



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

+1 метр Вильхи

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“
наименование олимпиады

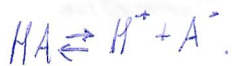
по Физике
профиль олимпиады

Богданова Евгения Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«03» марта 2024 года

Подпись участника
[Подпись]

Итоголик



Составим уравнение для $K_{дисс.}$:

$$K_1 = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}, \text{ где } [HA] = c(\text{вбл.к.});$$

$[H^+] = [A^-]$ по уравн. дисс., значит справедливо равенство:

$$[H^+] \cdot [A^-] = [H^+]^2;$$

В итоге получили уравнение:

$$K_{дисс.} = \frac{[H^+]^2}{c(\text{вбл.к.})};$$

обоснование, что $[вбл.к.] \approx c_{вбл.к.}$

$$[H^+]^2 = K_{дисс.} \cdot c(\text{вбл.к.}) = 3,47 \cdot 10^{-4} \cdot 0,025 \text{ моль/дм}^3 = 8,675 \cdot 10^{-6}$$

$$[H^+] = \sqrt{K_{дисс.} \cdot c(\text{вбл.к.})} = \sqrt{8,675 \cdot 10^{-6}} = 2,9453 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3; \quad (\pm)$$

$$pH = -\lg [H^+];$$

$$pH = -\lg 2,9453 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 = 2,531$$

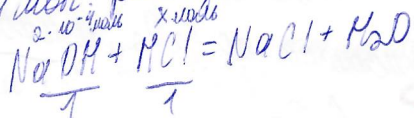
Ответ: $pH = 2,531$ +

5. $n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{р-ра NaOH})$; где $n(\text{NaOH})$ — хим. кол-во NaOH, помещенное на титрование

$$V(\text{р-ра NaOH}) = 4 \text{ мл} = 0,004 \text{ дм}^3;$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,0002 \text{ моль} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

Уравн. реакции:



$$x = 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль (по ур. реакции)} = n(\text{HCl})_{\text{в 20 мл}}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V(\text{р-ра HCl})}; \quad V(\text{р-ра HCl}) = 0,02 \text{ дм}^3;$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{2 \cdot 10^{-4} \text{ моль}}{0,02 \text{ дм}^3} = 0,01 \text{ моль/дм}^3$$

$$n_2(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{р-ра HCl}); \quad V_2(\text{р-ра HCl}) = 200 \text{ мл} = 0,2 \text{ дм}^3$$

$$n_2(\text{HCl}) = 0,01 \text{ моль} \cdot 0,2 \text{ дм}^3 = 0,002 \text{ моль}$$

$$c_{\text{исх}} = \frac{n_2(\text{HCl})}{V_1 \rho_{\text{HCl}}}; \quad V_{\text{исх}} (\rho\text{-ра HCl}) = 1 \text{ мл} = 0,001 \text{ дм}^3 \text{ "источник"}$$

$$c_{\text{исх}} = \frac{0,002 \text{ моль}}{0,001 \text{ дм}^3} = 2 \text{ моль/дм}^3 = 2 \text{ М, где М - молярность, моль/дм}^3$$

Ответ: $c_{\text{исх}}(\text{HCl}) = 2 \text{ М.}$ (A)

Задача 6. $1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа}$

$$V(\text{O}_2) = 7 \text{ дм}^3$$

$$p(\text{O}_2) = \frac{p_{\text{атм}}}{3} = 3,14 \cdot 101,325 \text{ кПа} = 318,1605 \text{ кПа}$$

$$T^\circ(\text{K}) = T^\circ(\text{C}) + 273;$$

$$T^\circ(\text{K}) = 25^\circ\text{C} + 273 = 298^\circ\text{K}$$

$pV = nRT$; где n - химическое кол-во газа

$$n = \frac{p(\text{O}_2) \cdot V(\text{O}_2)}{R \cdot T};$$

$$n = \frac{318,1605 \text{ кПа} \cdot 7 \text{ дм}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}} = 0,8989 \text{ моль} +$$

После реакции давление уменьшилось в 3 раза, \Rightarrow хим. кол-во O_2 тоже уменьшилось в 3 раза, т.к. они связаны прямопропорционально. П.э. $n_{\text{прр}}(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)}{3};$

$$n_{\text{прр}}(\text{O}_2) = 0,44945 \text{ моль} +$$

Такого кол-ва O_2 не хватит для полного окисления P в P_2O_5 , \Rightarrow предположим, что весь P окислится до P_2O_3 , а часть P_2O_3 окислится до оставшегося O_2 до P_2O_5 .

$$4 \text{ P} + 3 \text{O}_2 = 2 \text{P}_2\text{O}_3. \quad n(\text{P}) = \frac{m(\text{P})}{M(\text{P})}; \quad M(\text{P}) = 31 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{P}) = 0,5 \text{ моль} +$$

$\frac{0,5}{4} < \frac{0,44945}{3}$, P в недостатке, будем расчет по нему:

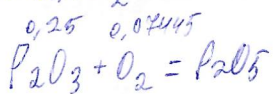
$$n(\text{O}_2)_{\text{прр}} = \frac{0,5}{4} \cdot 3 = 0,375 \text{ моль}$$

95-73-38-30
(55.5)

$n(\text{P}_2\text{O}_3) = \frac{0,5}{4} \cdot 2 = 0,25 \text{ моль}$ *исходная*

$n_{\text{ост}}(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) - n(\text{O}_2)_{\text{прореаг}};$

$n_{\text{ост}}(\text{O}) = 0,07445 \text{ моль}$



O_2 в недостатке, будем считать по нему:

$n(\text{P}_2\text{O}_5) = n(\text{O}_2) = n(\text{P}_2\text{O}_3)_{\text{прореаг}} = 0,07445 \text{ моль}$

$n(\text{P}_2\text{O}_3)_{\text{ост}} = n(\text{P}_2\text{O}_3) - n(\text{P}_2\text{O}_3)_{\text{прореаг}};$

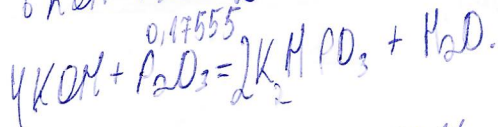
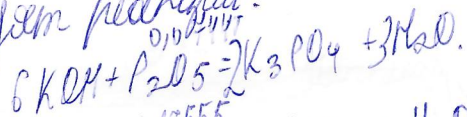
$n(\text{P}_2\text{O}_3) = 0,17555 \text{ моль};$

Итого вышло:

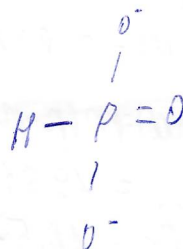
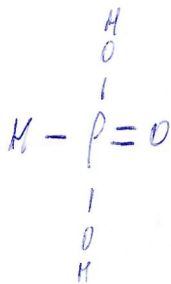
$n(\text{P}_2\text{O}_3) = 0,17555 \text{ моль};$

$n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,07445 \text{ моль};$

Рассмотрим случай, когда щелочь в избытке, тогда происходит реакция:



K_2HPO_4 — средняя соль фосфорноватой кислоты. Атом водорода, находящийся в кислотном остатке, не может быть замещен на атом металла, т.к. он связан с атомом P, а не O. Структурная формула кислоты:



и кислотного остатка:

$$n(K_3PO_4) = n(P_2O_5) \cdot 2 \text{ (по ур. реакции)} \quad \text{Чистовик}$$

$$n_{\text{прпр}}(KOH) = n(P_2O_5) \cdot 6 \text{ (по ур. реакции)}$$

$$n(K_3PO_4) = 0,1489 \text{ моль}$$

$$n_{\text{прпр}}(KOH) = 0,4467 \text{ моль}$$

$$n(K_2HPO_3) = 2 \cdot n(P_2O_3);$$

$$n_{\text{прпр}}(KOH) = 4 \cdot n(P_2O_3);$$

$$n(K_2HPO_3) = 0,3511 \text{ моль};$$

$$n_{\text{прпр}}(KOH) = 0,7022 \text{ моль}$$

$$n_{\text{прпр. всего}}(KOH) = n_{\text{прпр. 1}}(KOH) + n_{\text{прпр. 2}}(KOH);$$

$$n_{\text{прпр. всего}} = 1,1489 \text{ моль}$$

$$m(KOH) = n(\text{р-ра KOH}) \cdot W(KOH);$$

$$m(KOH) = 67,22; \quad M(KOH) = 56,2 \text{ г/моль}$$

$$n(KOH) = 1,2 \text{ моль}$$

$$n(KOH)_{\text{ост}} = n(KOH) - n_{\text{прпр. всего}}(KOH);$$

$$n(KOH) = 0,0511 \text{ моль};$$

$$m(K_3PO_4) = n(K_3PO_4) \cdot M(K_3PO_4); \quad M(K_3PO_4) = 212 \text{ г/моль}$$

$$m(K_3PO_4) = 31,5672$$

$$m(K_2HPO_3) = n(K_2HPO_3) \cdot M(K_2HPO_3); \quad M(K_2HPO_3) = 158,2 \text{ г/моль}$$

$$m(K_2HPO_3) = 55,4742$$

$$m(KOH) = 2,86162$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра KOH}) + m(\text{оксидов})$$

$$m(P_2O_3) = 19,312$$

$$m(P_2O_5) = 10,5722$$

$$m(\text{р-ра}) = 4482 + 19,312 + 10,5722 = 477,882$$

$$W(KOH) = \frac{m(KOH)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%;$$

$W(\text{кон}) = 0,6\%$

Чистовик

$W(\text{K}_2\text{CrO}_3) = 11,64\%$

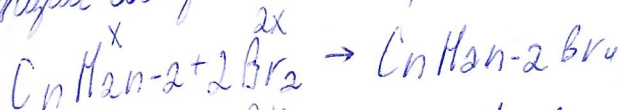
$W(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 6,806\%$



Задача 7. Общая формула алкина: C_nH_{2n-2} ; тогда формула его ближайшего гомолога: $C_{n+1}H_{2n}$.

Пусть n (алкина) = x , а n (гом.) = y .

Возьмем обобщенную формулу воды и сложим обе:



$C_{n+1}H_{2n} + 2H_2O \rightarrow C_{n+1}H_{2n} + 2H_2$, т.е. 1 мол. алкина присоединяет 2 молекулы воды.

$n(H_2O) = m(p-r) \cdot W(H_2O)$

$n(H_2O) = 1929600 \cdot 0,02 = 1922$

$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}$; $M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$

$n(H_2O) = \frac{1922}{18 \text{ г/моль}} = 1,2 \text{ моль}$

$2x + 2y = 1,2$

$2(x+y) = 1,2$

$x+y = 0,6 \Rightarrow$ сумма сум. кол-в алкина и его гом. равна 0,6 моль

$M(\text{алкина}) = 12 \cdot n + 1 \cdot (2n-2) = 14n-2$

$M(\text{гом.}) = 12(n+1) + 2n = 14n+12$

Составим систему уравнений:

$\begin{cases} (14n-2)x + (14n+12)y = 29,6 \\ x+y = 0,6 \end{cases}$

$x+y = 0,6$

Выполним замену: $14n-2 = t$

$\begin{cases} tx + (t+14)y = 29,6 \\ x+y = 0,6 \end{cases}$

$x+y = 0,6$

листовак

$$\begin{cases} x = 0,6 - y \end{cases}$$

$$t(0,6 - y) + (t + 14)y = 29,6$$

$$0,6t - ty + ty + 14y = 29,6$$

$$14y + 0,6t = 29,6$$

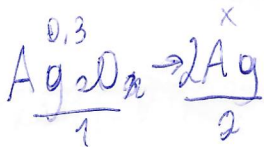
Выполним обратную замену:

$$14y + 0,6(14n - 21) = 29,6$$

$$14y + 8,4n = 30,8$$

$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Ag}_2\text{O})}{M(\text{Ag}_2\text{O})}$$

$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{6,8 \text{ моль}}{232 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$



$$x = 0,6 = n(\text{Ag})$$

Присоединить реакт Ag из реактива Пильмеца могут только терминальные атомы (троякая связь на конце цепи), приведем в соответствие 1:1 (кроме азетилена, он присоед. 2 атома Ag в 1 молекулу). 0,6 моль смеси присоед. 0,6 моль атомов Ag, => оба атома терминальные, и мы можем исключить вариант азетилена.

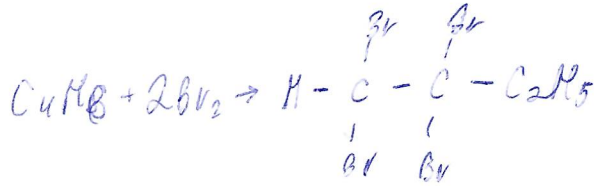
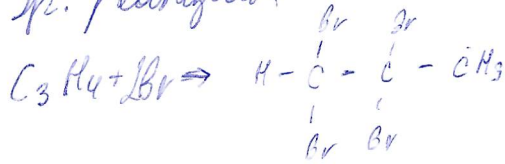
Исходя из уравнения $14y + 8,4n = 30,8$, очевидно, что

$$n \leq \frac{30,8}{8,4}$$

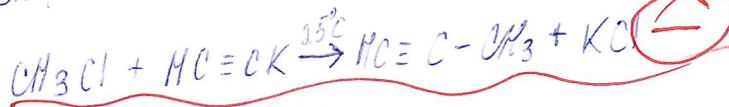
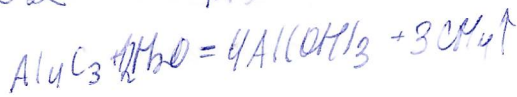
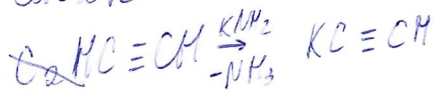
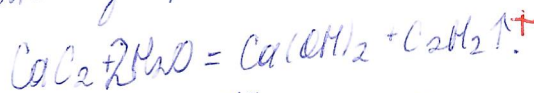
$n < 3,667$, т.к. хим. кол-во y не может быть отрицательным => $2n \leq 3$, приведем n - целое => n = 3. При таком n, y = 0,4, а x = 0,2 => в смеси 0,2 моль пропина C₃H₄ и 0,4 моль бутина C₄H₆.

числовик

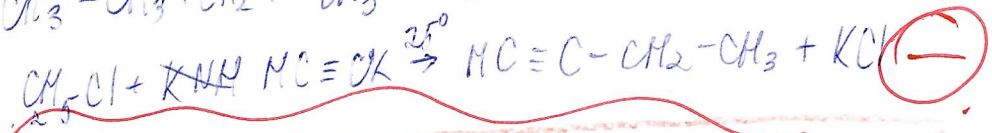
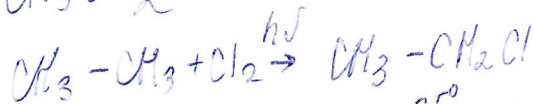
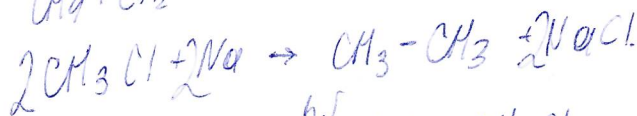
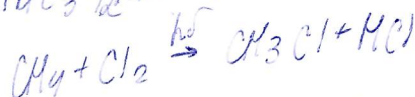
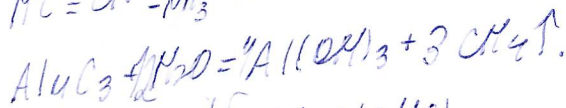
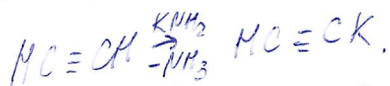
Ур. реакции:



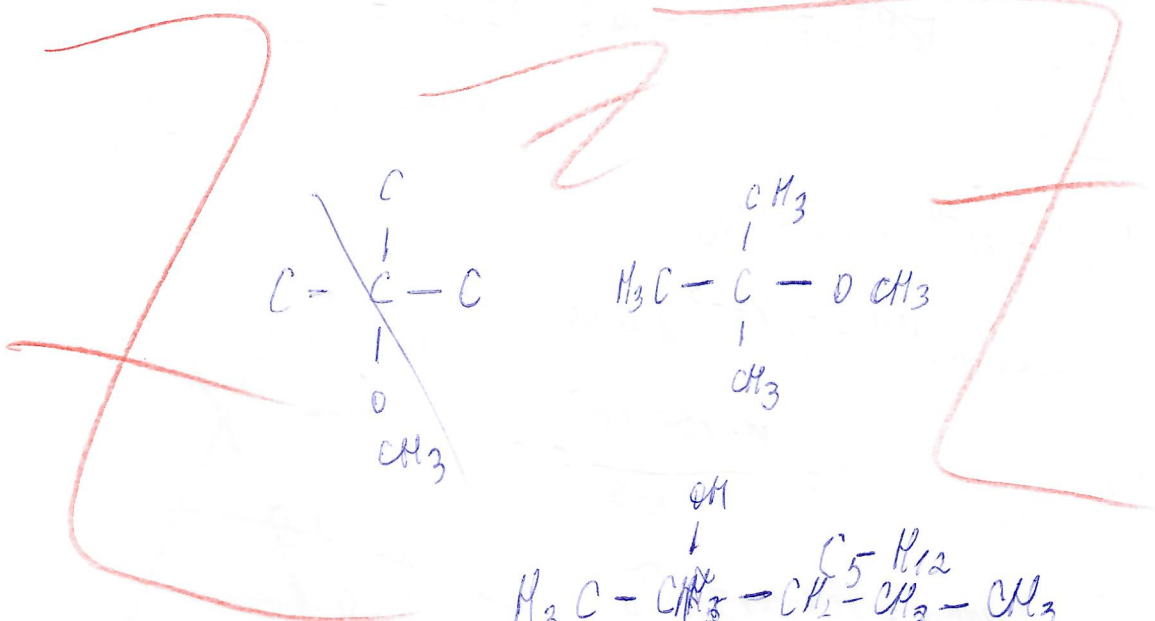
а) синтез пропина:



б) синтез бутина-1:



Черновик

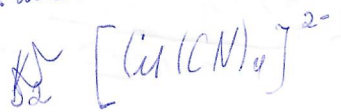


11.

$$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$
 3. П.к. КЧ = 4, то катионная часть содержит 4 молекулных иона CN^-

Ш.м. = 61,9%

т.м.



$$0,381 = \frac{x}{x+104}$$

$$0,381x + 39,624 = x$$

$$K_1 = 3,47 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{H}^+][\text{CA}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$3,47 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{H}^+]^2}{2,5 \cdot 10^{-2}}$$

$$17,35 \cdot 10^{-7} = [\text{H}^+]^2$$

$$1,735 \cdot 10^{-6} = [\text{H}^+]^2$$

M (обл. кислота) = 134 г/моль

n (обл. кислоты) = $5 \cdot 10^{-3}$ моль

$[\text{H}^+] = [\text{A}^-]$, т.к. не рассматривается диссоц. только по 1 ступени, т.е. справедливо $[\text{H}^+]^2 = [\text{CA}^-]$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{17,35 \cdot 10^{-7}} = 1,3172 \cdot 10^{-3}$$

$\rho_K = \lg \Gamma K^+ I$ Черновик

$\rho_K = -\lg R, 9453 \cdot 10^{-3} = 2,531$

$5 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль} = n(N_{2O})$

$n(MCl) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$

$C = \frac{n \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3} = 2 \text{ моль/л}$

6. $1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа}$

$V(O_2) = 7 \text{ дм}^3$

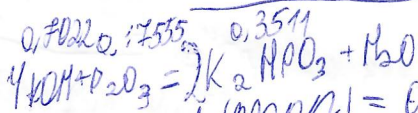
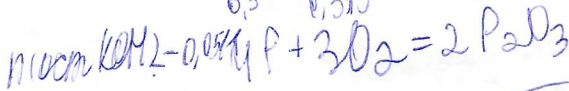
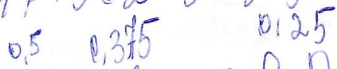
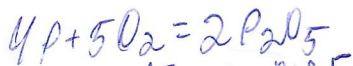
$p(O_2) = 3,14 \text{ атм} = 318,1605 \text{ кПа}$

$T = t^\circ C + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$

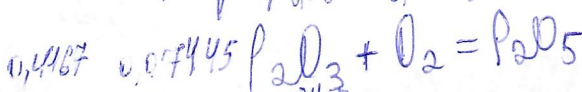
$pV = nRT$, где n - количество молекул

$318,1605 \text{ кПа} \cdot 7 \text{ дм}^3 = n \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}$

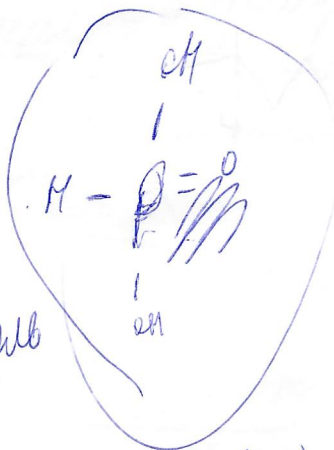
$n = \frac{318,1605 \text{ кПа} \cdot 7 \text{ дм}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}} = 0,8989 \text{ моль}$



$n(K_2HPO_3) = 0,44945 \text{ моль}$



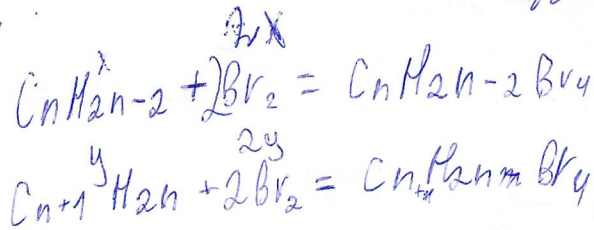
$n(K_3PO_4) = 0,17555 \text{ моль}$
 $n(P_2O_5) = 0,07445 \text{ моль}$
 $n(KOH) = 1,2 \text{ моль}$



$n(K_2HPO_3) = 0,2511 \text{ моль}$
 $n(K_3PO_4) = 0,1489 \text{ моль}$
 $n(KOH) = 0,0511 \text{ моль}$

Черновик

7.



$$2(n+1)-2 \neq$$

$$n(Br_2) = 1,2$$

$$12n + 12$$

$$2(x+y) = 1,2$$

0,6 моль Ag

$$x+y = 0,6$$

$$(14n-2)x + (14n+12)y = 29,6$$

$$x = 0,6 - y$$

$$14n-2 = t$$

0,2 C₄H₆ $t(0,6-y) + (t+14)y = 29,6$

0,4 C₃H₄ $0,6t - ty + ty + 14y = 29,6$

0,2 ~~C₂H₂~~ $14y + 0,6t = 29,6$

$y = 0,4$ C₄H₆ $14y + 8,4n - 1,2 = 29,6$
 $x = 0,2$ $14y + 8,4n = 30,8$

Пусть $n = 3$



~~HC≡CH~~ ~~CaC₂ + H₂O =~~ а) синтез пропина:

