

**ФИПИ, Типовые варианты экзаменационных заданий (2025)**  
**30 вариантов, Ю.Н. Медведев**

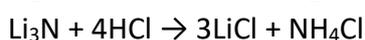
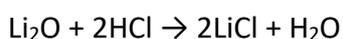
**Вариант 5, задача 34**

Смесь оксида лития и нитрида лития, в которой массовая доля атомов лития составляет 56%, растворили в 730 г 10%-ной хлороводородной кислоты. При этом все реагирующие вещества вступили в реакцию полностью. К полученному раствору добавили 530 г 20%-ного раствора фосфата калия. Вычислите массовую долю всех солей в конечном растворе. В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин).

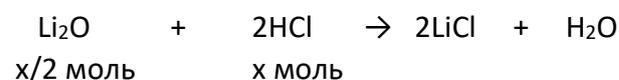
**1) Рассчитаем количество вещества HCl и запишем реакции с смесью Li<sub>2</sub>O и Li<sub>3</sub>N:**

$$m(\text{HCl}) = m(\text{р-ра HCl}) \cdot w(\text{HCl}) = 730 \cdot 0.1 = 73 \text{ г.}$$

$$n(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / M(\text{HCl}) = 73 \text{ г} / 36.5 (\text{г/моль}) = 2 \text{ моль.}$$



Так как нам известно количество вещества всего HCl, а не отдельно по реакциям, нужно что-то обозначить за x. Пусть n(HCl в реакции с Li<sub>2</sub>O) = x моль, а во второй реакции n(HCl) = 2-x моль. (\*\*\*)



Т.е.  $n(\text{Li}_2\text{O}) = 0.5 \cdot x$  моль и  $n(\text{Li}_3\text{N}) = 0.25 \cdot (2-x) = 0.5 - 0.25 \cdot x$ .

По условию задачи  $w(\text{атомов Li}) = 0.56$ . Запишем уравнение на массовую долю через x. Для этого нужно выразить количество атомов лития через количество молекул оксида и нитрида:

n атомов Li в Li<sub>2</sub>O:

$n(\text{атомов Li в Li}_2\text{O}) = 2 \cdot n(\text{Li}_2\text{O})$ , так как количество атомов Li в 2 раза больше самих молекул Li<sub>2</sub>O.

$$n(\text{атомов Li в Li}_2\text{O}) = 2 \cdot 0.5 \cdot x \text{ моль} = x \text{ моль.}$$

n атомов Li в Li<sub>3</sub>N:

$n(\text{атомов Li в Li}_3\text{N}) = 3 \cdot n(\text{Li}_3\text{N})$ , так как количество атомов Li в 3 раза больше самих молекул Li<sub>3</sub>N.

$$n(\text{атомов Li в Li}_3\text{N}) = 3 \cdot (0.5 - 0.25 \cdot x) = (1.5 - 0.75 \cdot x) \text{ моль.}$$

Запишем массовую долю:

$$w(\text{атомов Li}) = \frac{n(\text{атомов Li всего}) \cdot M(\text{Li})}{m(\text{Li}_2\text{O}) + m(\text{Li}_3\text{N})} = 0.56$$

$n(\text{атомов Li всего}) = n(\text{атомов Li в Li}_2\text{O}) + n(\text{атомов Li в Li}_3\text{N}) = x + (1.5 - 0.75 * x) = 0.25x + 1.5$   
моль.

$m(\text{Li}_2\text{O}) = n(\text{Li}_2\text{O}) * 30(\text{г/моль}) = (0.5 * x) \text{ моль} * 30(\text{г/моль}) = 15x \text{ г}$

$m(\text{Li}_3\text{N}) = n(\text{Li}_3\text{N}) * 35(\text{г/моль}) = (0.5 - 0.25 * x) \text{ моль} * 35(\text{г/моль}) = (17.5 - 8.75x) \text{ г}$

Подставляем в уравнение для массовой доли атомов Li:

$w(\text{атомов Li}) = \frac{(0.25x + 1.5) \text{ моль} * 7}{15x + (17.5 - 8.75x)} = 0.56$       Раскрываем скобки:

$$\frac{1.75x + 10.5}{6.25x + 17.5} = 0.56 \quad \text{или} \quad 1.75x + 10.5 = 0.56 * (6.25x + 17.5)$$

Раскрывая скобки, получим:

$x = 0.4$  моль.

Теперь можем найти количество оксида и нитрида лития отдельно:

$n(\text{Li}_2\text{O}) = 0.5 * x \text{ моль} = 0.5 * 0.4 = 0.2 \text{ моль}$ .

$n(\text{Li}_3\text{N}) = 0.5 - 0.25 * x = (0.5 - 0.25 * 0.4) \text{ моль} = 0.4 \text{ моль}$ .

$m(\text{Li}_2\text{O}) = 0.2 \text{ моль} * 30 \text{ г/моль} = 6 \text{ г}$

$m(\text{Li}_3\text{N}) = 0.4 \text{ моль} * 35 \text{ г/моль} = 14 \text{ г}$ .

### Суммарная масса раствора:

Смесь  $\text{Li}_2\text{O}$  и  $\text{Li}_3\text{N}$  + р-р  $\text{HCl}$

$$6 + 14 + 730 = 750 \text{ гр.}$$

Газов или осадков не образуется, значит вычитать ничего не нужно.

### 2) Вычислим количество $\text{LiCl}$ , образующегося в обеих реакциях с $\text{HCl}$ :



По коэффициентам нашли количества  $\text{LiCl}$ . Так как в задаче сказано, что все реагирующие вещества расходуются полностью, то

$n(\text{LiCl}) = 2 * n(\text{Li}_2\text{O}) = n(\text{HCl}) = 0.4 \text{ моль}$       по реакции с  $\text{Li}_2\text{O}$

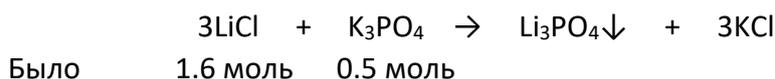
$n(\text{LiCl}) = 3 * n(\text{Li}_3\text{N}) = n(\text{HCl}) * 3/4 = 1.2 \text{ моль}$       по реакции с  $\text{Li}_3\text{N}$ .

$n(\text{LiCl общее}) = 0.4 + 1.2 = 1.6 \text{ моль}$ .

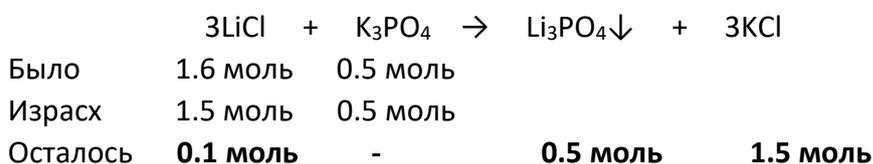
### 3) Запишем реакцию с $\text{K}_3\text{PO}_4$ и вычислим его количество:

$m(\text{K}_3\text{PO}_4) = m(\text{р-ра K}_3\text{PO}_4) * w(\text{K}_3\text{PO}_4) = 530 * 0.2 = 106 \text{ г}$

$n(\text{K}_3\text{PO}_4) = m(\text{K}_3\text{PO}_4) / M(\text{K}_3\text{PO}_4) = 106 \text{ г} / 212(\text{г/моль}) = 0.5 \text{ моль}$ .



Для реакции с 0.5 моль  $\text{K}_3\text{PO}_4$  необходимо  $0.5 \cdot 3$  моль = 1.5 моль  $\text{LiCl}$ , а у нас имеется 1.6 моль. Следовательно,  $\text{LiCl}$  имеется в избытке. Количество  $\text{KCl}$  будем рассчитывать по количеству  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , т.к. он в недостатке.



#### 4) В итоговом растворе имеем:

$\text{NH}_4\text{Cl}$  (0.4 моль) - остался в растворе после реакции с  $\text{HCl}$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0.4 \text{ моль} \cdot 53.5 \text{ г/моль} = 21.4 \text{ г.}$$

$\text{LiCl}$  (0.1 моль) - избыток после реакции с  $\text{K}_3\text{PO}_4$

$$m(\text{LiCl}) = 0.1 \text{ моль} \cdot 42.5 \text{ г/моль} = 4.25 \text{ г.}$$

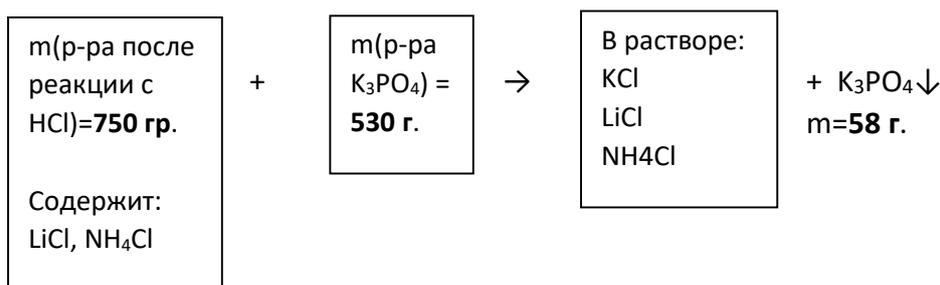
$\text{KCl}$  (1.5 моль) - образовался в реакции с  $\text{K}_3\text{PO}_4$ .

$$m(\text{KCl}) = 1.5 \text{ моль} \cdot 74.5 \text{ г/моль} = 111.75 \text{ г.}$$

В последней реакции образуется осадок, его необходимо вычесть из общей массы, чтобы получить только массу самого раствора:

$$m(\text{Li}_3\text{PO}_4) = 0.5 \text{ моль} \cdot 116 = 58 \text{ г.}$$

Изобразим схематически:



#### 5) Вычисляем массу всего раствора:

$$m(\text{ всего р-ра}) = m(\text{р-ра после 1й реакции}) + m(\text{р-ра } \text{K}_3\text{PO}_4) - m(\text{осадка } \text{K}_3\text{PO}_4)$$

$$m(\text{ всего р-ра}) = 750 + 530 - 58 = 1222 \text{ г.}$$

#### 6) Вычислим массовые доли солей:

$$w(\text{NH}_4\text{Cl}) = 21.4 / 1222 = 0.0175 \text{ или } 1.75\%$$

$$w(\text{LiCl}) = 4.25 / 1222 = 0.0035 \text{ или } 0.35\%$$

$$w(\text{KCl}) = 111.75 / 1222 = 0.0914 \text{ или } 9.14\%.$$

(\*\*\*) Если за x моль обозначить количество  $\text{Li}_2\text{O}$ , а за y моль – количество  $\text{Li}_3\text{N}$  и составить систему из двух уравнений, то решение будет не таким громоздким.