

Московская олимпиада школьников по химии
Теоретический тур

10 класс

РЕШЕНИЯ

2011 год

10-1. Определим молярную массу алкена (M):

M г алкена присоединяют 81 г HBr

1 г алкена присоединяет 1,93 г HBr

Отсюда $M = 81 / 1,93 =$ около 42. Таким образом, формула алкена C_3H_6 .

Вещество **A** = пропен, соответственно вещество **B** 2-бромпропан

Реакция Вюрца: $2 (\text{CH}_3)_2\text{CHBr} + 2\text{Na} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2 + 2\text{NaBr}$

То есть вещество **B** — $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$

При радикальном бромировании углеводорода **B** действительно образуется два продукта, так как его молекула содержит два вида структурно неэквивалентных атомов водорода — при первичном атоме углерода (в метильных группах, таких атомов 12) и при третичном атоме углерода (в группах CH , таких атомов всего два).

Если бы скорости бромирования по обоим положениям были одинаковы, то первого продукта (бромирования по первичному атому C) образовалось бы в 6 раз больше. Однако в первом случае при радикальном бромировании в качестве промежуточной частицы образуется свободный радикал с неспаренным электроном на концевом атоме углерода — $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\cdot$,

а во втором — на атоме углерода в центре молекулы $(\text{CH}_3)_2\text{CHC}\cdot(\text{CH}_3)_2$

Так как второй радикал значительно стабильнее первого, он образуется значительно быстрее, и вторая реакция соответственно идет предпочтительнее.

Таким образом, вещество **Г**, которое получается в большем количестве — продукт бромирования по третичному атому углерода $(\text{CH}_3)_2\text{CHCBr}(\text{CH}_3)_2$

а **Д** — продукт бромирования по первичному атому углерода $(\text{CH}_3)_2\text{CHC}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Br}$

10-2. Расчет по сжиганию. При сжигании получено 0,15 моль CO_2 и 0,175 моль воды (соответствует 0,35 моль H), третий продукт азот, 0,0025 моль, что дает 0,05 моль N .

По массе все вместе 2,85 г, остается еще кислород около 0,1 моль.

Формула $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$

По всем остальным признакам (реакция и с кислотой, и со щелочью, входит в природные молекулы) — это аминокислота, конкретно аланин (α -метилуксусная кислота)

$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$

При взаимодействии со щелочью образуется соль по карбоксильной группе:

$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

4,40 г аланина составляют около 0,05 моль, на реакцию расходуется 0,05 моль щелочи, что соответствует условию.

$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COOH Cl} + \text{H}_2\text{O}$

4,40 г аланина составляют около 0,05 моль, на реакцию расходуется 0,05 моль кислоты, что соответствует условию.

10-3. В колбе был раствор соли ртути, например нитрата ртути.

При контакте соли ртути с металлическим алюминием ртуть восстанавливается, алюминий окисляется и переходит в раствор.

$2\text{Al} + 3\text{Hg}^{2+} = 3\text{Hg} + 2\text{Al}^{3+}$

Полученная при этом металлическая ртуть и алюминий (ложка) образуют амальгаму Al/Hg .

На основании своего положения в ряду активности металлов алюминий должен бы реагировать с водой, но не может из-за наличия оксидной пленки на поверхности. Однако при образовании амальгамы алюминия оксидная пленка разрушается, и реакция с водой с выделением водорода (пузырьки газа) становится возможна.

$2 \text{Al/Hg} + 4 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{AlO}(\text{OH}) + 3 \text{H}_2 + \text{Hg}$

10-4.

1) Судя по уменьшению объема при поглощении, три газа находятся в смеси в отношении

2 : 1 : 1 (половина всего количества, четверть и четверть).

2) Газ, который не поглощается ни в одном из растворов, имеет молекулярную массу 28.

Такую молекулярную массу имеет этилен, азот и оксид углерода(II)

В нашем случае газ — не этилен (этилен поглотился бы раствором перманганата калия) и не азот (так как продукты сгорания всей смеси поглощаются щелочью, а азот не горит и щелочью не поглощается). Остается CO.

3) Смесь с плотностью по водороду 18 состоит из CO и неизвестного газа, который не окисляется, но поглощается щелочью, в соотношении 1 : 1.

Посчитаем его молекулярную массу.

$$0,5 \cdot 28 + 0,5 x = 36. \text{ Отсюда } x = 44, \text{ что соответствует } \text{CO}_2$$

4) Определим наиболее тяжелый газ. В исходной смеси на него приходится половина объема.

Расчет молекулярной массы

$$0,5 x + 0,25 \cdot 28 + 0,25 \cdot 44 = 50, \text{ отсюда } x = 64, \text{ соответствует } \text{SO}_2.$$

10-5.

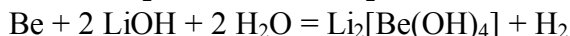
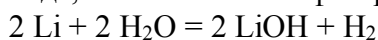
1. Так как из 6,24 моль сплава получено 0,5 моль газа, то очевидно речь идет об очень легких металлах, так как средний эквивалент металлов в сплаве составляет:

$$6,24 / (0,5 \cdot 2) = 6,24$$

При этом неизвестные металлы должны быть активными, так как сплав растворился в воде.

Один из металлов литий (молекулярная масса и эквивалент 7).

Значит, эквивалент второго металла должен быть еще меньше. Этому условию удовлетворяет бериллий. Его молекулярная масса 9, но он двухвалентен, значит эквивалент равен 4,5. Бериллий не растворяется в воде, но так как он амфотерен, он растворяется в щелочи, которая образовалась при растворении лития.



Определим количественный состав смеси.

Пусть в смеси x моль Li и y моль Be. При растворении сплава выделяется $0,5x + y$ моль H_2 .

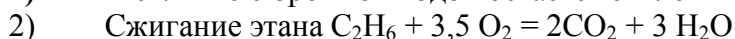
$$7x + 9y = 6,24$$

$$0,5x + y = 0,5$$

$$x = 0,696 \text{ моль} = 4,872 \text{ г.} \quad \text{около } 78,08\% \quad y = 0,152 \text{ моль} = 1,368 \text{ г, } 21,92\%$$

10-6.

1) В склянке с бромной водой остается этилен в виде дибромэтилена, конкретно 1,4 г или 0,05 моль.



При этом получается 2 моля CO_2 и 3 моля воды.

В условии получено 0,2 моля CO_2 . При сжигании чистого этана при этом получилось бы 0,3 моля воды, однако реально получено 0,25 моля воды.

Таким образом, сжигали не чистый этан, а смесь этана и этилена. Этилен не полностью поглотился бромной водой.

3) При сжигании этилена $\text{C}_2\text{H}_4 + 3 \text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ получается 2 моля CO_2 и 2 моля воды.

Таким образом, сжигали смесь этана и этилена в мольном отношении 1 : 1.

4) Так как получается 0,2 моль CO_2 , то смесь содержит всего 0,1 моль углеводородов, из них 0,05 моль этана и 0,05 моль этилена.

5) В исходной смеси 0,05 моль этана и $0,05 + 0,05 = 0,1$ моль этилена.