Из опыта разработки
СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ
решению расчётных задач

Стройте систему, я это одобряю,
но не давайте ей порабощать вас.
Д. Дидро

Участие в работе по проверке выполнения заданий ЕГЭ с развёрнутым ответом убеждает в том, что значительная часть выпускников затрудняются в решении задач на растворы. В чём причина? Она, на наш взгляд, состоит в том, что подобные расчётные задачи являются комплексными и для их решения учащиеся должны обладать системой знаний и умений, формирование которой планомерно осуществляется на протяжении изучения всего курса химии, начиная с 8-го класса. Чтобы научиться решать задачи на растворы, учащиеся должны овладеть целым рядом понятий.

На этапе формирования понятий задача учителя «состоит не только в максимальном использовании наглядности, но и в том, чтобы умело руководить самим процессом восприятия — сосредоточивать внимание учащихся лишь на самом главном, самом существенном» [1]. Как показало проведённое нами исследование, при формировании понятий лучше опираться на образы, доступные непосредственному наблюдению [2]. Эти наблюдения могут стать основой для рассуждений. На основе рассуждений выводится формула, позволяющая сократить время, необходимое для решения задачи (рис. 1).

Так, формирование понятия «моль» как единицы количества вещества можно начать с демонстрации учащимся стакана, наполненного горошинами. Стакан используется как мера числа горошин. В одном стакане содержится определённое число горошин.

? А сколько горошин будет в двух стаканах? (Вдвое больше.)

Отмеряем 18 мл воды и выливаем в стакан.

В стакане содержится определённое число молекул.

Выливаем в стакан ещё 18 мл воды.

? Как изменилось число молекул воды в стакане? (Увеличилось в 2 раза.)

Учёные определили меру количества молекул, или количества вещества, и назвали эту меру «моль». Один моль любого вещества содержит огромное число — $6 \cdot 10^{23}$ — структурных единиц. Этими структурными единицами могут быть атомы, молекулы, группы атомов. Установлено, что в 18 г воды содержится как раз $6 \cdot 10^{23}$ молекул воды. Число $6 \cdot 10^{23}$ называют числом Авогадро.

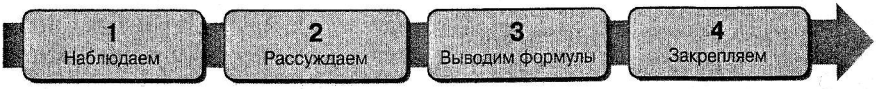

Рис. 1. Путь формирования учебных умений по решению расчётных задач

Снова демонстрируем стакан с 18 мл воды.

? Сколько молекул воды находится в стакане? ($6 \cdot 10^{23}$.)

? А сколько молей воды в стакане? (Один.)

Добавляем ещё 18 мл воды.

? А теперь сколько молекул и молей воды? ($12 \cdot 10^{23}$ молекул и 2 моль.)

Разделяем 18 мл воды на 2 равные части.

? Сколько молекул и молей воды в каждой порции? ($3 \cdot 10^{23}$ молекул и 0,5 моль.)

Далее формируем связь между числом молекул и числом атомов в этих молекулах.

Демонстрируем пенал с двумя ручками в нём.

? В одном пенале 2 ручки. Чего больше: ручек или пеналов? (Ручек больше.)

? Во сколько раз? (В 2 раза.)

? А в 2 пеналах сколько ручек? (Четыре.)

? А если пеналов x, то сколько будет ручек? ($2x$.)

Демонстрируем модель молекулы воды.

? Сколько атомов в одной молекуле воды? (Три.)

? Чего больше: молекул или атомов? (Атомов втрое больше.)

? Если молекул $6 \cdot 10^{23}$, то сколько будет атомов? ($18 \cdot 10^{23}$.)

? А если молекул 1 моль, то каково будет количество вещества атомов (в молях)? (3 моль.)

? Предположим, что молекул $1{,}5 \cdot 10^{23}$. Сколько это молей?

Обычно учащиеся затрудняются ответить на этот вопрос.

Показываем, каким образом для ответа на него можно использовать метод рассуждений.

Записываем на доске:

$6 \cdot 10^{23}$ молекул — это 1 моль;

$1{,}5 \cdot 10^{23}$ молекул — это x моль.

Подчёркиваем, что одно число молекул пишем под другим числом молекул, а одно число молей — под другим числом молей. Рассуждение помогло составить пропорцию:

$$\frac{6 \cdot 10^{23}}{1{,}5 \cdot 10^{23}} = \frac{1}{x}.$$

Из этой пропорции, пользуясь свойством пропорции, можно найти количество вещества, выраженное в молях. Учащиеся самостоятельно записывают выражение:

$$x = \frac{1{,}5 \cdot 10^{23}}{6 \cdot 10^{23}} = 0{,}25.$$

Итак, мы находили количество вещества n.

? Какое число мы делили? (Число молекул.)

Обозначаем эту величину N.

? На что делили? (На число Авогадро.)

Обозначаем число Авогадро N_A.

Учащиеся самостоятельно выводят формулу:

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

Таким образом, в данном случае мы шли от наблюдений через рассуждения к формуле. На следующем этапе необходимо научить школьников применять полученные знания при расчётах по уравнениям химических реакций. Удобнее всего это делать с использованием таблиц [3].

Формирование понятия об уравнении химической реакции начинаем с демонстрации одной из реакций — взрыва гремучей смеси. Моделируем реакцию водорода с кислородом сначала с помощью шаростержневых моделей, затем рисунков, а после записываем уравнение этой химической реакции с использованием химических формул. Обязательно проговариваем записанное уравнение вслух: «Одна молекула кислорода реагирует с двумя

молекулами водорода с образованием двух молекул воды. Один моль кислорода реагирует с двумя молями водорода с образованием двух молей воды». После этого учащиеся самостоятельно заполняют пустые ячейки таблицы.

O_2	+	$2H_2$	=	$2H_2O$
1 молекула				
				6 молекул
		$3 \cdot 10^{23}$ молекул		
1 моль				
		1,5 моль		
				$6 \cdot 10^{23}$ молекул

Мы вкратце рассмотрели последовательность совместных действий учителя и учащихся при формировании понятий «количество вещества», «моль», «число Авогадро» и «уравнение химической реакции». Аналогичные методы обучения могут быть применены для формирования всех других понятий, необходимых для решения расчётных задач. В предложенной ниже системе этапы формирования учебных умений соответствуют рис. 1.

Система обучения решению задач на растворы

1. Формируемые понятия: количество вещества, моль, число Авогадро.

Наблюдаем модели (аналогии) и вещества.

Рассуждаем. Рассчитываем методом пропорции количество вещества и число структурных единиц.

Выводим формулу на основе пропорции:

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

Закрепляем. Решаем задачи сначала прямые (найти количество вещества), затем обратные (найти число молекул по известному количеству вещества).

2. Формируемое понятие: уравнение химической реакции.

Наблюдаем химические реакции (например, водорода с кислородом).

Рассуждаем. Моделируем и рисуем.

Выводим формулы. Записываем уравнение химической реакции и читаем его (сначала с использованием понятия «молекула», а затем — «моль»).

Закрепляем. Определяем неизвестные количества вещества и число структурных единиц по уравнению химической реакции.

3. Формируемые понятия: молекулярная масса, молярная масса, масса вещества.

Наблюдаем. Сравниваем массы определённого числа моделей атомов и молекул разной массы, массы 1 моль различных веществ.

Рассуждаем. Рассчитываем количество вещества по известной массе и молярной массе методом пропорции.

Выводим формулу для расчёта количества вещества по известной массе и молярной массе:

$$n = \frac{m}{M}.$$

Закрепляем. Рассчитываем массу, количество вещества, молярную массу.

4. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции на основе известной массы одного продукта или реагента.

Наблюдаем. Смешиваем различные по массе порции твёрдых веществ (железо с серой, иод с алюминием, натрий с серой) с целью убедиться, что они реагируют в определённых массовых соотношениях.

Рассуждаем. Моделируем реакции с использованием шаростержневых моделей, рисунков.

Выводим формулы. Делаем вывод о необходимости расчёта количества вещества по известной массе реагента или продукта. До-

полняем схему решения расчётных задач по уравнениям реакций (рис. 2 на с. 48).

Закрепляем. Производим расчёты по уравнениям химических реакций по известным массам реагентов или продуктов.

5. Формируемые понятия: молярный объём газов, закон Авогадро и его следствия.

Наблюдаем определённые объёмы различных газов, сравниваем число молекул и количества веществ в этих порциях газов.

Рассуждаем. Рассчитываем количество вещества по известному объёму и молярному объёму методом пропорции.

Выводим формулу на основе пропорции:

$$n = \frac{V}{V_m}.$$

Закрепляем. Рассчитываем молярный объём при н. у., а также при условиях, отличных от нормальных, количество вещества, объём газа по известному объёму (количеству вещества, массе).

6. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции на основе известного объёма газообразного вещества.

Наблюдаем химические реакции между газообразными и твёрдыми веществами.

Рассуждаем. Моделируем химические реакции, делаем рисунки.

Выводим формулы. Делаем вывод о том, что для реакций, протекающих между газами, нет необходимости рассчитывать количества веществ при определении объёма.

Закрепляем. Рассчитываем количество вещества, массу или объём вещества по известной массе (количеству вещества или объёму) одного из реагентов или продуктов химической реакции.

7. Формируемое понятие: объёмная доля вещества в газовой смеси.

Наблюдаем. Смешиваем газы, находим объёмную долю вещества в газовой смеси.

Рассуждаем. Рассчитываем объёмную долю вещества в смеси, объём вещества или объём смеси методом пропорции.

Выводим формулу для расчета объёмной доли вещества на основе пропорции:

$$\varphi = \frac{V\,(\text{в-ва})}{V\,(\text{см.})}.$$

Закрепляем. Рассчитываем объём вещества, объёмные доли веществ, объём смеси по известным объёмным долям веществ, объёму смеси, объёмам газообразных веществ.

8. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции на основе объёмной доли газов в смеси.

Наблюдаем реакцию твёрдого вещества со смесью газов, например горение в воздухе.

Рассуждаем. Моделируем химические реакции, делаем рисунки для газовых смесей.

Выводим формулы. Делаем вывод о необходимости расчёта сначала объёма компонента смеси, а затем при необходимости его количества вещества, дополняя тем самым схему.

Закрепляем. Проводим расчёты по уравнениям химических реакций с участием воздуха и других газовых смесей.

9. Формируемые понятия: смеси, растворы, массовая доля вещества в смеси, массовая доля примеси в веществе.

Наблюдаем. Смешиваем известные массы различных веществ, в том числе растворяя вещество в воде, рассчитываем массовые доли и массы веществ и растворов по результатам наблюдений.

Рассуждаем. Рассчитываем массы веществ, массы смесей, массовые доли методом пропорции.

Выводим формулу для расчёта массовой доли на основе пропорции:

$$w = \frac{m\,(\text{в-ва})}{m\,(\text{см.})}.$$

Закрепляем. Рассчитываем массы веществ, массовые доли веществ, массы смесей

(растворов) с использованием понятия «массовая доля».

10. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции на основе известной массы раствора реагента или продукта с определённой массовой долей вещества или известной массовой доли примеси в веществе.

Наблюдаем. Смешиваем растворы веществ с разными массовыми долями, например щёлочи и кислоты, в присутствии индикатора.

Рассуждаем. Убеждаемся, что результат реакции зависит не только от объёма растворов, но и от количества веществ, содержащихся в растворах. Рассчитываем массы и количества веществ методом пропорции.

Выводим формулы. Делаем вывод о необходимости расчёта количества реагентов по известной массе смеси и массовой доле растворённого вещества. Выводим формулу для расчёта количества вещества по известной массе смеси или раствора:

$$n = \frac{m\,(\text{см.}) \cdot w}{M}.$$

Закрепляем. Проводим расчёты по уравнениям химических реакций по известной массе смеси веществ с определённой массовой долей действующего вещества.

11. Формируемые понятия: объём раствора, плотность раствора.

Наблюдаем. Сравниваем массы равных объёмов веществ.

Рассуждаем. Определяем понятие плотности как массы единицы объёма. Проводим расчёты визуальным методом. Рассчитываем массы, объёмы, плотности по известным объёмам, массам, плотностям методом пропорции.

Выводим формулу на основе пропорции:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Закрепляем. Рассчитываем плотности, массы, объёмы веществ и растворов по известным плотностям, массам, объёмам, проводим аналогичные вычисления для случаев смешивания растворов.

12. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции на основе известного объёма раствора реагента или продукта с определённой плотностью и массовой долей растворённого вещества.

Наблюдаем. Смешиваем известные объёмы реагирующих веществ с известной плотностью и массовой долей растворённого вещества.

Рассуждаем. Делаем вывод о необходимости вычитания массы осадка или газа и определения массы раствора, массы растворённого вещества, количества растворённого вещества.

Выводим формулу для определения количества растворённого вещества по объёму раствора с известной массовой долей:

$$n = \frac{V\,(\text{р-ра}) \cdot \rho \cdot w}{M}.$$

Закрепляем. Производим вычисления плотности, массы раствора, массовых долей, объёма раствора вещества по известному объёму другого раствора, его плотности.

13. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции с использованием понятия «выход продукта».

Наблюдаем химические реакции и потери при их проведении.

Рассуждаем. Обсуждаем причины потерь при проведении химических реакций, вводим понятие выхода продукта химической реакции. Решаем задачи на выход продукта методом пропорции.

Выводим формулы для расчёта выхода продукта химической реакции:

$$\eta = \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{т}}};\quad \eta = \frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{т}}};\quad \eta = \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{т}}}.$$

Закрепляем. Решаем задачи с использованием понятия «выход продукта химической реакции».

14. Формируемое умение: производить расчёты по уравнению химической реакции с использованием понятия об избытке и недостатке.

Наблюдаем взаимодействие соляной кислоты и раствора гидроксида натрия в присутствии лакмуса.

Рассуждаем. Обсуждаем, какую среду (кислотную, щелочную или нейтральную) будет иметь конечный раствор.

Выводим формулы. Обсуждаем роль величины «количество вещества» в определении вещества, взятого в избытке.

Закрепляем. Решаем задачи на «избыток-недостаток».

Постепенно от урока к уроку учащиеся строят опорную схему, необходимую для решения расчётных задач (см. рис. 2). ■

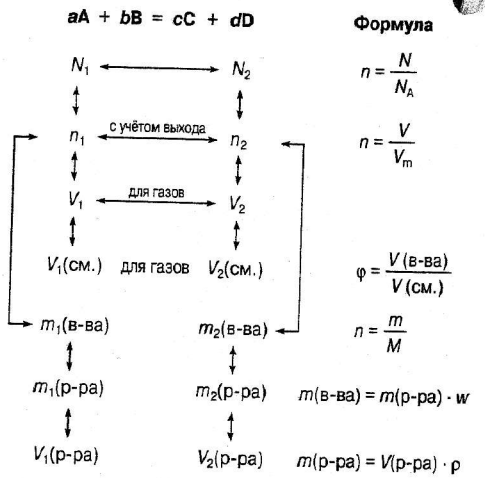

Рис. 2. Опорная схема для решения задач на растворы

ЛИТЕРАТУРА

1. **Борисов И. Н.** Методика преподавания химии. — М.: Учпедгиз, 1956. — С. 85.

2. **Ахметов М. А., Исаева О. Н., Пильникова Н. Н.** О месте наглядных средств обучения при формировании у школьников химических понятий // Starptautiskas, Zinetniski Metodokas Konferences «Kimijas Izglitiba-2009». Paksti Krajums, Riga, 2009. — P. 190–195.

3. **Ахметов М. А.** Решение задач повышенной сложности с использованием таблиц // Химия в школе. — 2005. — № 4. — С. 56–58.

Ключевые слова: обучение решению расчётных задач, вычисления, растворы, наглядность.
Key words: training for solving chemical problem, calculations, solutions, use of visual methods.

ЧЕМ ЗАНЯТЬ УЧЕНИКА

Задания в формате ЕГЭ

Напишите уравнения реакций, описывающие происходящие химические процессы.

1. На железо подействовали горячей 70%-ной серной кислотой. Через полученный раствор пропустили сероводород и отфильтрованный осадок сожгли в кислороде. Образовавшийся газ растворили в избытке раствора гидроксида натрия, а полученный раствор довели до кипения и постепенно в нём растворили серу.

2. Сульфид железа(II) подвергли обжигу. Полученное твёрдое вещество растворили в соляной кислоте, затем добавили избыток раствора соды. Осадок отфильтровали и нагрели в концентрированном растворе щёлочи.

3. На мрамор подействовали соляной кислотой, а выделившийся газ пропустили над раскалённым углем. Полученное газообразное вещество прореагировало с пероксидом натрия.

Н. Ю. Дронова
ЦО № 1158, Москва