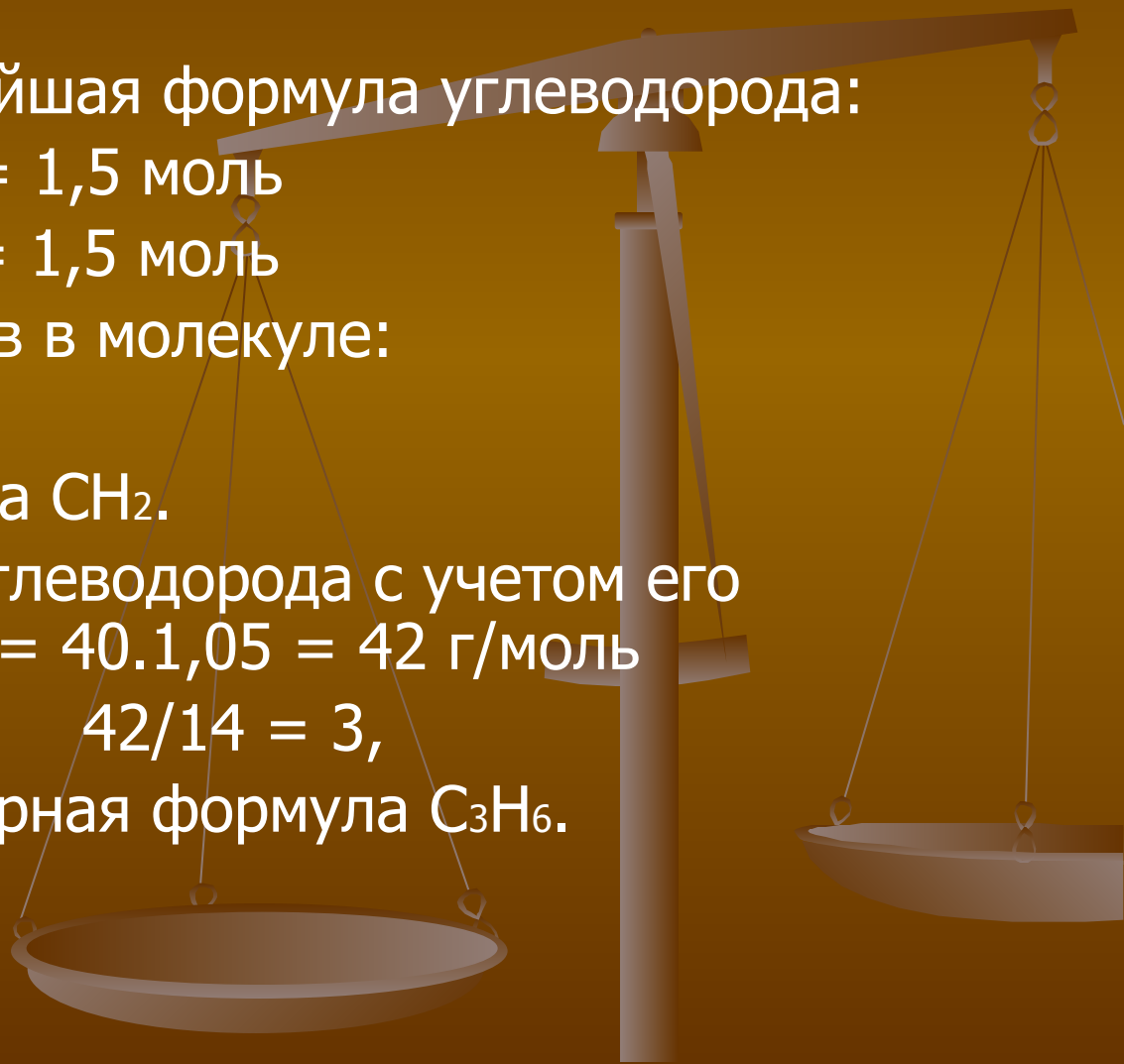
# Задача 15

- При полном сгорании углеводорода образовалось 27 г воды и 33,6 л  $\text{CO}_2$  (н.у.) Относительная плотность углеводорода по аргону равна 1,05. Установите его молекулярную формулу



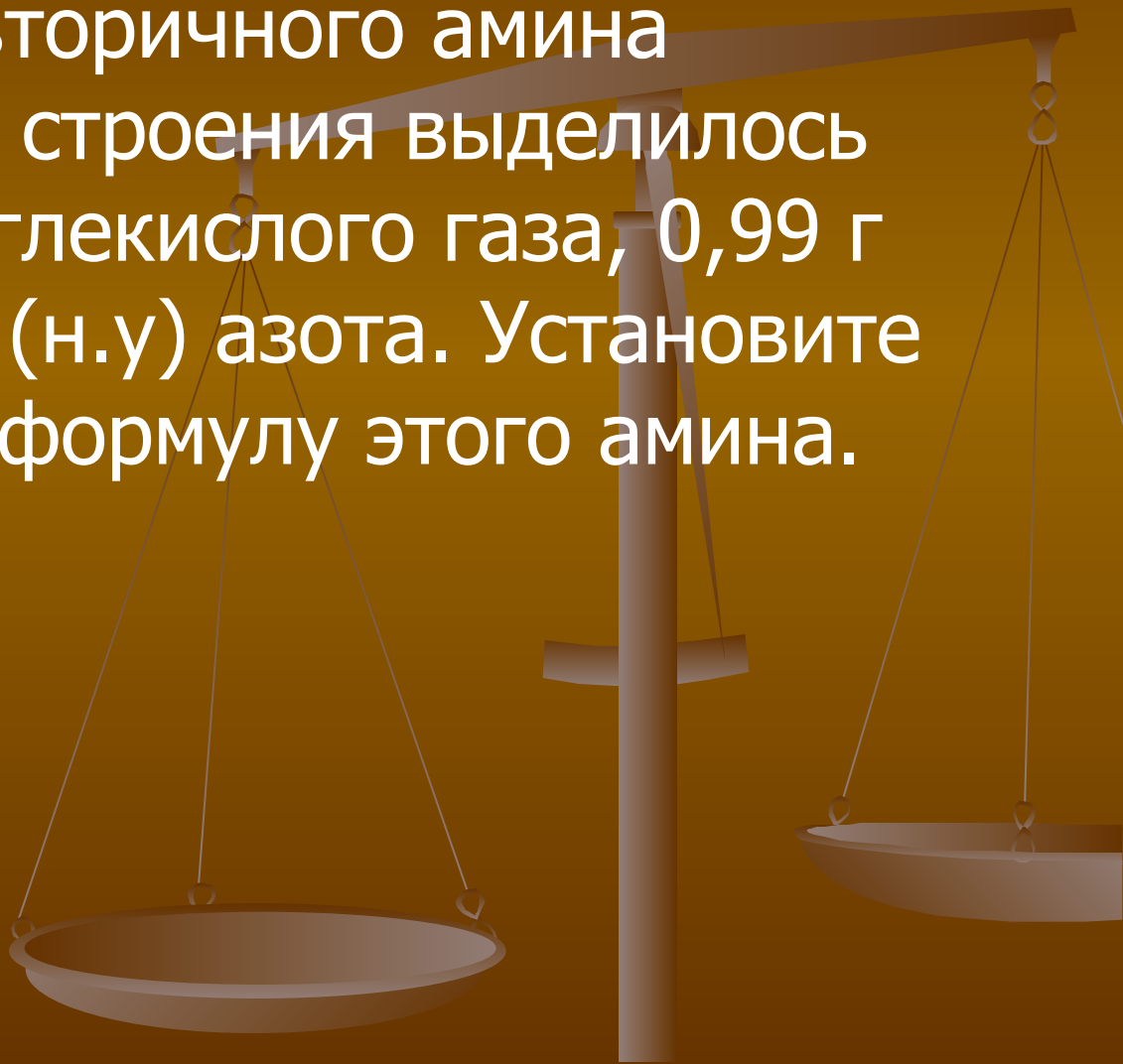
# Решение 15

- Элементы ответа:
- Установлена простейшая формула углеводорода:
- $n(\text{CO}_2) = 33,6/22,4 = 1,5$  моль
- $n(\text{H}_2\text{O}) = 27/18 = 1,5$  моль
- Соотношение атомов в молекуле:
- $\text{C}:\text{H} = 1,5:3 = 1:2$
- простейшая формула  $\text{CH}_2$ .
- Найдена формула углеводорода с учетом его молярной массы:  $M = 40.1,05 = 42$  г/моль
- $M(\text{CH}_2) = 14$  г/моль,  $42/14 = 3$ ,
- Истинная молекулярная формула  $\text{C}_3\text{H}_6$ .



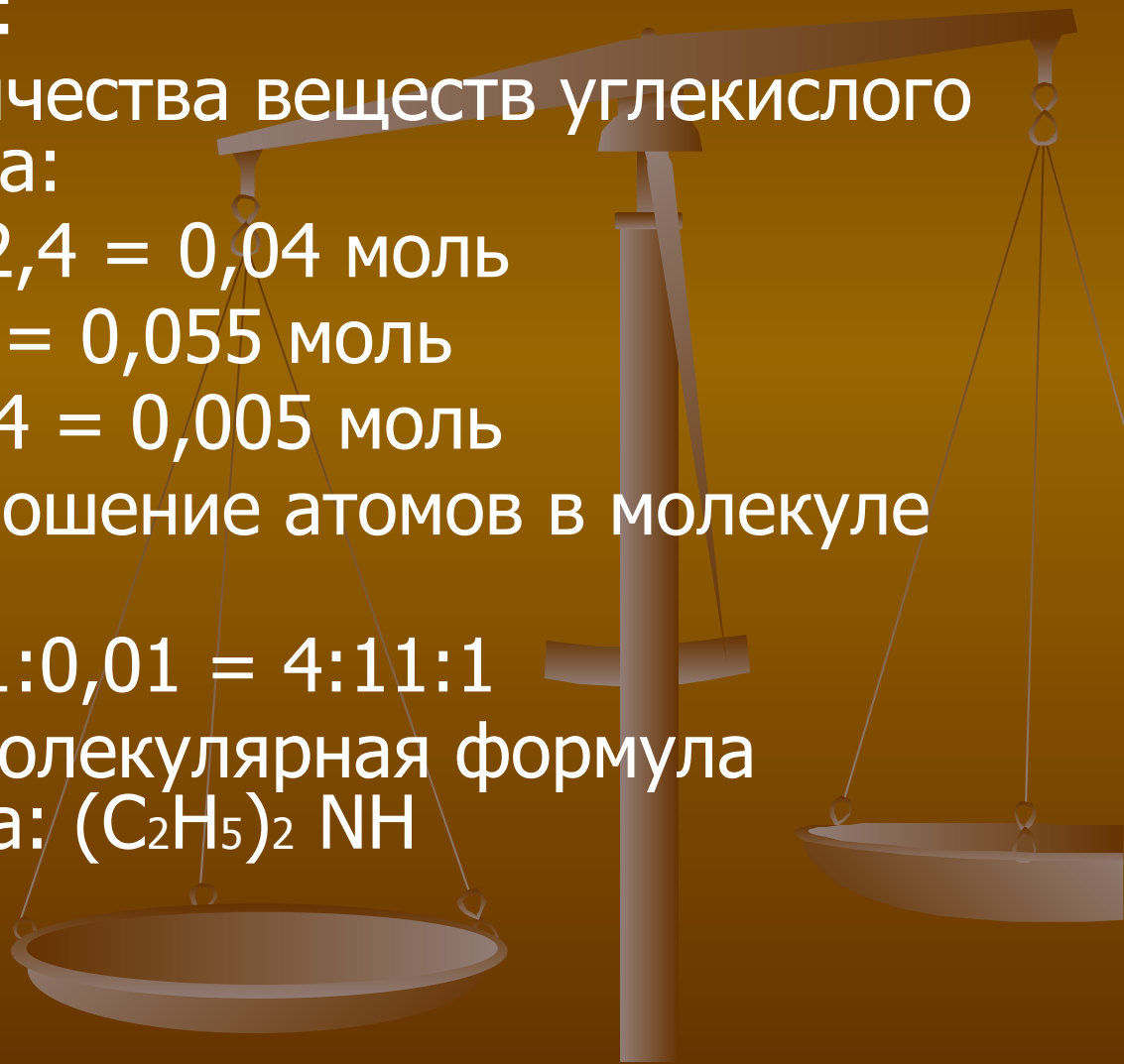
# Задача №16

- При сгорании вторичного амина симметричного строения выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа, 0,99 г воды и 0,112 л (н.у.) азота. Установите молекулярную формулу этого амина.



# Решение №16

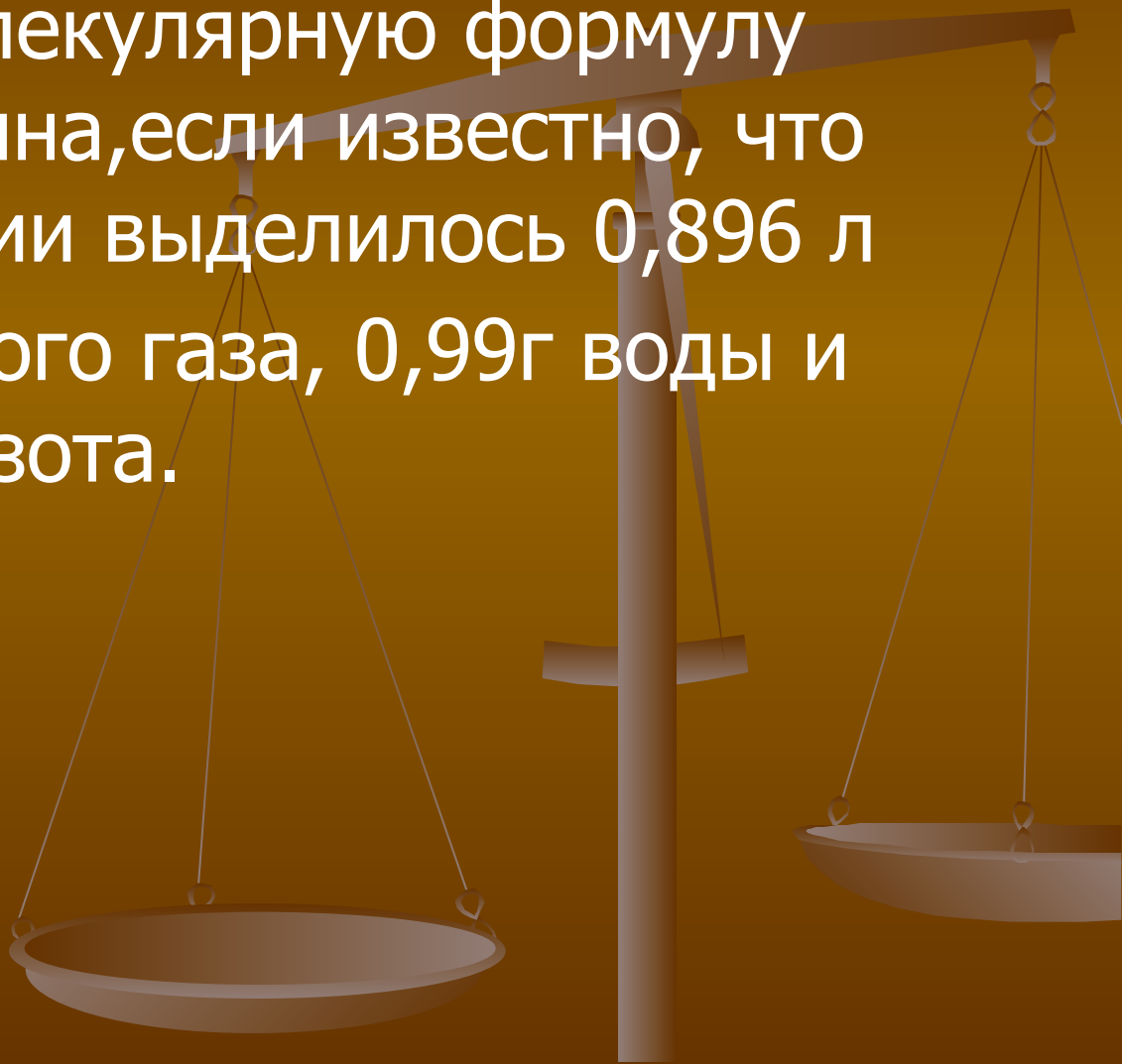
- Элементы ответа:
- 1) Найдены количества веществ углекислого газа, воды и азота:
  - $n(\text{CO}_2) = 0,896/22,4 = 0,04$  моль
  - $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,99/18 = 0,055$  моль
  - $n(\text{N}_2) = 0,112/22,4 = 0,005$  моль
- 2) Найдено соотношение атомов в молекуле амина:
  - $\text{C}:\text{H}:\text{N} = 0,04:0,11:0,01 = 4:11:1$
- 3) Установлена молекулярная формула вторичного амина:  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$





# Задача 16/1

- Установите молекулярную формулу третичного амина, если известно, что при его сгорании выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа, 0,99г воды и 0,112 л (н.у.) азота.



# Решение 16/1

- Найдено количество веществ углекислого газа, воды и азота

$$n(\text{CO}_2) = 0,896 / 22,4 = 0,04 \text{ моль}$$

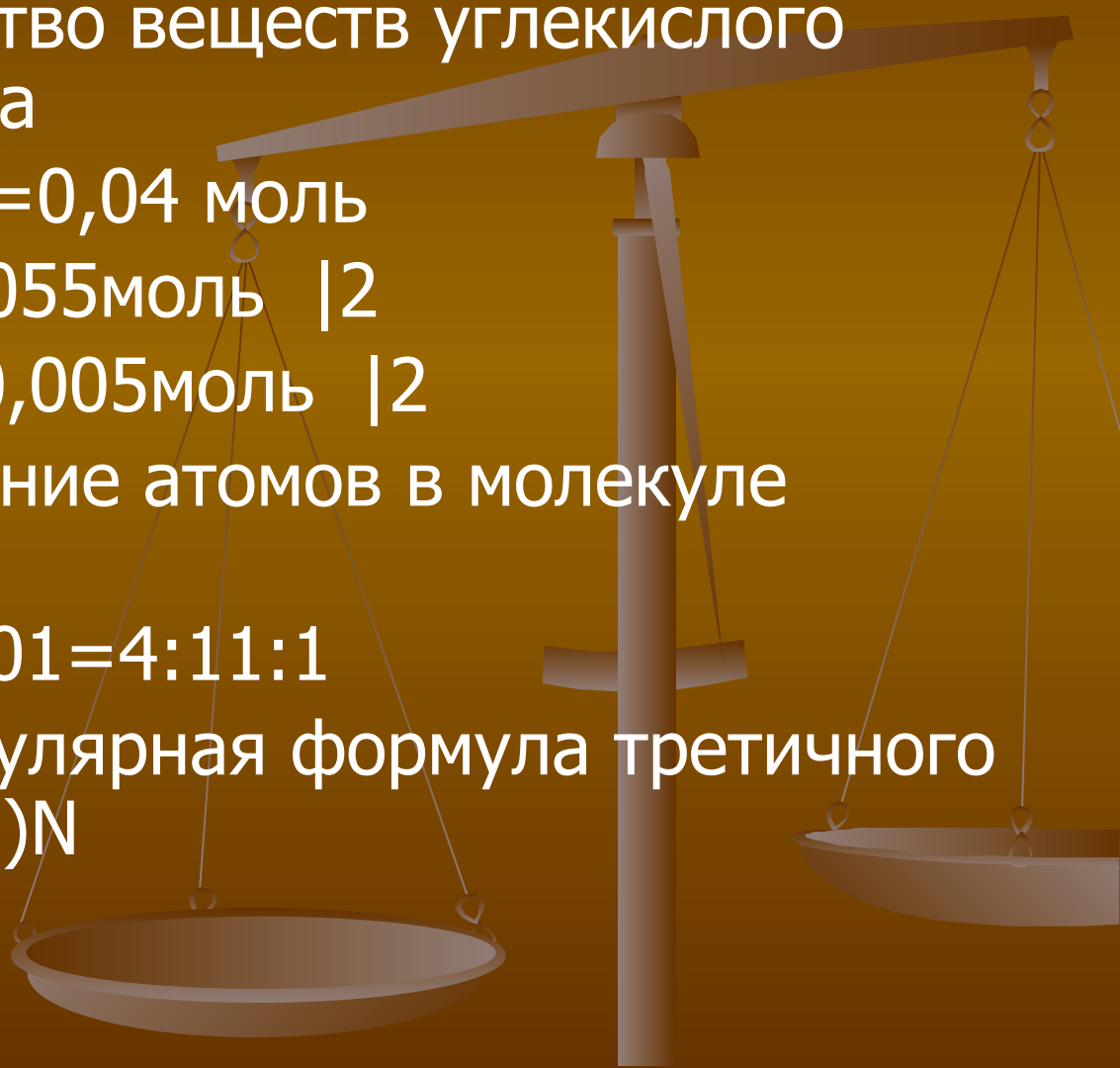
$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,99 / 18 = 0,055 \text{ моль} \quad |2$$

$$n(\text{N}_2) = 0,112 / 22,4 = 0,005 \text{ моль} \quad |2$$

Найдено соотношение атомов в молекуле амина

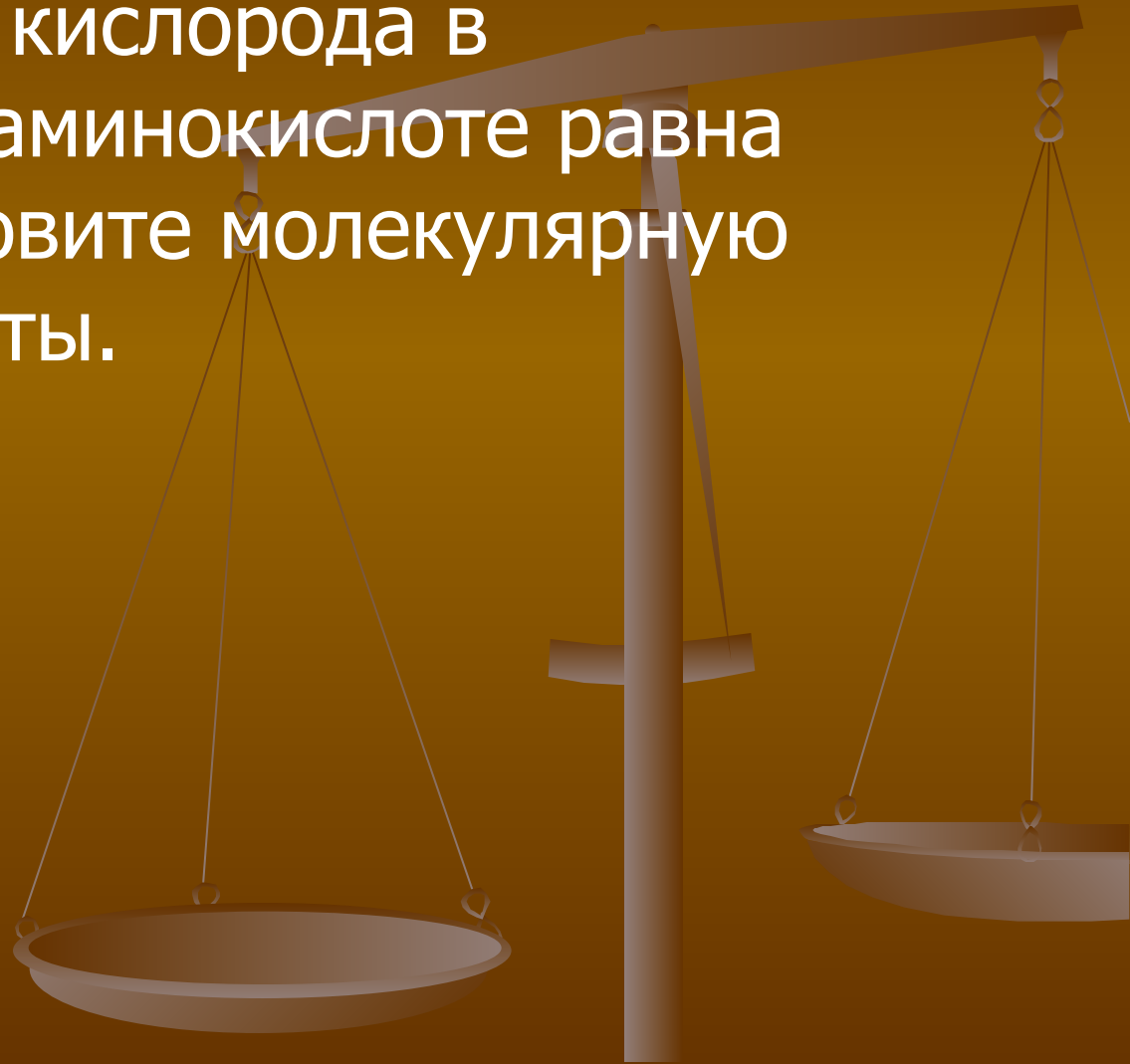
$$\text{C}:\text{H}:\text{N} = 0,04:0,11:0,01 = 4:11:1$$

Установлена молекулярная формула третичного амина  $(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{N}$



# Задача №17

- Массовая доля кислорода в одноосновной аминокислоте равна 42,67%. Установите молекулярную формулу кислоты.



# Решение №17

Элементы ответа:

- 1) Записана общая формула аминокислоты –  $C_nH_{2n}(NH_2)COOH$ .
- 2) Рассчитана молярная масса кислоты:

$$W(O) = \frac{2 \cdot 16}{M_{\text{кислоты}}}$$

- $M_{\text{кислоты}} = \frac{32}{0,4267} = 75 \text{ (г/моль)}$

- 3) Найдено число атомов углерода в молекуле кислоты и установлена ее формула:

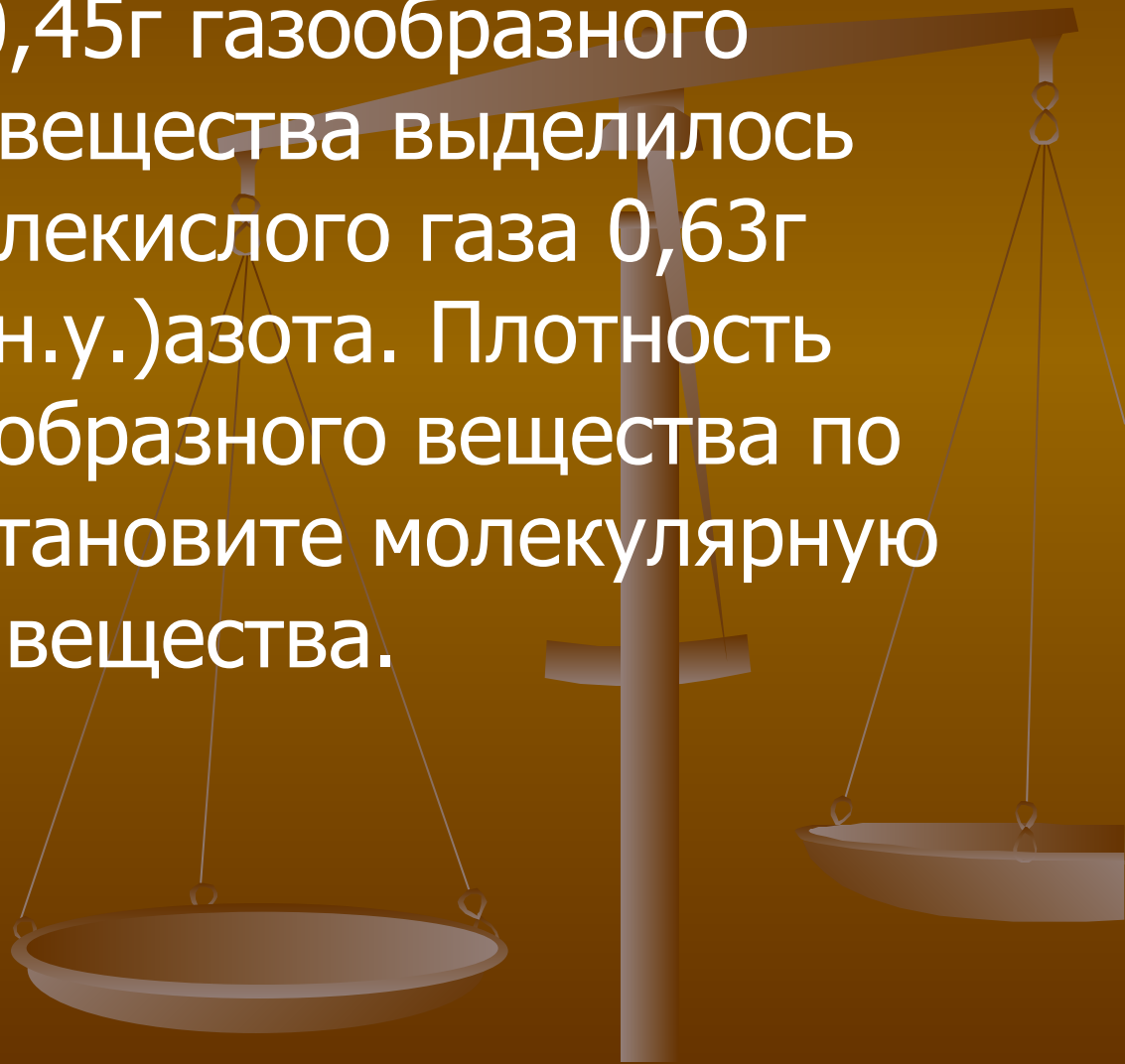
$$M = 12n + 2n + 16 + 45 = 75; \quad 14n = 14$$

$$n = 1$$

- Формула кислоты  $NH_2CH_2COOH$

# Задача №18

- При сгорании 0,45г газообразного органического вещества выделилось 0,448л (н.у.) углекислого газа 0,63г воды и 0,112л (н.у.) азота. Плотность исходного газообразного вещества по азоту 1,607. Установите молекулярную формулу этого вещества.

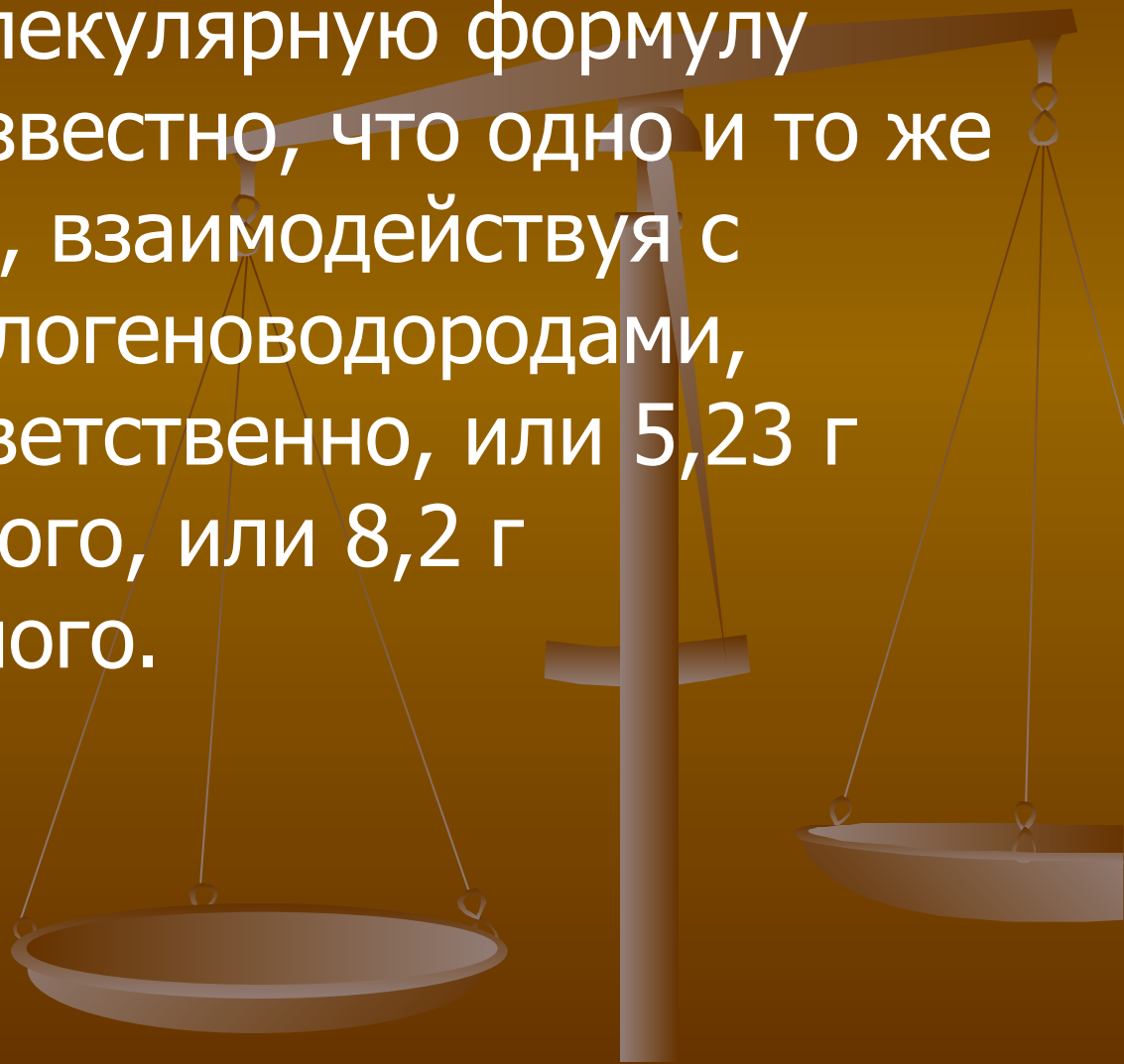


# Решение 18

- Элементы ответа:
- рассчитаны количества моль атомов углерода, водорода и азота в навеске вещества:  
 $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,896/22,4 = 0,04$  моль  
 $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1,26/18 = 0,14$  моль  
 $n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,224/22,4 = 0,02$  моль  
Установлен состав молекулы вещества:
- сумма масс элементов  $(0,48+0,28+0,14)$  равна массе навески вещества  $(0,90)$ ; значит, кислород в веществе отсутствует
- определена простейшая формула вещества:  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$  и указана её молярная масса  $M = 45$
- Из условия  $M = 1,607 \cdot 28 = 45$  установлена истинная молекулярная формула  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

# Задача 19

- Установите молекулярную формулу алкена, если известно, что одно и то же количество его, взаимодействуя с различными галогеноводородами, образует, соответственно, или 5,23 г хлорпроизводного, или 8,2 г бромпроизводного.



# Решение 19

Элементы ответа:

- Записаны уравнения реакций:



- Указано, что  $n$  ( $C_nH_{2n}$ ) одно и то же в двух реакциях или, что то же самое, количества веществ галогеналканов равны друг другу:  $n(C_nH_{2n+1}Cl) = n(C_nH_{2n+1}Br)$

- Найдена молекулярная формула алкена:

$$5,23/(14n+36,5) = 8,2/(14n+81)$$

$$n = 3$$

