

Оптимизация обучения химии на основе межпредметных связей

(из опыта работы на подготовительном факультете)

*Кузнецова Татьяна Ивановна, доцент Центра международного образования МГУ
им. М.В. Ломоносова, кандидат педагогических наук*

*Корнеева Ирина Витальевна, старший преподаватель Центра международного
образования МГУ им. М.В. Ломоносова*

Элементы информатики в преподавании химии в системе предвузовского образования применяются в различных вариантах:

- для систематизации и объединения знаний по проведению экспериментов. В этом случае основной акцент делается на блок-схему, составление которой возможно только в случае полной ясности в понимании учащимся всей темы во всех её нюансах;
- для описания последовательности вычислений при решении вычислительных задач. В этом случае обычно сначала используется словесно-пошаговый способ описания алгоритма, а затем, если возможно сделать некоторые обобщения, и его блок-схемное представление;
- для вычислений, необходимых при решении задачи. Как правило, это делается по заранее разработанному алгоритму. При этом вычисления могут производиться как ручным способом, так и с помощью калькуляторов, компьютеров;
- для демонстрации решения вычислительных задач во всей полноте, т. е. не только для «доведения до числа», но и для расширения путём аналогий и обобщений определённого типа задач. В этом случае основной акцент делается на составлении программы и на последующей её отладке. При этом возникает уникальная возможность объединить различные способы решения задачи, например, посредством сравнения численных значений результатов, полученных разными способами.

Проиллюстрируем эти направления примерами¹.

I. Составление алгоритмов решения экспериментальных задач

Задача 1. Составим алгоритм определения среды раствора с помощью лакмусовой бумажки. Напомним, что среда водного раствора может быть кислой ($\text{pH} < 7$), щелочной ($\text{pH} > 7$) и нейтральной ($\text{pH} = 7$), а лакмусовая бумажка в кислой среде краснеет, в щелочной — синееет, в нейтральной не изменяет цвета. Итак:

Алгоритм: определение среды раствора

1. Взять раствор и лакмусовую бумажку.
2. Опустить лакмусовую бумажку в раствор.
3. Если бумажка покраснеет, то перейти к шагу 4, если цвет бумажки не изменится, перейти к шагу 6.
4. Записать ответ: «Раствор кислотный».

¹ При составлении и решении задач использовались следующие пособия: **Пак М.** Микрокалькуляторы на уроках химии: Кн. для учителя. М.: Просвещение, 1988; **Брычков Ю.А., Кузнецова Т.И.** Введение в информатику: Учеб. пособие / Под общ. ред. Т.И. Кузнецовой. М.: УРСС, 1997; **Ершов А.П. и др.** Основы информатики и вычислительной техники: Проб. учеб. пособие для сред. учеб. заведений. В 2-х ч. / Под ред. А.П. Ершова, В.М. Монахова. М.: Просвещение, 1985, ч. I; 1986, ч. II; **Адаменкова М.Д., Борисова Е.Н.** Основные закономерности протекания реакций в водных растворах (учебное пособие для студентов-иностранцев). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989; **Магдесиева Н.Н., Кузьменко Н.Е.** Учить решать задачи по химии: Кн. для учащихся. М.: Просвещение, 1986; **Гольдфарб Я.П., Ходаков Ю.В., Дадонов Ю.Б.** Химия. Задачник. 8–11 классы. М.: Дрофа, 2000.

5. Перейти к шагу 10.
6. Если лакмусовая бумажка посинеет, то перейти к шагу 7, если цвет бумажки не изменится, перейти к шагу 9.
7. Записать ответ: «Раствор щелочной».
8. Перейти к шагу 10.
9. Записать ответ: «Раствор нейтральный».
10. Конец: закончить работу.

Блок-схема алгоритма изображена на рис. 1 (см. также [2, с. 46, рис. 15] или [3, ч. I, с. 27, рис. 16].

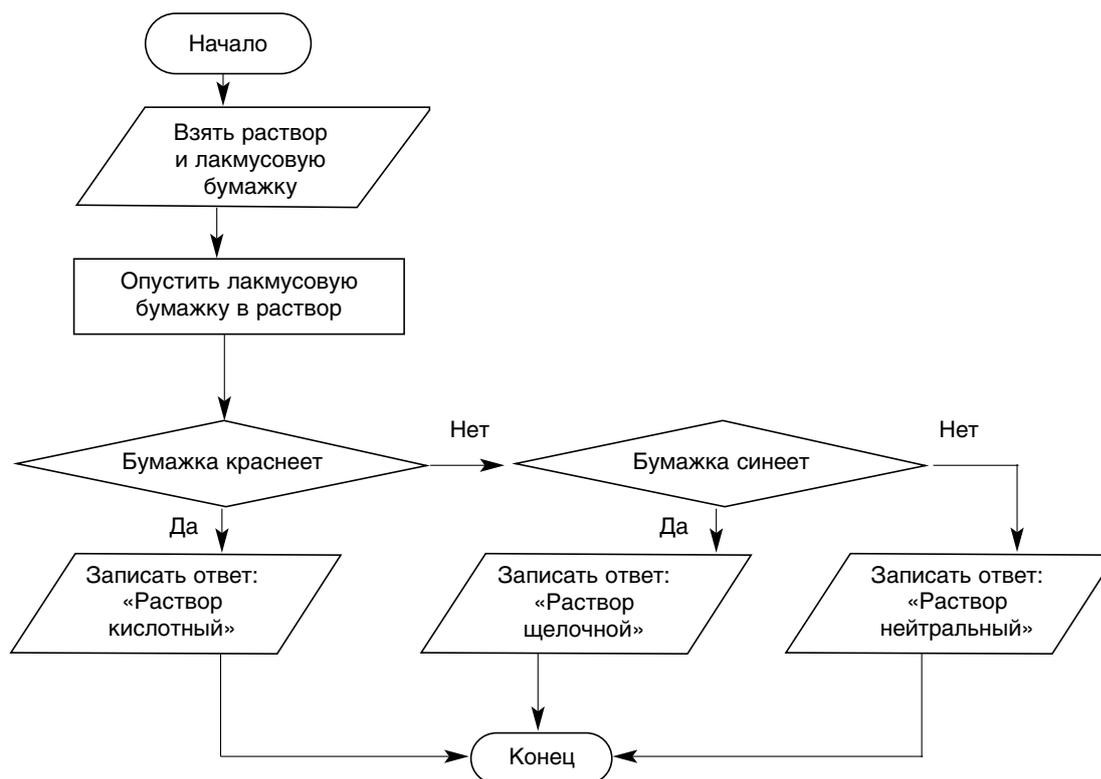


Рис. 1

II. Составление алгоритма решения типовых вычислительных задач по химии

1. Словесно-пошаговый способ описания алгоритма

Задача 2. Вычислите, сколько молекул содержится в 0,01 г сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$.

Алгоритм: расчёт количества молекул

1. Написать формулу соединения:



2. Из таблицы Д.И. Менделеева выписать значения относительных атомных масс элементов, которые входят в это соединение:

$$A_r(Al) = 27, A_r(S) = 32, A_r(O) = 16.$$

3. Вспомнить число Авогадро:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}.$$

4. Вычислить относительную молекулярную массу $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$M_r [\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 2 \cdot A_r (\text{Al}) + 3 \cdot A_r (\text{S}) + 12 \cdot A_r (\text{O}) = 2 \cdot 27 + 3 \cdot 32 + 12 \cdot 16 = 342.$$

5. Написать молярную массу соединения (учесть, что она численно равна относительной молекулярной массе этого соединения):

$$M [\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 342 \text{ г/моль.}$$

6. Составить пропорцию для нахождения искомого количества молекул:

$$342 \text{ г } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$0,01 \text{ г } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - x \text{ молекул } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$\frac{342}{0,01} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{x}$$

7. Из этой пропорции вычислить искомое количество молекул:

$$x = \frac{0,01 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{342} \approx 1,7 \cdot 10^{19} \text{ (молекул } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{).}$$

8. Закончить работу.

З а м е ч а н и е. Этот алгоритм пригоден для любого соединения. Он может быть использован и для расчёта количества атомов и молекул простого вещества.

2. Блок-схемное представление алгоритма

Задача 3. Сколько граммов фосфата натрия образуется при взаимодействии фосфорной кислоты массой 24,5 г и гидроксида натрия массой 95 г?

Р е ш е н и е. Сначала запишем алгоритм решения задачи в словесно-пошаговой форме:

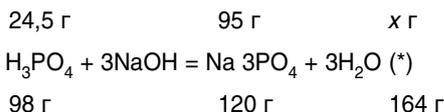
1. Вычислить молярные массы веществ:

$$M_r(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \cdot 1 + 31 + 4 \cdot 16 = 98 \quad M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$M_r(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \quad M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$M_r(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 3 \cdot 23 + 31 + 4 \cdot 16 = 164 \quad M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \text{ г/моль}$$

2. Составить уравнение реакции, указав при этом исходные данные и результат x :



Здесь (так как $m = \nu M$)

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 98 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = 3 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 120 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 1 \text{ моль} \cdot 164 \text{ г/моль} = 164 \text{ г}$$

3. Вычислить отношения

$$\varphi_1 = \varphi(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{24,5 \text{ г}}{98 \text{ г}} = 0,25; \quad \varphi_2 = \varphi(\text{NaOH}) = \frac{95 \text{ г}}{120 \text{ г}} \approx 0,79.$$

4. Так как $\varphi_1 < \varphi_2$, то NaOH — в избытке. Следовательно, дальнейшие расчёты надо вести по H_3PO_4 :

из реакции: 98 г H_3PO_4 — 164 г Na_3PO_4

из условия: 24,5 г H_3PO_4 — x г Na_3PO_4

$$\frac{98 \text{ г}}{24,5 \text{ г}} = \frac{164 \text{ г}}{x}$$

Отсюда

$$x = \frac{24,5 \text{ г} \cdot 164 \text{ г}}{98 \text{ г}} = \varphi_1 \cdot 164 \text{ г} = 41 \text{ г} (\text{Na}_3\text{PO}_4).$$

5. Конец. Ответ получен: $m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 41 \text{ г}$.

Блок-схема алгоритма изображена на рис. 2 (см. также [2, с. 179, рис. 48]). В ней (ИД — исходные данные, РЕЗ — результат решения задачи):

ИД: m_1 — масса фосфорной кислоты H_3PO_4 (молярная масса — 98 г/моль);

m_2 — масса гидроксида натрия NaOH (молярная масса — 40 г/моль);

РЕЗ: m_3 — искомая масса фосфата натрия Na_3PO_4 (молярная масса — 164 г/моль).

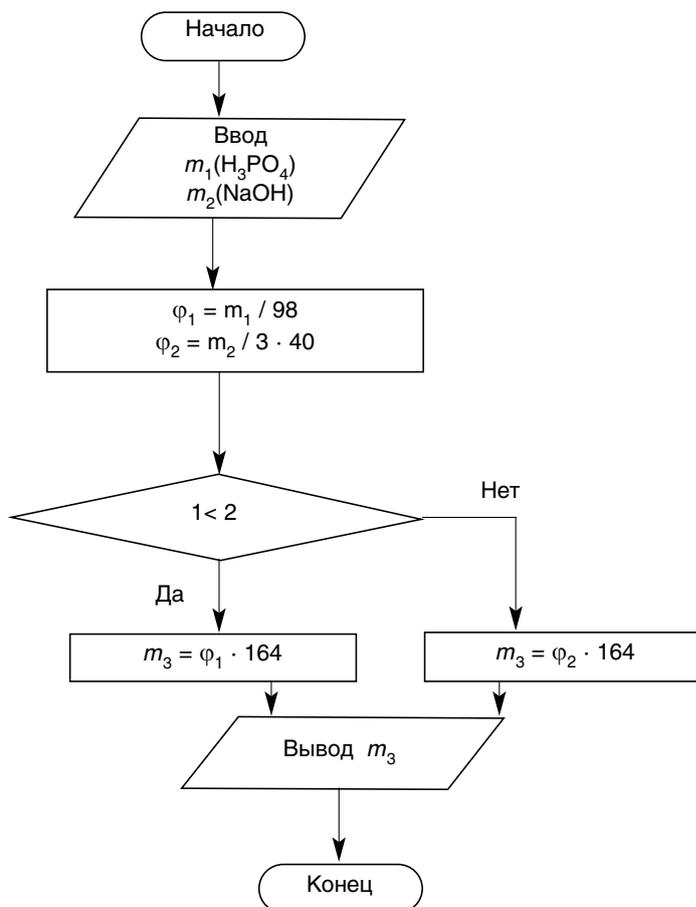


Рис. 2

Задачи для самостоятельной работы. Составьте алгоритмы для решения задач:

1. Определить объём заданной массы газа при нормальных условиях на примере угарного газа (CO).
2. К объёму v_1 (см³) раствора, который имеет плотность ρ (г/см³) и массовую долю растворённого вещества w_1 (%), добавлена вода. Масса воды m_1 (г). Вычислить массовую долю вещества w_2 (%) в полученном растворе.
3. Определить массу вещества m_1 (г), которая содержится в объёме v_1 (мл) раствора этого вещества. Концентрация раствора c (моль/л).
4. Определить массу гидроксида меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$, образовавшегося при сливании двух растворов, содержащих соответственно 24 г сульфата натрия Na_2SO_4 и 16 г гидроксида натрия NaOH .

5. Рассчитать процентное содержание элементов, которые содержатся в данном соединении (например, в серной кислоте).
6. Определить формулу соединения по заданному процентному соотношению известных элементов (на примере Na — 33,3 %, N — 20,29 %, O — 46,38 %).
7. По заданному процентному соотношению изотопов найдите среднюю атомную массу элемента Cl, если $^{35}_{17}\text{Cl} = 75,4\%$, $^{37}_{17}\text{Cl} = 24,6\%$.

III. Составление программ решения задач с использованием алгоритмического языка БЭЙСИК

1. Линейные программы

Задача 4. Вычислить массу гидроксида натрия NaOH (в граммах), содержащуюся в 0,1 л раствора, молярная концентрация которого 1 моль/л.

Решение. Обозначим исходные данные (ИД) и результат (РЕЗ) в общем виде.

ИД: V — объём данного раствора, л;

C — молярная концентрация, моль/л;

A1, A2, A3 — относительные атомные массы кислорода, натрия, водорода соответственно.

РЕЗ: MG — масса NaOH, г.

Составим программу с применением операторов DATA и READ:

Программа 1

```
10 REM ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ
```

```
20 DATA 0.1,1,16,23,1
```

```
30 READ V,C,A1,A2,A3
```

```
40 N=C*V
```

```
50 M=A1+A2+A3
```

```
60 MG=M*N
```

```
70 PRINT «МАССА MG=»; MG; «г»
```

```
80 END
```

Здесь M — молярная масса гидроксида натрия NaOH в г/моль, MG — его масса в граммах. Запустив эту программу, получаем ответ:

M1 = 4 г.

Он даёт нам искомую массу гидроксида натрия: 4 г.

Задача 5. Вычислить массу фосфата натрия Na_3PO_4 , содержащегося в 1 л раствора с молярной концентрацией 0,3 моль/л.

Решение.

ИД: V и C — такие же, как в задаче 4:

V — объём данного раствора, л;

C — молярная концентрация, моль/л;

A1, A2, A3 — аналогично задаче 4 — относительные атомные массы составляющих элементов — натрия, фосфора и кислорода соответственно;

N1, N2, N3 — индексы, показывающие, сколько атомов составляющих элементов — натрия, фосфора и кислорода — содержится в данной молекуле.

РЕЗ: MG — масса Na_3PO_4 , г.

Составим программу с применением оператора INPUT:

Программа 2

```

10 REM ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ
20 PRINT «ВВЕДИТЕ V, C, A1, N1, A2, N2, A3, N3»
30 INPUT V, C, A1, N1, A2, N2, A3, N3
40 N=C*V
50 M= N1*A1+N2*A2+N3*A3
60 MG=M*N
70 PRINT «МАССА MG=»; MG; «g»
80 END
    
```

В этой программе M — молярная масса фосфата натрия Na_3PO_4 в г/моль, MG — его масса в граммах. Запустив эту программу для конкретных значений исходных данных задачи 5:

$V = 1$, $C = 0.3$, $A_1 = 23$, $N_1 = 3$, $A_2 = 31$, $N_2 = 1$, $A_3 = 16$, $N_3 = 4$,

получаем ответ:

$MG = 49.2 \text{ g}$

Он даёт нам искомую массу фосфата натрия: 49,2 г.

Ясно, что программа 2 более общая, чем программа 1, с её помощью можно решить и задачу 4, если запустить её со следующими значениями параметров:

$V = 0.1$, $C = 1$, $A_1 = 23$, $N_1 = 1$, $A_2 = 16$, $N_2 = 1$, $A_3 = 1$, $N_3 = 1$

З а м е ч а н и я.

1. С помощью программы 2 легко решаются типовые задачи на вычисление массы вещества в растворе по известным объёму этого раствора и его молярной концентрации. Задачи 4 и 5 являются представителями этого типа.

2. При этом количество составных элементов должно быть не больше трёх; однако, если их будет больше, нетрудно дописать программу 2, добавив в строки 20 и 30 соответствующие пары параметров A_4, N_4, \dots , а затем в строке 50 — слагаемые $N_4 A_4, \dots$

3. Программа 2 может быть использована в случае двух составных элементов — достаточно задать $A_3 = 0$ и $N_3 = 0$.

Задачи для самостоятельной работы

1. Составьте программу решения задачи:

а) Вычислить массу хлорида натрия NaCl (в граммах), содержащуюся в 0,1 л раствора, молярная концентрация которого 1 моль/л.

б) Вычислить массу NaH_2PO_4 в 1 л раствора с молярной концентрацией 0,3 моль/л.

2. С помощью составленных программ вычислить массу следующих веществ (в граммах), содержащуюся в 0,1 л раствора, молярная концентрация которого 1 моль/л:

1) а) HCl ; б) HBr ; в) KCl ; г) NaBr ;

2) а) KOH ; б) HClO ;

3) а) CaCl_2 ; б) BaCl_2 ; в) PbCl_2 ; г) SO_3 ;

4) а) HClO_2 ; б) HClO_3 ; в) HClO_4 ; г) HNO_2 ; д) HNO_3 ; е) AgNO_3 ; ж) CuSO_4 ; з) CaSO_4 ;

5) а) H_2SO_4 ; б) K_2SO_4 ;

6) а) $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; б) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$;

7) а) $\text{Ba}(\text{OH})_2$; б) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; в) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

2. Разветвляющиеся программы. Составим программу решения задачи 3. Сначала составим подпрограмму вычисления молярной массы вещества (используем обозначения программы 2):

Подпрограмма 3

10 REM ПОДПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ВЕЩЕСТВА

20 PRINT «ВВЕДИТЕ A1, N1, A2, N2, A3, N3»

30 INPUT A1, N1, A2, N2, A3, N3

40 M= N1*A1+N2*A2+N3*A3

С помощью этой подпрограммы и блок-схемы рис. 2 получаем следующую программу:

Программа 4

10 REM РАСЧЁТЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ (ОДНО ВЕЩЕСТВО В ИЗБЫТКЕ)

20 PRINT «РАСЧЕТ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ПЕРВОГО ВЕЩЕСТВА»

30 GOSUB 230

40 M1=M

50 PRINT «РАСЧЕТ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ВТОРОГО ВЕЩЕСТВА»

60 GOSUB 230

70 M2=M

80 PRINT «РАСЧЕТ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ТРЕТЬЕГО ВЕЩЕСТВА»

90 GOSUB 230

100 M3=M

110 PRINT «ВВЕДИТЕ K1, K2, K3»

120 INPUT K1, K2, K3

130 PRINT «ВВЕДИТЕ МАССЫ MG1 И MG2 РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ»

140 INPUT MG1, MG2

150 J1=MG1/(K1M1)

160 J2=MG2/(K2M2)

170 IF J1<J2 THEN 200

180 MG3=J2K3M3

190 GO TO 210

200 MG3=J1K3M3

210 PRINT «MG3=»; MG3; «g»

220 GO TO 280

230 REM ПОДПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ВЕЩЕСТВА

240 PRINT «ВВЕДИТЕ A1, N1, A2, N2, A3, N3»

250 INPUT A1, N1, A2, N2, A3, N3

260 M= N1*A1+N2*A2+N3*A3

270 RETURN

280 END

Ясно, что в этой программе M1, M2, M3 обозначают молярные массы H_3PO_4 , NaOH и Na_3PO_4 соответственно (г/моль); K1, K2 и K3 — коэффициенты при них в уравнении реакции (*); J1 и J2 — 1 и 2; MG1, MG2 и MG3 — данные в задаче массы m_1 (H_3PO_4), m_2 (NaOH) и искомую массу m_3 (Na_3PO_4) (г).

Запустим эту программу и последовательно (в соответствии с требованиями программы) введём значения переменных задачи 3:

$A1=1, N1=3, A2=31, N2=1, A3=16, N3=4$

$A1=23, N1=1, A2=16, N2=1, A3=1, N3=1$

$A1=23, N1=3, A2=31, N2=1, A3=16, N3=4$

$K1=1, K2=3, K3=1$

$MG1=24.5, MG2=95$

Получаем результат:

$MG3=41 \text{ г}$

Он совпадает с полученным ранее.

З а м е ч а н и я.

1. В данном случае задачу 3 можно рассматривать как отладочный пример: совпадение ответов, полученных ручным счётом и с помощью компьютера, свидетельствует о том, что Программа 4 составлена правильно. Теперь, поскольку эта программа имеет общий вид, её можно использовать для решения других типовых задач «расчёта по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ дано в избытке».

2. Так как при составлении этой программы использовалась программа 2, то все замечания, сделанные к ней, имеют место и здесь.

Задачи для самостоятельной работы

С помощью программы 3 и 4 решите задачи:

1. Вычислите массу пяти молекул нитрата алюминия $Al_3(NO_3)_3$.
2. Определите, сколько граммов аммиака NH_3 можно получить, нагревая смесь 20 г хлорида аммония NH_4Cl с 20 г гидроксида кальция $Ca(OH)_2$.
3. Определите массу нитрата натрия $NaNO_3$, образовавшегося в результате реакции 13 г нитрата серебра $AgNO_3$ и 4 г хлорида натрия $NaCl$.

* * *

В программе повторительного курса химии предусматривается определённый набор типов расчётных задач:

- вычисление относительных молекулярной (M_r) и молярной (M) масс вещества;
- вычисление отношения масс элементов и массовых долей элементов в сложном веществе;
- нахождение простейшей химической формулы вещества по массовым долям элементов;
- вычисление по химическим уравнениям масс веществ по известному количеству вещества, одного из вступающих в реакцию;
- вычисление по химическим уравнениям масс веществ по известному количеству вещества, получающегося в результате реакции;
- вычисление по химическим уравнениям объёмов газов по известному количеству одного из вступающих в реакцию веществ;
- вычисление по химическим уравнениям объёмов газов по известному количеству одного из участвующих в результате реакции веществ;
- расчёты по термохимическим уравнениям;
- вычисление относительной плотности газа;
- вычисление массовой доли растворённого вещества и массы вещества в растворе;
- расчёты молярной концентрации растворов;
- расчёты объёмных отношений газов по химическим уравнениям;
- расчёты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ дано в избытке;
- вычисление массовой доли (в %) выхода продукта реакции от теоретически возможного;

- вычисление массы продукта реакции по известной массе исходного вещества, содержащего определённую долю примеси;
- вычисление объёма продукта реакции по известному объёму исходного вещества, содержащего примеси;
- нахождение молекулярной формулы газообразного вещества.

Возможности оптимизации процесса обучения химии на подготовительном факультете с помощью компьютерной техники достаточно широки. Использование микрокалькуляторов и компьютеров в учебном процессе позволяет, с одной стороны, высвободить время для более глубокого изучения основного материала, с другой — прочнее овладеть опорными знаниями, умениями и навыками работы с вычислительными средствами.

Так, в исследованиях² отмечается, что расчёт, например, массовой доли элемента в веществе обычным способом требует 1,5–3 мин, а использование микрокалькуляторов сокращает это время до 5–15 с. Следовательно, интенсивность вычислительного процесса возрастает более чем в 10 раз.

В процессе работы с компьютером на занятиях по химии устанавливаются межпредметные связи с курсом «Основы информатики и вычислительной техники» при обязательном участии математики. В конечном счёте, учащиеся должны научиться составлять алгоритмы и использовать их для решения задач через описание последовательности шагов перехода от исходных данных к результату, и во многих случаях — через составление программы на алгоритмическом языке, а также последующую отладку этой программы. Решение задач по химии, так же как и по физике и другим предметам, с использованием вычислительных средств даёт возможность закрепить навыки работы с ними.

² Пак М. Микрокалькуляторы на уроках химии: Кн. для учителя. М.: Просвещение, 1988.

