

ученика составляла текст работы, для каждого варианта была карточка с решением. С годами количество вариантов сокращалось. Долго использовала два варианта, а когда в кабинете появились одноместные столы, на все виды работ делаю один вариант карточек. Мне это очень нравится. В каждой работе 4 обязательных задания (в том числе две задачи) и еще задача и вопрос для желающих.

Единый вариант проверочной работы дает возможность учащимся проанализировать свою работу на этом же уроке. Обычно во время выполнения работы классом два человека на обратной стороне доски готовят образцовые тексты решения — каждый по три вопроса: два обязательных и один дополнительный. Конечно, это те ученики, знания которых уже неоднократно проверены.

Если о результате своей работы ученики узнают на следующем уроке, т. е. через несколько дней, анализ оказывается малоэффективным, так как учащиеся уже потеряли

интерес к работе, их интересует только отметка. Другое дело, когда за 5 мин до звонка учащиеся сравнивают свои решения с образцом на доске и сразу же видят ошибки. При этом развиваются наблюдательность, умения видеть ошибки, анализировать, оценивать. Прошу каждого поставить себе отметку карандашом, стараясь не завышать и, тем более, не занижать ее. Никогда не предлагаю учащимся анализировать работы одноклассников, так как подростки часто бывают несправедливы.

Таким образом, сложилась система работы над учебным материалом, в которой каждый урок имеет свое определенное место и играет свою определенную роль. Урок — всего лишь небольшой промежуток времени. Но как важно, чтобы к концу его каждый понял, узнал что-то новое, чтобы учащиеся были уверены в положительных результатах своего труда и у меня не сжалось вдруг сердце от тусклого, скользящего мимо доски взгляда кого-то из моих воспитанников. ■

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ

Е. Я. Аршанский
Университет им. П. М. Машерова, Витебск

СПЕЦИФИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

в физико-математических классах

В связи с возникновением сети профильных классов и школ, среди которых велика доля классов физико-математического профиля, появилась необходимость выявления специфики содержания, форм, методов и средств обучения предметам, которые в таких классах не являются основными, в частности химии. Данная проблема может быть успешно решена только с учетом особенностей учебно-познавательной деятельности

учащихся физико-математических классов. Анализ психолого-педагогической литературы (Г. А. Берулова, Н. М. Зверева, В. А. Крутецкий, Н. С. Пурышева, Ю. В. Шапиро) показывает, что для этих учащихся характерно наличие математической и естественно-научной направленности учебно-познавательных процессов (табл. 1).

Успех человека в любом виде деятельности определяется способностями к ней. В

Таблица 1

Особенности учебно-познавательной деятельности
учащихся классов физико-математического профиля

Процесс	Математическая направленность	Естественно-научная направленность
Восприятие	Аналитико-синтетическое	Аналитико-синтетическое
Мышление	Абстрактно-теоретическое мышление Легкость и широта обобщений, глубина анализа Большая подвижность мыслительных процессов Математические логика и склад ума Пространственное мышление	Теоретическое мышление Сочетание логического и образного компонентов Способность к моделированию Пространственное мышление
Память	Словесно-смысловая, обобщенная, математическая	Словесно-смысловая, образная
Воображение	Творческое, пространственное	Творческое

связи с этим сопоставим способности, необходимые при изучении физики, математики и химии (табл. 2).

Анализ табл. 1 и 2 показывает, что у учащихся физико-математических классов имеются способности, необходимые при изучении химии: аналитико-синтетические качества ума, подвижность мыслительных процессов, пространственное воображение, способность к абстрагированию, оперированию символами и числами и др. Курс химии дол-

жен формировать у учащихся классов физико-математического профиля представление об общности изучаемых физикой и химией объектов, взаимосвязи физических и химических процессов, физических методах исследования, применяемых в химии. Важно также усилить математический аппарат химии как точной науки.

Основные пути математизации школьного курса химии определены в работе Е. Г. Шмуклера [1]:

Таблица 2

Способности к изучению физики, математики и химии

Способности к изучению физики (по Е. А. Дзяковой)	Способности к изучению математики (по В. А. Крутецкому и Ю. В. Шапиро)	Способности к изучению химии (по Л. А. Коробейниковой и Г. В. Лисичкину)
Способность воспринимать объект как единое целое, абстрагируясь от его конкретных составляющих; умение вычленять в объекте существенные в данной ситуации стороны и свойства; одновременное восприятие объекта логически и эмоционально; наблюдательность; способности к абстрагированию, оперированию символами и числами, анализу и синтезу, сравнению и сопоставлению, обобщению, выделению частного, выдвижению гипотез, построению логических выводов; развитые пространственные представления, способность к моделированию; способность к применению знаний в новых ситуациях, развитая интуиция; аналитико-синтетические качества ума; образная и логическая память; объемная и комплексная память; подвижность мыслительных процессов	Легкость и широта обобщений; большая подвижность мыслительных процессов (легкость переклЮчения с одной мыслительной операцией на другую); высокий уровень и глубина анализа; аналитико-синтетическое восприятие; математические логика и склад ума (способность находить логический и математический смысл во многих явлениях); пространственное представление объектов (форма, размеры, взаимное положение элементов, расположение в пространстве); стремление к ясности, простоте и экономичности решения; обобщенная память, математическая память (память на общие схемы рассуждений и математические доказательства); способность к абстрагированию, оперированию символами и числами; ситуационная сообразительность	Точное ощущение и восприятие свойств веществ (цвет, запах, дисперсность) и происходящих с ними изменений; развитые гравитационные ощущения, ощущение времени и пространства; хорошая координация движений, развитый глазомер; быстрота реакции; способность к автоматизму в работе руками; аналитико-синтетические качества ума; развитое ассоциативное и образное мышление; способность к абстрагированию, оперированию символами и числами; богатое пространственное воображение; подвижность мыслительных процессов; большой объем внимания; наблюдательность; ситуационная сообразительность; развитая логическая, терминологическая и механическая память

- широкое использование в учебном процессе математической символики;
- использование математических подходов при объяснении химического материала;
- выявление функциональных отношений между величинами;
- поиск математической формы выражения химических концепций;
- графическая интерпретация функциональных отношений;
- формулировка и решение математических задач как следствие решения химических проблем;
- решение количественных задач, требующих подхода к проблеме с общих позиций.

Межпредметные связи химии и физики раскрыты в работах Е. Е. Минченкова [2] и Л. В. Тукмачева [3]. Это взаимосвязи, основанные на изучении одних и тех же объектов, использовании в физике и химии одних и тех же научных методов, законов и теорий.

Таким образом, содержание школьного курса химии для учащихся классов физико-математического профиля должно состоять из двух частей: инвариантного ядра и вариативной оболочки. Инвариантное ядро содержания включает химическую символику, основные химические понятия, законы, теории, факты, методы химической науки и предполагает достаточно глубокое изучение учащимися данных классов теоретического материала по химии. Вариативная оболочка состоит из физического и математического компонентов, которые взаимосвязаны между собой, а также связаны с инвариантным ядром содержания (химическим компонен-

том). Эта взаимосвязь позволяет выявить основные направления обучения химии в физико-математических классах (табл. 3).

Рассмотрим пути реализации обозначенных направлений.

Использование физических законов и теорий при объяснении химического материала

Вещества, их строение и свойства рассматривают и химия, и физика. Именно этим объясняется общность законов и теорий, изучаемых на уроках химии и физики: атомно-молекулярное учение, закон сохранения массы и энергии, законы электролиза, теория строения вещества и др. Таким образом, на уроках химии можно использовать знания, полученные в курсе физики. Приведем пример.

При объяснении механизма электролитической диссоциации сообщаем учащимся, что полярные растворители, в том числе и вода, характеризуются величиной диэлектрической проницаемости ϵ , показывающей, во сколько раз ослабляется сила взаимодействия между заряженными телами в данной среде по сравнению с вакуумом. Диэлектрическая проницаемость воды равна 81, следовательно, сила взаимодействия ионов в воде уменьшается в 81 раз. Разрушение ионного кристалла связано с ослаблением сил взаимодействия между ионами в кристаллической решетке и тепловым движением молекул воды. Очевидно, чем выше температура воды (т. е. чем больше внутренняя энергия ее молекул), тем быстрее будет растворяться ионный кристалл. В отдельных случаях энергии молекул воды может не хватить, чтобы

Таблица 3

Основные направления обучения химии в классах физико-математического профиля

Физический компонент	Математический компонент
1. Использование физических законов и теорий при объяснении химического материала	1. Использование математических методов при обосновании химических законов и теорий
2. Установление взаимосвязи между физическими и химическими методами исследования	2. Применение метода математических доказательств
3. Применение физических величин и выявление функциональных взаимосвязей между ними	3. Использование химических теорем и их доказательств
4. Решение химических задач с опорой на знания физики	4. Иллюстрация химических закономерностей графиками
	5. Изучение геометрии молекул и ее влияния на свойства веществ
	6. Решение химических задач с использованием математических уравнений, систем уравнений, графиков

разорвать связи между ионами в кристалле. Такие вещества практически нерастворимы в воде [2].

Установление взаимосвязи между физическими и химическими методами исследования

Современная химическая наука применяет различные физические методы исследования веществ. Наиболее полно это можно продемонстрировать при изучении химической кинетики, термодинамики и электрохимии.

При формировании понятия о степени электролитической диссоциации α можно провести физико-химический эксперимент, позволяющий не только показать количественную сущность этой величины, но и установить ее взаимосвязь с массовой долей электролита в растворе.

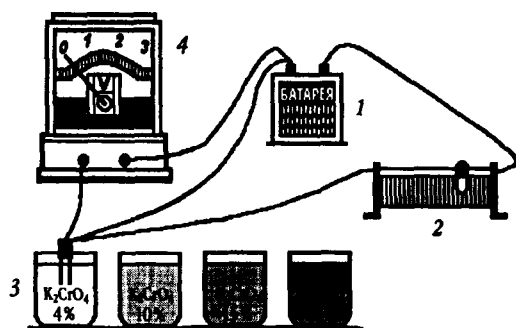


Рис. 1.
Условные обозначения: 1 — источник тока; 2 — реостат; 3 — раствор хромата калия; 4 — вольтметр

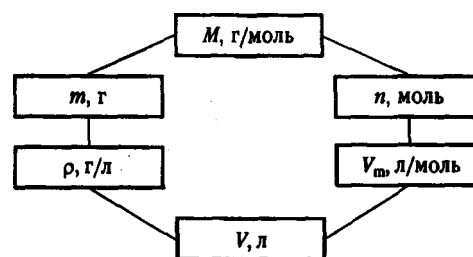
Для проведения опыта нужны 4, 10, 15 и 20 %-ные растворы хромата калия. Соотношение массовых долей хромата калия в растворах подобрано так, чтобы была наглядная разница в окраске растворов, а также в электрической проводимости, определяемой по отклонению стрелки гальванометра (рис. 1). Учащиеся наблюдают резкое уменьшение электрической проводимости в растворе с большим содержанием соли и приходят к выводу, что в растворах содержатся не только свободные ионы, от количества которых зависит электрическая проводимость, но и молекулы. Сообщаем, что происходящие в растворе процессы диссоциации

молекул и ассоциации ионов обратимы, и вводим понятие степени электролитической диссоциации α [4].

Применение физических величин и выявление функциональных взаимосвязей между ними

В курсе химии для учащихся физико-математических классов необходимо обращать особое внимание на использование физических величин и установление взаимосвязи между ними (см. схему).

Схема взаимосвязи между физическими величинами



Важно также выявлять функциональные отношения между величинами [1] (табл. 4), что способствует развитию функционального мышления учащихся.

Решение химических задач с опорой на знание физики

Приведем пример задачи с межпредметным физико-химическим содержанием [5].

Рассчитать массу каменного угля, который необходимо сжечь, чтобы расплавить серый чугун массой 1 т, взятый при температуре 50 °С. Тепловая отдача вагранки (КПД) 60 %.

Решение

При решении задачи используются физические величины: удельная теплоемкость чугуна ($C = 540 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$), температура плавления чугуна ($t = 1300 ^\circ\text{C}$) и удельная теплота плавления чугуна ($\lambda = 4,6 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{кг}$).

Количество теплоты, необходимое для нагревания чугуна до температуры плавления:

$$Q_1 = C m (t_2 - t_1).$$

Количество теплоты, необходимое для плавления чугуна:

$$Q_2 = \lambda m.$$

Таблица 4

Функциональные зависимости, используемые в школьном курсе химии

Функция	Математическое уравнение, график	Примеры связи величин
Прямая пропорциональность	$y = kx$, прямая	Масса — количество вещества — число молекул — объем; количество вещества — тепловой эффект химической реакции; масса раствора — масса растворенного вещества; масса элемента в веществе — масса вещества; количество растворенного вещества — объем растворителя; количества веществ, участвующих в химической реакции
Обратная пропорциональность	$y = \frac{k}{x}$, гипербола	Масса раствора — его концентрация при разбавлении или упаривании; молярные массы — число молекул в равных по массе порциях веществ
Линейная	$y = kx + b$, прямая	Растворимость некоторых веществ — температура
Квадратичная	$y = ax^2 + bx + c$, парабола	Растворимость некоторых веществ (например, сульфата меди) — температура
Показательная	$y = ca^x$, кривая	Скорость химической реакции — температура
Логарифмическая	$y = \log_a x$, кривая	Концентрация ионов H^+ — pH среды

Суммарное количество теплоты:

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_m(t_2 - t_1) + \lambda m;$$

$$Q = 540 \cdot 1000 \cdot (1300 - 50) + 4,6 \cdot 10^4 \cdot 1000 =$$

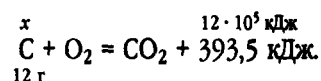
$$= 6,75 \cdot 10^8 + 0,46 \cdot 10^8 = 7,21 \cdot 10^8 \text{ (Дж)} =$$

$$= 7,21 \cdot 10^5 \text{ (кДж)}.$$

Количество теплоты с учетом потерь (КПД):

$$Q' = 7,21 \cdot 10^5 / 0,6 = 12 \cdot 10^5 \text{ (кДж)}.$$

Масса угля, необходимого для получения данного количества теплоты:



$$x = 12 \cdot 10^5 \cdot 12 / 393,5 = 3,7 \cdot 10^4 \text{ (г)} = 37 \text{ (кг)}.$$

Использование математических методов при обосновании химических законов и теорий

Это направление наиболее полно отражено в работах Е. Г. Шмуклера [1, 6]. Приведем пример обоснования равного числа молекул в моле различных веществ [1].

Из курса физики известно, что масса данного количества вещества равна произведению массы молекулы m_m на число молекул N :

$$m = m_m N.$$

Найдем отношение масс двух веществ:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{m_m' N_1}{m_m'' N_2}.$$

Так как $\frac{m_m'}{m_m''} = \frac{M_1}{M_2}$, где M — молярная

масса, то
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1 N_1}{M_2 N_2}.$$

Следовательно,
$$\frac{M_1 N_1}{m_1} = \frac{M_2 N_2}{m_2}.$$

Отсюда очевидно, что отношение произведения молярной массы на число молекул, составляющих некоторую массу m , к значению этой массы есть величина постоянная:

$$\frac{MN}{m} = \text{const}.$$

Так как $m = nM$, где n — количество вещества, $\frac{N}{n} = \text{const}.$

Смысл данной записи однозначен — в одном моле любого вещества содержится одинаковое число структурных единиц (молекул, атомов и др.).

Применение метода математических доказательств

Учитывая особенности мышления учащихся физико-математических классов, целесообразно использовать как количественные (см. выше), так и словесно-логические доказательства.

Словесно-логическое доказательство состоит из тезиса (основное положение, нуждающееся в доказательстве, или вывод, вытекающий из самого доказательства), аргументов и конкретных фактов, формул, уравнений реакций, которые их иллюстрируют. На уроках можно использовать дедуктивный и индуктивный методы доказательства. Приведем пример дедуктивного доказательства. Тезис: карбоксильные соединения — слабые

органические кислоты. Доказательство начинают с рассмотрения взаимного влияния атомов в молекуле карбоновой кислоты, приводящего к подвижности атома водорода карбоксильной группы, и заканчивают подтверждением кислотных свойств карбоксильных соединений конкретными уравнениями реакций.

Пример индуктивного доказательства — переход от строения атома кальция и конкретных уравнений характерных для него реакций к выводу: кальций — типичный металл, сильный восстановитель.

Применение химических теорем

Примеры химических теорем и их доказательства рассмотрены в работе [7]. Такие теоремы удобно использовать при решении расчетных задач.

Иллюстрация химических закономерностей графиками

Работа в этом направлении приближает изучаемый на уроке химии материал к содержанию профильных для физико-математических классов дисциплин, а следовательно, способствует лучшему усвоению учащимися основ химической науки. Например, при изучении понятия скорости химической реакции можно на графике (рис. 2) показать зависимость концентрации реагирующего вещества от времени. В момент времени $t = 0$ концентрация вещества равна c_0 . Как только реакция начинается, концен-

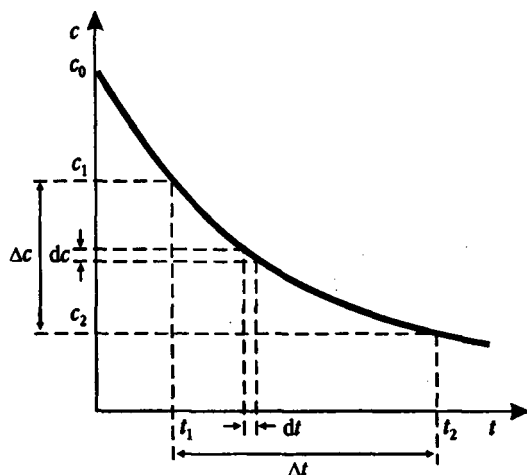


Рис. 2

трация понижается, и в момент времени t_1 она равна c_1 , а в момент времени t_2 — c_2 . Средняя скорость реакции в данном интервале времени равна:

$$v = \pm (c_2 - c_1) / (t_2 - t_1),$$

или $v = \pm \Delta c / \Delta t$.

Средняя скорость реакции тем ближе к истинной, чем меньше промежуток времени $t_2 - t_1$. Бесконечно малое изменение какой-либо величины принято обозначать символом дифференциала d . Истинная скорость реакции — отношение бесконечно малого изменения концентрации dc к бесконечно малому промежутку времени dt :

$$v = \pm dc / dt.$$

Таким образом, при уменьшении промежутка времени измерения концентраций до dt получаем значение истинной скорости реакции.

Изучение геометрии молекул

Рассмотрение геометрии молекул имеет особую дидактическую ценность, если это помогает объяснить определенные химические свойства вещества. В противном случае химическая задача сводится к абстрактной геометрической, что способствует формированию только математических умений и навыков.

В качестве примера рассмотрим применение теории напряжения связей Байера для объяснения различия свойств циклопропана, циклобутана и цикlopентана [6].

В циклопропане угол между связями α равен 60° , отклонение направления связей от нормального тетраэдрического β составляет $24^\circ 44'$. За счет этого молекула циклопропана обладает повышенным запасом энергии (напряжением связей) и легко вступает в реакции присоединения, в результате которых цикл раскрывается и образуется молекула с тетраэдрической направленностью связей.

В молекуле циклобутана угол между связями $\alpha = 90^\circ$, отклонение направления связей от тетраэдрического уже меньше: $\beta = 9^\circ 44'$, в силу чего цикл раскрывается труднее.

Угол между связями в молекуле цикlopентана (заметим, что один из атомов угле-

рода находится вне плоскости цикла) находим как внутренний угол правильного многоугольника:

$$\alpha = 2d(n - 2)/n,$$

где n — число сторон, а $d = 90^\circ$.

$$\alpha = 2 \cdot 90^\circ \cdot (5 - 2)/5 = 108^\circ.$$

Таким образом, для цикlopентана величина β равна $0^\circ 44'$, поэтому цикlopентан преимущественно вступает в реакции замещения, как предельные углеводороды.

Еще большую устойчивость шестичленного цикла по сравнению с пятичленным нетрудно объяснить и продемонстрировать на модели: атомы углерода могут находиться в разных плоскостях, при этом сохраняется тетраэдрическая направленность связей.

Решение химических задач с использованием математических уравнений, систем уравнений, неравенств и графиков

Методика этого вопроса представлена в работах Д. П. Ерыгина и Е. А. Шишкина [8], а также Ю. М. Лабия [9]. Приведем лишь один пример.

Из магния массой 3 г и неизвестного щелочно-земельного металла массой 4 г получили оксиды, а затем карбонаты (для каждого металла в отдельности). Сравнивая массы полученных веществ, установили, что оксид магния легче оксида неизвестного металла, а карбонат магния тяжелее карбоната неизвестного металла. Определите неизвестный металл.

Решение

Искомая величина — молярная масса металла $M(\text{Me})$.

По уравнению реакции

$$m(\text{MgO}) = \frac{m(\text{Mg}) \cdot M(\text{MgO})}{M(\text{Mg})}.$$

Так как $m(\text{MgO}) < m(\text{MeO})$, составим неравенство:

$$\frac{m(\text{Mg}) \cdot M(\text{MgO})}{M(\text{Mg})} < \frac{m(\text{Me}) \cdot M(\text{MeO})}{M(\text{Me})};$$

$$\frac{3 \cdot 40}{24} < \frac{4 \cdot (M(\text{Me}) + 16)}{M(\text{Me})};$$

$$M(\text{Me}) < 64.$$

Так как $m(\text{MgCO}_3) > m(\text{MeCO}_3)$, то

$$\frac{m(\text{Mg}) \cdot M(\text{MgCO}_3)}{M(\text{Mg})} > \frac{m(\text{Me}) \cdot M(\text{MeCO}_3)}{M(\text{Me})};$$

$$\frac{3 \cdot 84}{24} > \frac{4 \cdot (M(\text{Me}) + 60)}{M(\text{Me})};$$

$$M(\text{Me}) > 37.$$

Определяем $M(\text{Me})$ в соответствии с неравенством $37 < M(\text{Me}) < 64$. Этим требованиям отвечает кальций: $M(\text{Ca}) = 40$ г/моль.

Таким образом, мы попытались определить основные методические подходы к обучению химии в физико-математических классах, которые должны показать учащимся данного профиля значимость химической науки и облегчить ее усвоение. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмуклер Е. Г. О связи школьного курса химии с математикой // Химия в школе. — 1976. — № 3. — С. 16–26.
2. Минченков Е. Е. Междисциплинарные связи неорганической химии и физики // Химия в школе. — 1981. — № 2. — С. 22–26.
3. Тукмачев Л. М. О связи школьного курса химии с физикой // Химия в школе. — 1976. — № 3. — С. 26–33.
4. Голобородько М. Я. Формирование понятия о степени электролитической диссоциации // Химия в школе. — 1982. — № 4. — С. 62–64.
5. Федякин М. В., Орлова Л. Н. Применение задач с междисциплинарным содержанием в школьном курсе химии. — Омск: Обл. ИУУ, 1986.
6. Шмуклер Е. Г. Некоторые аспекты взаимосвязи химии и математики в процессе изучения органической химии // Химия в школе. — 1972. — № 1. — С. 33–38.
7. Хрустальев А. Ф. Химические теоремы // Химия в школе. — 1998. — № 7. — С. 30–31.
8. Ерыгин Д. П., Шишкин Е. А. Методика решения химических задач. — М.: Просвещение, 1989.
9. Лабий Ю. М. Решение задач по химии с помощью уравнений и неравенств. — М.: Просвещение, 1981.