С. В. Сычев,
Университет ИТМО, Санкт-Петербург

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ХИМИИ С КАЧЕСТВЕННЫМИ И КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ВАРИАЦИЯМИ

Аннотация

В статье рассматривается функциональный алгоритм программы ChemGenerator для автоматической генерации тестовых заданий по химии. Описана структура программы, приведен пример ее практической реализации, проанализирован опыт ее внедрения в учебных заведениях Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: химия, автоматическая генерация заданий, баланс реакции, автоматизация обучения, шаблоны реакций, ChemGenerator.

Практически одновременно с началом широкого использования вычислительной техники в многочисленных прикладных областях практической деятельности возникло понимание того, что компьютеры могут быть использованы не только для осуществления вычислений и планирования, но и для интенсификации такой глубоко человеческой и личностной сферы, как образование. Пионером и идейным вдохновителем в данной области можно смело назвать американского архитектора и изобретателя Ричарда Бакминстера Фуллера (Richard Buckminster Fuller), который ввел термин «автоматизация образования» в одноименной работе [6]. В этом произведении 1962 года Р. Б. Фуллер отмечал, что «с неизбежностью грядет всеобщая автоматизация», которая ожидаемо приведет к «революции в сфере образования», связанной с электронными средствами коммуникаций. На предстоящую революцию в сфере образования, к началу которой мы вплотную приблизились, а частично уже находимся в процессе ее осуществления, указывают авторы более позднего доклада 2013 года «Революция в образовательном секторе: автоматизация образования» [11]. В нем они особо подчеркивают *необходимость развития автоматического создания заданий и электронного тестирования как важного элемента общей проверки знаний и формативного оценивания*. В докладе также указывается важнейшая предпосылка автоматизации отрасли — сокращение численности занятых и необходимых трудозатрат в результате автоматизации, при этом важно, чтобы качество результата как минимум не ухудшилось.

Авторы исследования отмечают неизбежность перехода от набирающих все большую популярность массовых открытых онлайн-курсов (МООК) первого поколения, в которых преподавание носит линейный характер, а тестирование является средством определения степени усвоения материала по результатам курса, к МООК второго поколения, в которые вплетены интеллектуальные средства анализа процесса обучения и адаптации курса под цели и возможности конкретного учащегося. Элементом такой адаптации является *формативное оценивание*, цель которого не выставление результирующих баллов, а понимание того, каковы сильные и слабые стороны знания конкретного учащегося об изучаемом предмете, и, соответственно, выбор наиболее эффективных путей улучшения этого знания и сопутствующих навыков. Пример использования автоматического тестирования в качестве системы формативного оценивания в химии приведен в статье [9]. Тем не менее подавляющее большинство тестов пока еще представляют из себя мультивариантные опросники с заранее заданными вопросами и ответами.

Контактная информация

Сычев Сергей Владимирович, аспирант Университета ИТМО, Санкт-Петербург; *адрес:* 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, д. 49; *телефон:* (812) 232-97-04; *e-mail:* sergey.v.sychev@gmail.com

S. V. Sychev,
ITMO University, Saint Petersburg

AUTOMATED GENERATION OF THE TEST WORKS FOR CHEMISTRY CLASSES WITH QUALITATIVE AND QUANTITATIVE VARIATIONS

Abstract

The article considers functional algorithm of the program ChemGenerator for an automated generation of test works for chemistry classes. Functional blocks of this program are defined and its structure is described. The practical experience of using this program in education is mentioned.

Keywords: chemistry, automated generation of test, chemical equation balance, education automation, chemical reaction patterns, ChemGenerator.

Актуальность изменения процесса образования явно отражена в различных документах, принимаемых в Российской Федерации на государственном уровне, в том числе в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» и в новых стандартах образования.

Однако уровень компьютеризации классов в российских школах, а следовательно, и возможность автоматизации процесса образования пока что уступают необходимому. Особенно это становится очевидным в небольших, нерейтинговых и расположенных в удаленных местностях учебных заведениях.

В связи с этим особый интерес представляют *средства частичной автоматизации*, которые ставят задачей не подменить собой педагога и не исключить его из процесса преподавания, но значительно облегчить его работу и снизить число ненужных и рутинных операций, позволив учителю сконцентрироваться именно на человеческом аспекте преподавания.

Одной из наиболее трудоемких частей учебного процесса является подбор тестовых заданий и их проверка. Дополнительную сложность в проверке добавляет весьма распространенное списывание, которое тяжело контролировать при работе в классе и совершенно невозможно при выполнении домашних заданий. Выходом из этой ситуации является создание однотипных, но при этом различающихся по содержанию заданий, отвечающих выбранной преподавателем тематике и уровню сложности. Дополнительным преимуществом может стать возможность разработать такие тесты с участием ведущих преподавателей страны. Таким образом, задания будут соответствовать самому высокому уровню преподавания, а использованы они могут быть даже в труднодоступных местностях.

Примером автоматического создания тестовых заданий в отечественном образовании может служить работа преподавателей Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева в Москве [3], которые, в свою очередь, использовали разработку А. Н. Комаровского [1]. В обоих приложениях используются возможности VBA for Applications. (Представленная ниже работа также использует VBA for Applications, что облегчает создание заданий в виде файлов MS Word. Изначально прототип был создан как модуль в Excel, но позднее оформлен в виде отдельной программы.)

Большинство существующих автоматических генераторов тестовых заданий по предметам создают задания для хорошо параметризируемых предметов, таких как математика и физика. Пример такого генератора описан в докладе американских ученых [10]. Анализ существующих генераторов, приведенный И. А. Посовым [4], учитывает несколько предметных областей, однако рассмотренные генераторы *по химии* не вышли из стадии заявленного проекта. Созданный еще в 1995 году генератор заданий по химии [5] так и не дошел до уровня практической применимости, видимо, в связи с отсутствием на тот момент достаточной материальной базы (доступных компьютеров). Таким образом, представленную далее авторскую разработку — **генератор тестовых заданий по химии ChemGenerator** — можно считать первым продуктом, учитывающим как количественные, так и качественные вариации задания и охватывающим собой практически все темы, рассматриваемые в начальном курсе неорганической химии. Генератор является средством частичной автоматизации, позволяющим снизить трудозатраты педагога, связанные с процессом подбора и проверки тестовых заданий.

Создание программы ChemGenerator преследовало следующие основные **цели:**

- проверить применимость алгоритма создания качественно различающихся заданий на примере курса химии;
- облегчить преподавателям химии процесс создания типовой проверочной задачи;
- обеспечить создание неограниченного количества задач по выбранному шаблону;
- создать алгоритм компьютерной обработки простых химических реакций и закономерностей.

Выбор конкретной реализации определяли следующие **условия:**

- недостаточный уровень компьютерной грамотности преподавателей химии;
- низкий уровень компьютеризации химических классов;
- высокий уровень списывания;
- необходимость офлайн-тестирования основных принципов автоматически сгенерированных проверочных задач.

Соответственно, были определены следующие **основные требования к программе:**

- простой интерфейс;
- возможность компоновки задания преподавателем;
- генерация отличающихся заданий выбранного типа;
- возможность печати бланка задания и ответов (результаты — в MS Word).

Для выполнения указанных требований были реализованы следующие **внутренние функции программы:**

- расчет коэффициентов уравнения реакции;
- составление формулы вещества с учетом принятых в химии правил;
- составление названия вещества по формуле;
- определение вещества по формуле;
- отображение уравнения реакции;
- форматированный вывод в MS Word;
- функции расчета количественных отношений (уравнения в газах, уравнения в растворах, расчет молей и эквивалентов).

Программа ChemGenerator содержит следующие **группы заданий:**

1. Периодическая таблица и структура атомов.
2. Молекулярные массы, закон Авогадро, базовые количественные расчеты.
3. Молярный объем газов, базовые расчеты при нормальных условиях.
4. Молярный объем газов, уравнение Менделеева— Клапейрона.
5. Простые расчеты для реакций в газовой фазе.

6. Оксиды, гидроксиды и их характер, соли.
7. Характерные реакции амфотерных оксидов и гидроксидов.
8. Классификация веществ и номенклатура.
9. Базовые химические реакции.
10. Нахождение коэффициентов уравнения реакции по известным реагентам и продуктам.
11. Нахождение массы реагентов и продукта по массе одного из реагентов.
12. Нахождение массы реагентов и продуктов по массе одного из продуктов.
13. Важнейшие индивидуальные химические свойства веществ.
14. Расчеты содержания веществ в растворах.
15. Моли, эквиваленты и простые расчеты.
16. Расчетные задачи с использованием молей и эквивалентов.
17. Примеры окислительно-восстановительных реакций.

Каждая группа содержит 7–15 заданий, предназначенных для тестирования разных аспектов рассматриваемой темы. С учетом того, что число основных реакций начального курса химии ограничено, одни и те же реакции могут использоваться в разных типах заданий. Например, в одном задании надо расставить коэффициенты в реакции окисления $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$, а в другом для этой же реакции рассчитать массу продукта реакции по массе одного из реагентов.

Определенную специфику накладывали сами условности начального курса химии, в котором разбираются схемы реакций и одни реакции считаются реализуемыми, а другие нет. Было принято решение не рассчитывать реальную кинетику реакций, а ограничиться только схематическими реакциями. Используются шаблоны реакций, изучаемых в курсе химии. К каждому шаблону подключен список ионов, которые могут участвовать в данном типе реакций.

Рассмотрим особенности работы программы и ее некоторые внутренние алгоритмы.

Программа поставляется в виде архива ChemGenerator.rar, содержащего саму программу, файлы инструкций и графические файлы примеров проверочных заданий. Специальной установки не требуется, достаточно распаковать архив в выбранной папке. Во время первого запуска программа создает папку *Е-Контрольные*, в которую затем записывает файл сгенерированных проверочных работ и файлы ответов к ним. Для каждой работы создаются файлы MS Word *время создания Контрольная работа.doc*, *время создания Ответы.doc*. Благодаря указанию времени создания легко идентифицировать соответствующие контрольные и ответы к ним.

Программа предоставляется бесплатно, с ограничением по времени в два месяца.

Условие простоты интерфейса привело к наличию всего двух панелей (рис. 1).

Когда преподаватель выбирает необходимую группу заданий, появляется панель, содержащая названия шаблонов этих заданий (рис. 2).

После того как осуществлен выбор необходимых заданий и нажата кнопка *Готово*, в правой части панели появляются выбранные задания (рис. 3). После этого можно перейти к следующей группе и до-

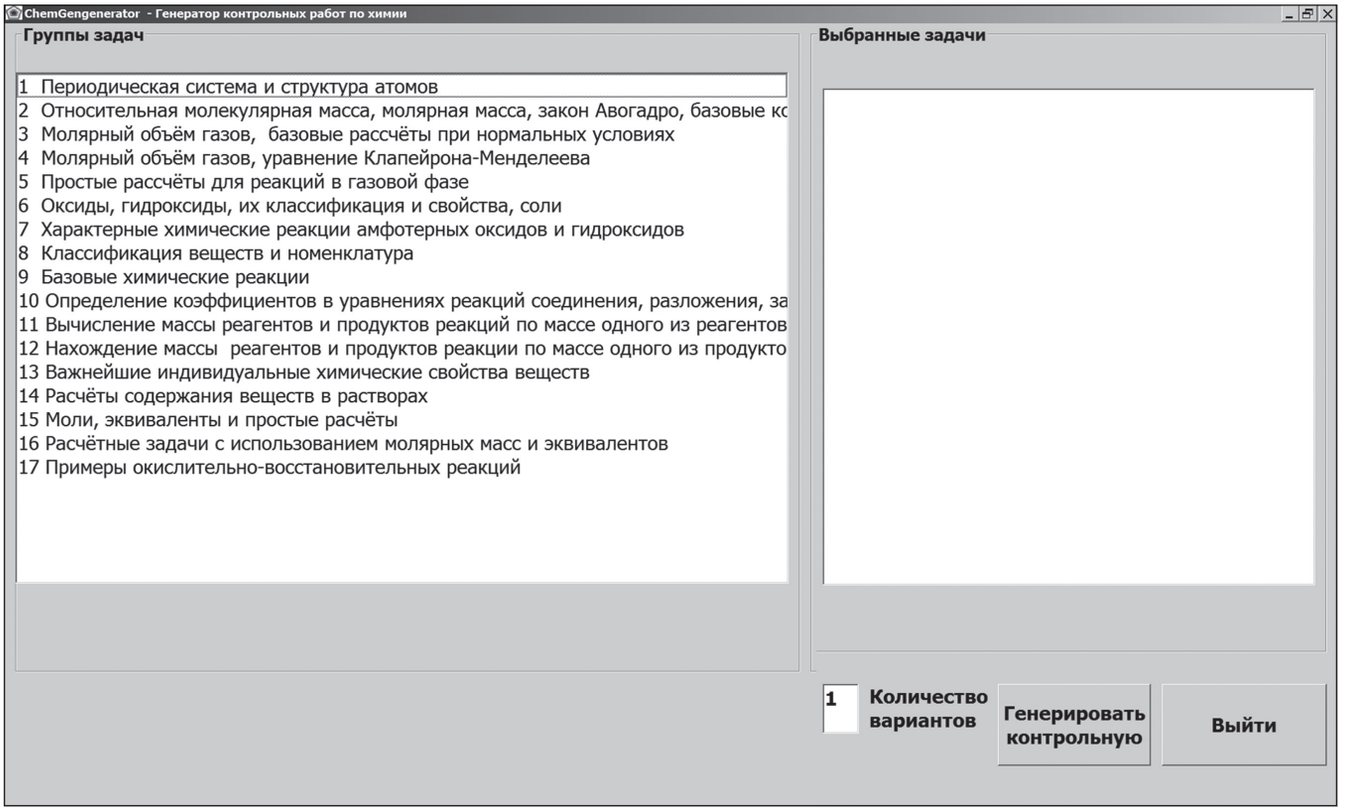

Рис. 1

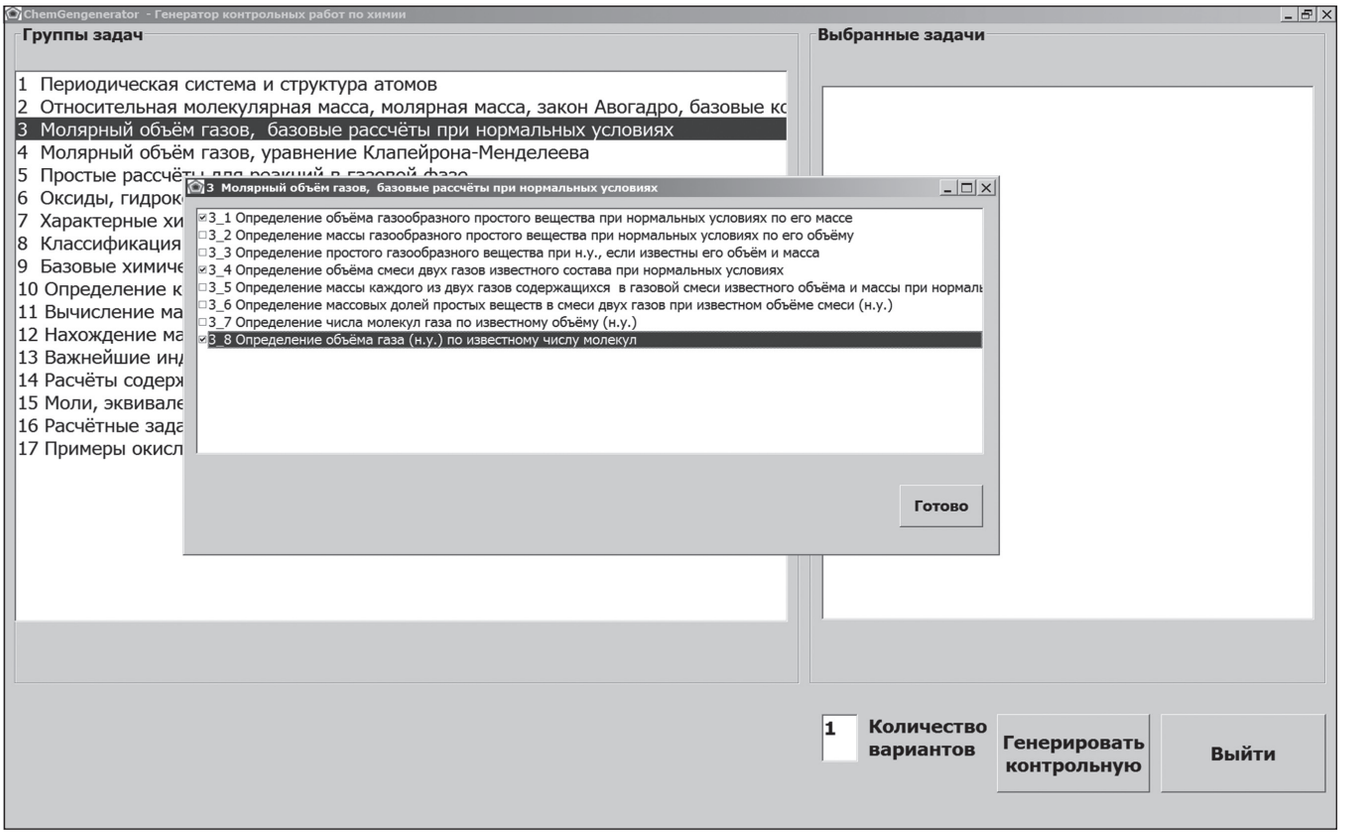
ChemGengenerator - Генератор контрольных работ по химии
Группы задач
1 Периодическая система и структура атомов
2 Относительная молекулярная масса, молярная масса, закон Авогадро, базовые кс
3 Молярный объём газов, базовые рассчёты при нормальных условиях
4 Молярный объём газов, уравнение Клапейрона-Менделеева
5 Простые рассчёты для реакций в газовой фазе
6 Оксиды, гидрок
7 Характерные хи
8 Классификация
9 Базовые химиче
10 Определение к
11 Вычисление ма
12 Нахождение ма
13 Важнейшие инд
14 Расчёты содерж
15 Моли, эквивале
16 Расчётные зада
17 Примеры окисл
3 Молярный объём газов, базовые рассчёты при нормальных условиях
3_1 Определение объёма газообразного простого вещества при нормальных условиях по его массе
3_2 Определение массы газообразного простого вещества при нормальных условиях по его объёму
3_3 Определение простого газообразного вещества при н.у., если известны его объём и масса
3_4 Определение объёма смеси двух газов известного состава при нормальных условиях
3_5 Определение массы каждого из двух газов содержащихся в газовой смеси известного объёма и массы при нормаль
3_6 Определение массовых долей простых веществ в смеси двух газов при известном объёме смеси (н.у.)
3_7 Определение числа молекул газа по известному объёму (н.у.)
3_8 Определение объёма газа (н.у.) по известному числу молекул
Готово
Выбранные задачи
1
Количество вариантов
Генерировать контрольную
Выйти

Рис. 2

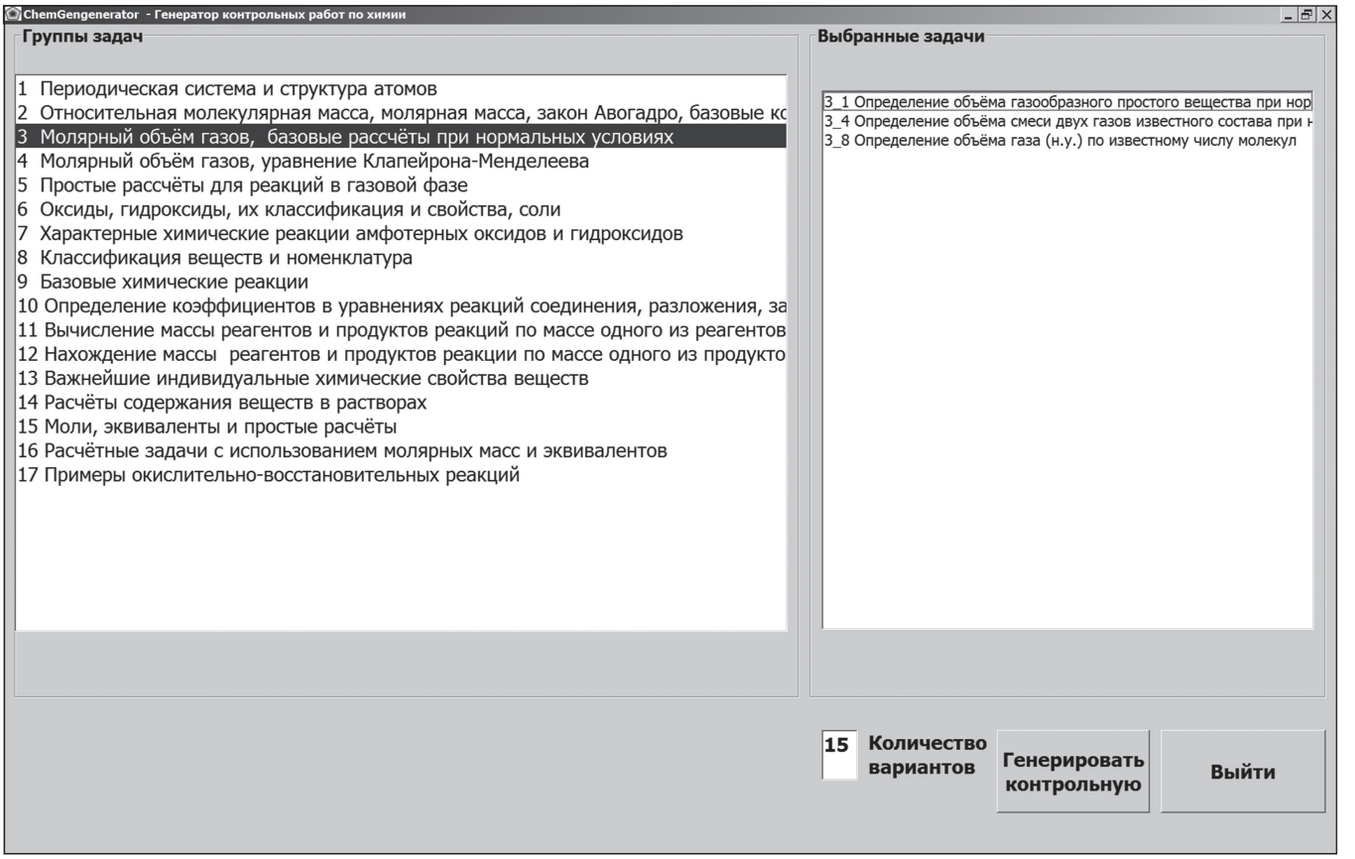
ChemGengenerator - Генератор контрольных работ по химии
Группы задач
1 Периодическая система и структура атомов
2 Относительная молекулярная масса, молярная масса, закон Авогадро, базовые кс
3 Молярный объём газов, базовые рассчёты при нормальных условиях
4 Молярный объём газов, уравнение Клапейрона-Менделеева
5 Простые рассчёты для реакций в газовой фазе
6 Оксиды, гидроксиды, их классификация и свойства, соли
7 Характерные химические реакции амфотерных оксидов и гидроксидов
8 Классификация веществ и номенклатура
9 Базовые химические реакции
10 Определение коэффициентов в уравнениях реакций соединения, разложения, за
11 Вычисление массы реагентов и продуктов реакций по массе одного из реагентов
12 Нахождение массы реагентов и продуктов реакции по массе одного из продукто
13 Важнейшие индивидуальные химические свойства веществ
14 Расчёты содержания веществ в растворах
15 Моли, эквиваленты и простые расчёты
16 Расчётные задачи с использованием молярных масс и эквивалентов
17 Примеры окислительно-восстановительных реакций
Выбранные задачи
3_1 Определение объёма газообразного простого вещества при нор
3_4 Определение объёма смеси двух газов известного состава при н
3_8 Определение объёма газа (н.у.) по известному числу молекул
15
Количество вариантов
Генерировать контрольную
Выйти

Рис. 3

бавить задания из нее. Не рекомендуется включать в проверочную работу более пяти заданий. Время, предоставляемое для их решения, также должно быть разумным.

После того как все задания выбраны, можно взглянуть на список включенных заданий и добавить новые или исключить лишние.

Затем следует указать количество вариантов (от одного до количества учеников в классе) и нажать кнопку *Генерировать контрольные*. Время генерации составляет от нескольких секунд до одной—трех минут в зависимости от количества и сложности выбранных заданий, количества выбранных вариантов и мощности компьютера. Сгенерированные контрольные работы оказываются в папке *E-Контрольные*, после чего их можно открыть с помощью программы MS Word и распечатать.

Общая схема работы программы изображена на диаграмме (рис. 4).

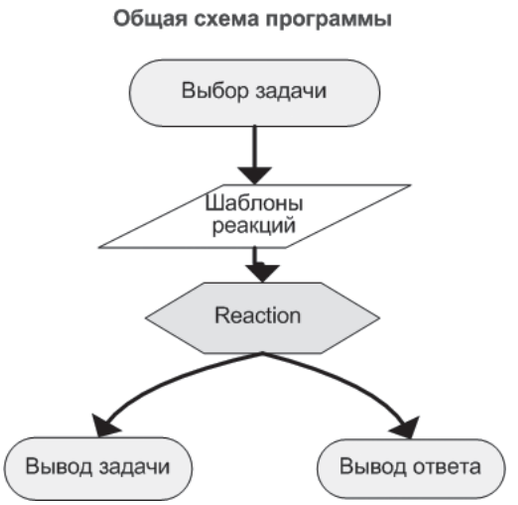

Рис. 4

В качестве исходных данных программа использует пять баз-таблиц, созданных с помощью дополнительных утилит путем обработки и обобщения нескольких десятков таблиц, взятых из справочников и сети Интернет. На финальной стадии осуществлялась их проверка и ручная обработка для выявления случаев устаревших данных (особенно в номенклатуре) и ошибок, закравшихся в использованные таблицы.

В результате получены следующие **базы** (рис. 5):

1. *Периодическая таблица*. Содержит сведения о названиях элементов, электронной конфигурации атомов, допустимых степенях окисления и т. д.
2. *Таблица катионов*. Содержит 162 катиона, таких как простые, например Fe^{3+}, Cu^{2+}, и ряд более сложных, например UO_2^{2+}.
3. *Таблица анионов*. Содержит 139 анионов — как большинство простых, например SO_4^{2-}, так и ряд комплексных, таких как гексацианоферрат (II)-ион $[Fe(CN)_6]^{4-}$.
4. *Таблица растворимости*. Построена для большинства веществ, полученных комбинацией катионов и анионов, содержащихся в двух предыдущих таблицах. Общее число веществ, потенциально рассматриваемых в программе, составляет, таким образом, более 22 000, что вполне достаточно для начального курса химии.
5. *Таблица плотности растворов солей*. Содержит зависимости плотности растворов от концентрации для основных солей, используемых в учебных лабораториях, таких как NaCl, KNO_3, $Ca(NO_3)_2$ и т. д.

Рис. 5

Основной особенностью программы является **оригинальный алгоритм, связывающий отдельные таблицы в единый объект**, отображающий вещество и выражающий в цифровом виде те свойства и характеристики, которые приписываются веществу в начальном курсе химии.

Суть алгоритма заключается в следовании номенклатурному принципу химии, который в неявном виде выделяет электроотрицательную часть вещества, расположенную в начале составного названия, и электроположительную, расположенную во второй части названия. Наглядным примером такого принципа может служить NaCl — хлорид натрия.

На рисунке 6 представлена схема работы этого алгоритма.

В ходе формирования объекта-вещества для него определяются следующие параметры: название, формула, молярная масса, эквивалент, составляющие ионы.

Указанная структура вещества позволяет **описывать реакции с помощью шаблонов реакции**. Это, в свою очередь, приводит к тому, что, создав шаблон реакции, можно задать значительное количество сходных по типу и сложности реакций, указав эквивалентные группы, участвующие в этих реакциях. Примером таких групп могут быть анионы кислот и металлы в реакциях вытеснения водорода или металлы и газы, выступающие в качестве окислителей в реакциях соединения.

Соответствующий алгоритм представлен на схеме (рис. 7).

Формирование свойства вещества

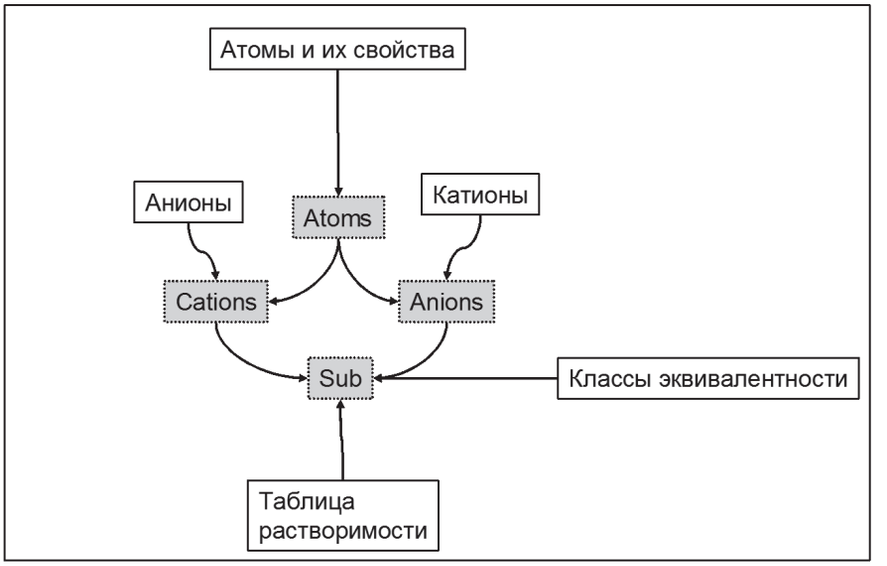

Рис. 6

Использование компьютера при расчете коэффициентов реакции, а также других параметров реакции и веществ, таких как массы, объемы и т. д., позволяет (при проверенном и оттестированном алгоритме) избежать ошибок вычисления. Такие ошибки неизбежно возникают в том случае, если вычисления осуществляет человек. Это можно наглядно продемонстрировать на примере статьи [2], посвященной расчету коэффициентов реакции. Проверка реакций, приведенных в статье, выявила ряд численных ошибок. Например, на с. 7 приведена реакция:

$$5C_6H_{12}O_6 + 24KMnO_4 + 36H_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 30CO_2 + 24MnSO_4 + 12K_2SO_4 + 68H_2O.$$

При этом в последнем члене уравнения допущена ошибка (возможно, это всего лишь опечатка). Правильные коэффициенты реакции:

$$5C_6H_{12}O_6 + 24KMnO_4 + 36H_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 30CO_2 + 24MnSO_4 + 12K_2SO_4 + 66H_2O.$$

Там же на с. 5 приведена реакция:

$$10KMnO_4 + 22H_2S =$$
$$= 3K_2SO_4 + 2K_2S_2O_3 + 5S + 10MnS + 22H_2O.$$

Коэффициенты реакции посчитаны правильно, однако это не минимальное уравнение, которое выглядит так:

$$4KMnO_4 + 9H_2S = K_2SO_4 + K_2S_2O_3 + 2S + 4MnS + 9H_2O.$$

Структура реакции

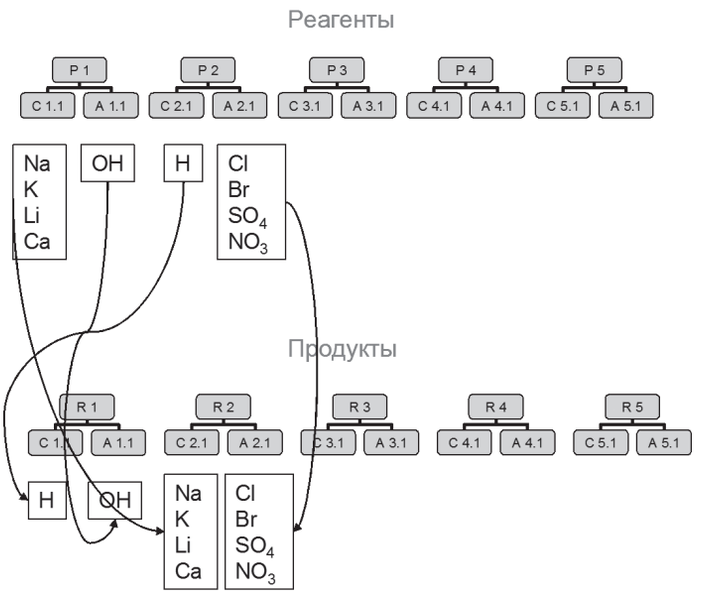

Рис. 7

Там же дана реакция:

$$12KNO_3 + 8C + 5S = 5K_2SO_4 + K_2CO_3 + 6CO_2 + CO + 6N_2.$$

При этом минимальное уравнение:

$$4KNO_3 + 4C + S = K_2SO_4 + K_2CO_3 + 2CO_2 + CO + 2N_2.$$

В литературе рассматриваются оба варианта двух последних реакций. По-видимому, ход реальной реакции зависит от дополнительных условий, однако в качестве учебных заданий минимальные уравнения, несомненно, предпочтительнее.

В любом случае, автоматическое вычисление коэффициентов (и других параметров) позволяет избежать ошибок, связанных с «человеческим фактором». Хотя надо учитывать и возможность проникновения ошибки в сам алгоритм вычисления, в этом случае ошибка будет тиражироваться. (На такую опасность указывают Ingo Eilks и др. на примере ошибочных объяснительных схем [7, 8].)

Шаблоны в программе варьируются от простых — для реакций соединения, разложения и обмена — до более сложных, например для окислительно-восстановительных реакций.

Дополнительные процедуры, используемые в программе, позволяют упростить написание программы и увеличить разнообразие предлагаемых задач. Они дают возможность:

- определять вещество по правильно записанной химической формуле;
- рассчитывать объем, массу и давление по формуле Менделеева—Клапейрона;
- определять концентрацию раствора по плотности и рассчитывать массовые доли.

Таким образом, путем варьирования количественных параметров можно еще больше увеличить число генерируемых вариантов. В результате формируется практически неограниченное множество расчетных задач, цель которых закрепить навыки расчета по изучаемым законам и закономерностям в начальном курсе химии.

Общая схема подключения дополнительных процедур представлена на рисунке 8.

Сформированные файлы проверочных работ и ответов можно открыть и распечатать в MS Word. Примеры простых заданий и ответов представлены на рисунках 9, 10. На рисунке 11 приведен пример более сложного задания.

Генератор тестовых заданий по химии ChemGenerator нашел применение в ряде школ Санкт-Петербурга. Он используется при генерации как проверочных работ при тестировании в классе, так и домашних работ, поскольку наличие большого количества индивидуальных вариантов предотвращает возможность решения задач для всего класса только одним или двумя понимающими предмет учениками.

Однако при попытке внедрения данной программы обнаружились некоторые **проблемы:**

- низкий уровень компьютерной грамотности преподавателей;
- нежелание преподавателей менять подход к обучению;
- инертность и нежелание осваивать программный продукт.

Речь идет не о том, что предлагаемый подход должен отменить остальные средства обучения, а также задачи, предлагаемые в традиционных бумажных задачниках, но о том, что боязнь компьютера среди преподавателей приводит к тому, что они упускают возможность облегчить свой труд и улучшить качество проверки знаний учащихся, а следовательно, и качество обучения школьников.

Программа ChemGenerator активно применяется в школе № 526 Санкт-Петербурга, а также в качестве дополнительного средства в ряде школ Московского района Санкт-Петербурга. Кроме того, с использованием программы автоматически сгенерирован «Сборник задач по химии».

Структура программы позволяет развить онлайн-версию, включить возможности автоматической

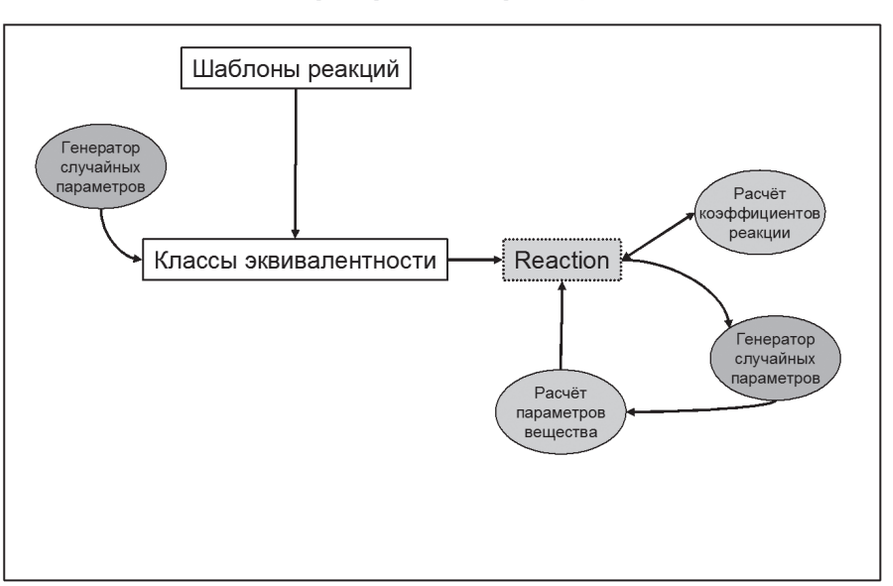

Рис. 8

Проверочная работа: вариант 1

Задача № 1

3_1 Определение объёма газообразного простого вещества при нормальных условиях по его массе

Вычислите объём газа при нормальных условиях, если известна его масса.

Газ - масса	Формула газа	Объём (л)
аргон - 155,80 г		
ксенон - 39,39 г		
неон - 66,59 г		

Задача № 2

3_4 Определение объёма смеси двух газов известного состава при нормальных условиях

Вычислите объём, который займёт при нормальных условиях газовая смесь, если известны составляющие её газы и их масса. При данных условиях указанные вещества не взаимодействуют.

Масса газов	Объём смеси
кислород - 16,00 г хлор - 63,82 г	
ксенон - 196,94 г азот - 30,81 г	
неон - 66,59 г азот - 36,42 г	

Во весь экран
Вернуть обычный режим

Задача № 3

3_8 Определение объёма газа (н.у.) по известному числу молекул

Определите объём газа (н.у.) по извечтному числу его молекул.

Число молекул	Формула газа	Объём в литрах
$19{,}87 \cdot 10^{23}$ - молекул фтора		
$18{,}66 \cdot 10^{23}$ - молекул неона		
$4{,}21 \cdot 10^{23}$ - молекул криптона		

Рис. 9

Ответы: вариант 1

Ответ к задаче № 1

Газ - масса	Формула газа	Объём (л)
аргон - 155,80 г	Ar	87,41 л
ксенон - 39,39 г	Xe	6,72 л
неон - 66,59 г	Ne	73,96 л

Ответ к задаче № 2

Масса газов	Объём смеси
кислород - 16,00 г хлор - 63,82 г	31,38 л
ксенон - 196,94 г азот - 30,81 г	58,27 л
неон - 66,59 г азот - 36,42 г	103,10 л

Ответ к задаче № 3

Число молекул	Формула газа	Объём в литрах
$19{,}87 \cdot 10^{23}$ - молекул фтора	F_2	73,96 л
$18{,}66 \cdot 10^{23}$ - молекул неона	Ne	69,48 л
$4{,}21 \cdot 10^{23}$ - молекул криптона	Kr	15,69 л

Рис. 10

проверки, добавить возможности расчета реакций для химии плазмы.

Литературные и интернет-источники

1. *Комаровский А. Н.* Разработка шаблона для подготовки тестов в MS PowerPoint // Информатика. 2009. № 20.

2. *Кулибаба М. С.* Учись уравнивать уравнения химических реакций // Химия. Все для учителя! 2010. Пилотный № 0.

Проверочная работа: вариант 1

Задача № 1

17_1 Реакции $MeMnO_4$ в зависимости от среды

Напишите уравнение окислительно-восстановительных реакций для указанных реагентов

Реагенты	Среда реакции	Уравнение реакции
HNO_2, $LiMnO_4$, H_2SO_4		
$LiMnO_4$, H_2SO_4, HNO_2		
$NaNO_2$, $NaMnO_4$, H_2O		
KNO_2, $KMnO_4$, KOH		

Задача № 2

16_7 Определение металла в сложном анализе

28,74 г порошка неизвестного простого оксида прокалили в печи с достаточным количеством угольного порошка. В процессе реакции оксид полностью прореагировал - образовался металл и газ. Образовавшийся газ при 43,70°Спропустили через избыток раствора гидроксида кальция. В результате получился осадок и газ. Газ занял объём 5,20 л (давление атмосферное).Осадок отфильтровали, высушили и взвесили. Масса осадка составила 10,01 г Напишите уравнения всех реакций и определите выплавленный металл

Искомые параметры	Значение
полученный металл	
формула его оксида	
уравнение реакции (1.1)	
уравнение реакции (1.2)	
уравнение реакции (2.1)	

Рис. 11

3. *Пожарская Н. А. и др.* Разработка интерактивных материалов для тестирования и обучения студентов органической химии // Успехи в химии и химической технологии. 2014. № 9.

4. *Посов И. А.* Обзор генераторов и методов генерации учебных заданий // Образовательные технологии и общество. 2014. № 4.

5. *Притчин И. А.* Использование ЭВМ при обучении количественным соотношениям в неорганической химии: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 1995.

6. *Buckminster Fuller R.* Education Automation: Freeing the Scholar to Return to His Studies // Illinois University occasional publication. Southern Illinois University Press, 1962.

7. *Eilks I., Witteck T., Pietzner V.* The Role and Potential Dangers of Visualisation when Learning about Sub-Microscopic Explanations in Chemistry Education // Centre Educ. Policy Stud. Journal. 2012. Vol. 2. No 1.

8. *Pietzner V.* Computer-Based Learning in Chemistry Classes // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. August 2014.

9. *Ryan B., Dunne J.* Integrating Formative Feedback Into Individual and Group Assessments in a First Year Organic Chemistry Module // Proceedings of Edulear: 3rd Annual International Conference on Education and New Learning Technologies. Barcelona (Spain), 2011.

10. *Syngh R., Gulwani S., Rajamani S.* Automatically Generating Algebra Problems // AAAI-12: Proceedings of the Twenty-Sixth Conference on Artificial Intelligence (Toronto, Ontario, Canada, July 2014). http://research.microsoft.com/en-us/um/people/sumitg/pubs/aaai12-full.pdf

11. *Wasfy H. M., Wasfy T. M., Peters J. M., Mahfouz R. M.* The Education Sector Revolution: The Automation of Education // 120th Annual American Society for Engineering Education Conference & Exposition. Atlanta, GA, June 2013.