

ФОРМИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА естественнонаучной грамотности: комплексные межпредметные задания с химической составляющей

А.Ю. Пентин,
Н.А. Заграничная,
Л.А. Паршутина,

Институт содержания и методов обучения РАО, г. Москва

Приоритетная задача школьного образования сегодня — достижение всех планируемых результатов обучения в контексте требований ФГОС. Все предусмотренные стандартом образовательные результаты для основной школы в области «Естественнонаучные предметы» могут быть реально достигнуты при условии согласованного взаимодействия учителей физики, химии и биологии. Это взаимодействие в рамках основной образовательной программы школы подразумевает реализацию общих принципов изучения естественнонаучных учебных курсов, использование дидактических средств, базирующихся на реальном жизненном контексте и разнообразных, достаточно сложных видах учебной деятельности. Изменившиеся образовательные приоритеты требуют изменений в содержании и методике естественнонаучного образования: построении обучения на основе научного метода познания¹, организации деятельности, в процессе которой формируются умения по исследованию явлений, обоснованию полученных результатов, формулированию собственных суждений и выводов.

Формирование умений

В качестве эффективного подхода, объединяющего естественнонаучные предметы и способствующего выполнению требований ФГОС, можно рассматривать направленность естественнонаучных предметов на общий образовательный результат — формирование естественнонаучной грамотности (далее ЕНГ) учащихся².

ЕНГ рассматривается в международной практике образования как способность осваивать и использовать естественнонаучные знания для распознавания и постановки научных вопросов, для освоения новых знаний, для объяснения естественнонаучных явлений, разрешения проблем с помощью научных методов, для получения выводов, основанных на наблюдениях

¹ Рязумовский В.Г., Майер В.В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: Изд. центр ВЛАДОС, 2004.

² Пентин А.Ю. Некоторые направления модернизации содержания естественнонаучных предметов основной школы: формирование естественнонаучной грамотности / Опыт преподавания естественных наук в России и за рубежом: сб. науч. статей. — М.: ИНФРА-М, 2015.

и экспериментах³. Эти положения фактически эквивалентны требованиям стандарта к предметным и метапредметным результатам освоения основной образовательной программы в части, касающейся естественнонаучных предметов. Естественнонаучная грамотность выпускника основной школы — это также важный социально значимый личностный результат образования, на котором базируются формирование научного мировоззрения личности, способность к эффективной учебно-познавательной и творческой деятельности.

Достаточный уровень овладения ЕНГ означает приобретение учеником способности действовать, применяя освоенные предметные и метапредметные способы деятельности и умения (познавательные, информационные, коммуникативные, исследовательские) для решения встречающихся в жизни проблем, связанных с естественными науками. Одно из средств формирования этих умений и способов деятельности — использование общих подходов к разработке учебных заданий в курсах химии, физики и биологии. Задания на материале каждого учебного предмета должны включать решение мировоззренческих, экологических и практико-ориентированных проблем в контексте реальных жизненных ситуаций. Возможные типы заданий, направленных на формирование базовых умений, лежащих в основе ЕНГ учащихся, разрабатываются сотрудниками Центра естественнонаучного образования (ИСРО РАО)⁴. На базе школ — экспериментальных площа-

док опробован инновационный дидактический инструментарий: комплексные и контекстные задания для формирования и диагностики ЕНГ учащихся основной школы.

Для проведения диагностического исследования в экспериментальных школах выделен комплекс базовых умений, овладение которыми необходимо для достижения планируемых результатов, определяющих ЕНГ. Эти умения, играющие решающую роль не только в познании, но и в личностном развитии школьников, могут рассматриваться как показатели достижения каждого планируемого результата.

Задания, ориентированные на применение названных выше умений, разрабатывались на межпредметной основе, однако во всех таких заданиях важное место занимал химический компонент.

Межпредметный комплексный блок заданий включал 9 заданий, объединённых одной темой, и охватывали весь комплекс планируемых результатов. Учащимся были предложены 2 варианта диагностической работы: 1 вариант — блок заданий «Хлеб» (см. приложение), 2 вариант — блок заданий «Чай». При составлении заданий фрагментарно использовались открытые материалы международного исследования PISA⁵. Анализ их выполнения даёт возможность судить об уровне ЕНГ в целом и об уровне достижения каждого из планируемых результатов обучения. Выводы об освоении умений сделаны на основании анализа результатов выполнения диагностических работ по показателю средней «коэффициент сформированности умений⁶» — K_y . Уровень сформированности ЕНГ считался

³ Основные результаты международного исследования PISA-12 / На сайте Центра оценки качества образования ИСМО РАО: http://centeroko.ru/pisa12/pisa12_pub.htm.

⁴ Разумовский В.Г., Пентин А.Ю., Никифоров Г.Г., Попова Г.М. Естественнонаучная грамотность и экспериментальные умения выпускников основной школы: некоторые результаты диагностики // Школьные технологии. — 2016. — № 1. — С. 63–91; Заграничная Н.А. Естественнонаучная грамотность как важный результат химического образования // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе: сб. науч. статей / редкол. Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2016. — С. 55–58.

⁵ Международная оценка образовательных достижений учащихся (PISA). Примеры заданий по естествознанию. // Центр оценки качества образования ИСМО РАО, 2007. С этими материалами можно также ознакомиться на сайте <http://www.centeroko.ru>.

⁶ $K_y = n/N$, где n — количество верно выполненных операций, N — количество всех операций деятельности. Достаточному уровню освоения умения соответствовал $K = 50–70\%$.

Таблица 1

Планируемые результаты формирования ЕНГ

№ критерия	Планируемый результат обучения, определяющий ЕНГ (критерии оценивания)	Умения	Возможный характер задания
1	Понимание основных особенностей естественнонаучного исследования (или естественнонаучного метода познания). Освоение исследовательских умений	А) определять и формулировать проблему; определять цель и задачи, адекватные проблеме; выдвигать гипотезу	Предложить гипотезу для объяснения наблюдаемого явления
		Б) предлагать способ проверки гипотезы (наблюдение, измерение, моделирование, эксперимент), оценить эффективность способа	Предложить простой доступный эксперимент для проверки гипотезы
		В) планировать и проектировать деятельность, направленную на проверку гипотезы, решение проблемы	Составить или выбрать лучший план исследования, эксперимента
		Г) предлагать способ фиксирования или измерения; выбирать адекватные средства и приборы, определять точность измерения	Предложить (изобрести) способ измерения заданного параметра
2	Освоение умений объяснять или описывать естественнонаучные явления на основе имеющихся научных знаний, а также прогнозировать возможные изменения и последствия	А) объяснить сущность явлений, свойства объектов (Почему? Как? Зачем?)	Объяснить причину, механизм наблюдаемого явления
		Б) объяснить принцип действия технического устройства или технологии	Объяснить, описать принцип действия предлагаемого устройства или технологии
		В) представлять строение, свойства, функции объектов, протекание процессов в виде материальных, аналоговых или знаковых моделей (описание, рисунок, схема, график, таблица, математическая интерпретация, химическое уравнение)	Смоделировать предлагаемый процесс при помощи блок-схемы или уравнения
		Г) предсказать изменения (что будет, если...) объектов или процессов при изменении каких-либо параметров	Назвать изменения, которые могут произойти в определённых условиях
		Д) распознавать научно обоснованные объяснения или предсказания, отличать их от ненаучных высказываний	Выбрать научно обоснованное утверждение (объяснение) из ряда предложенных утверждений

№ критерия	Планируемый результат обучения, определяющий ЕНГ (критерии оценивания)	Умения	Возможный характер задания
3	Освоение умений использовать научные доказательства и имеющиеся данные для получения выводов, их анализа и оценки достоверности	А) выявить закономерность в данных, представленных в виде графика, таблицы, диаграммы	Сделать вывод на основании информации, представленной на графиках. Выбрать правильный ответ по данным, приведённым на графике
		Б) обобщить (интерпретировать) известные научные факты и сформулировать выводы, аргументы, доказательства	Привести научные аргументы для обобщения имеющихся фактов
		В) выявить факты, данные или доказательства, лежащие в основе предлагаемых выводов (обратная задача по отношению к предыдущей)	Сформулировать вопрос о фактах и/или доказательствах, на основании которых предлагаются выводы
		Г) сформулировать свою точку зрения на основе оценки имеющихся данных или доказательств	Оценить достоверность и значимость имеющихся данных и предложенных доказательств

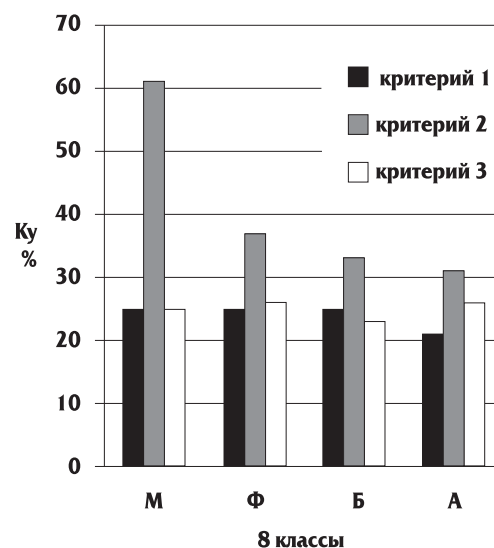
достаточным при $K_u \geq 50\%$ и высоким при $K_u \geq 70\%$.

Стартовый диагностический этап — только первый этап запланированного исследования, цель которого — разработка и обоснование методического инструментария, обеспечивающего повышение уровня ЕНГ учащихся при изучении каждого из естественнонаучных предметов, и в частности химии. Результатами этого стартового этапа должны стать:

- выводы об уровне сформированности отдельных умений, характеризующих ЕНГ;
- выявление наиболее острых проблем и затруднений, связанных с формированием ЕНГ учащихся;
- определение основных направлений совершенствования преподавания химии, физики и биологии с целью более эффективного формирования ЕНГ.

В исследовании принимали участие учащиеся математического (М), филологического (Ф) и общеобразовательных (А, Б) классов.

Полученные данные представлены на диаграмме.



Лучшие результаты были выявлены при выполнении заданий по критерию 2: «Освоение умений объяснять или описывать естественнонаучные явления на основе имеющихся научных знаний, а также прогнозировать возможные изменения

и последствия» — $K_y = 32-60\%$. Формированию и развитию этих умений учителя-естественники традиционно уделяют достаточное внимание. Это подтвердили полученные результаты диагностики. Учащиеся математического класса показали достаточно высокий уровень освоения таких умений, как: объяснять сущность явлений (задание 1, $K_{y1}=80\%$), использовать модели (задание 3, $K_{y3} = 65\%$), предсказывать изменения (что будет, если...) в зависимости от изменений каких-либо параметров (задание 8, $K_{y8} = 54\%$). В то же время учащиеся филологического класса продемонстрировали более скромные результаты: $K_{y1} = 48\%$; $K_{y3} = 39\%$; $K_{y8} = 25\%$, для тех же заданий соответственно. Результаты освоения рассматриваемых умений учащимися общеобразовательных классов приблизительно такие же, как в филологическом классе.

По полученным результатам можно сделать заключение о недостаточном уровне освоения умений, относящихся к критериям 1 и 3. Так, был установлен низкий уровень освоения таких важных умений, входящих в состав планируемого результата 1 (*критерий 1*), как:

- определять и формулировать проблему; определять цель и задачи, адекватные проблеме, выдвигать гипотезу. В математическом классе $K_y = 23\%$ (задание 7А), в филологическом — в соответствующем задании $K_y = 18\%$;
- предложить способ проверки гипотезы, оценить эффективность способа. Результат, полученный в математическом классе: $K_y = 20\%$ (задание 7Б); в филологическом — в соответствующем задании $K_y = 5\%$.

В задании 2, где необходимо было выбрать план эксперимента из предложенных ответов, учащиеся как математического класса, так и филологического и общеобразовательных классов показали хороший результат — K_y от 60 до 75%.

При выполнении заданий на применение умений, относящихся к критерию 3, восьмиклассники также показали невысокие усреднённые результаты. Но если рассматривать результаты по конкретным заданиям, то можно увидеть значительную разницу в освоении отдельных умений.

Так, в задании 9 школьникам предлагалось выбрать правильный ответ из приведённых вариантов на основании анализа информации, данной в графической форме. Это задание было правильно выполнено большинством участников. Результат математического класса — $K_y = 93\%$, а филологического — $K_y = 68\%$.

В заданиях, где нужно было или обобщить (интерпретировать) известные научные факты и сформулировать выводы, аргументы; или выявить факты, доказательства, лежащие в основе предлагаемых выводов (обратная задача по отношению к предыдущей), результаты значительно ниже. В задании 5: $K_y = 27\%$ (филологический класс), $K_y = 37\%$ (математический класс); в задании 6: $K_y = 27\%$ (филологический класс), $K_y = 43\%$ (математический класс).

С заданием 4, в котором требовалось привести научные аргументы для обоснования реального факта, большая часть восьмиклассников не справилась: $K_y = 20\%$ (математический класс); $K_y = 10\%$ (филологический класс).

Пробелы обучения и их устранение

Полученные в исследовании результаты свидетельствуют, что задача повышения уровня естественнонаучной грамотности учащихся основной школы не решена в достаточной мере в образовательной практике.

Первичный анализ результатов выполнения заданий и самих ответов учащихся (для заданий, где требуется дать обоснование в виде развёрнутого ответа) показывает, что порой решающей причиной неудачного выполнения задания оказывается даже не дефицит знаний или сообразительности, а отсутствие «умения учиться». Это означает, что

не развиты такие важнейшие общеучебные умения, как навык прикладывать умственные усилия для решения какой-то проблемы, обязательное внимательное «вчитывание» и обдумывание имеющихся данных, сравнение возможных подходов к решению. С точки зрения терминологии ФГОС, наверное, можно говорить о низком уровне сформированности метапредметных и личностных умений восьмиклассников. Похоже, что у многих подростков сложилось убеждение, что ответ на любой вопрос должен даваться с ходу, быстро, без серьёзного обдумывания. Для учащихся непривычна форма заданий, где требуется сформулировать и обосновать свой ответ. Отсюда — наличие инфантильных ответов и объяснений, либо просто списывание у тех, кто якобы сообразил быстрее (хотя часто неправильно). Если же это невозможно, то отдельные учащиеся предпочитают не давать ответ вообще, но не стремятся посидеть и подумать самостоятельно. Возможно, такие проявления являются результатом чрезмерного увлечения в школах заданиями в тестовой форме с выбором правильного ответа из ряда предложенных вариантов. Об этом же свидетельствует и тот факт, что задания с выбором ответа (задания 1, 2, 9) выполнены в диагностической работе значительно успешнее, чем задания, требовавшие свободный ответ.

Отсюда следует рекомендация учителям: ставить перед учащимися на уроках химии, физики и биологии проблемные вопросы, предусматривать на уроке время на обдумывание и обсуждение вопроса учащимися между собой, например в парах или мини-группах, предлагать давать развёрнутые ответы для обоснования своей точки зрения, объяснения явлений или результатов исследования. Содержание естественных наук предоставляет возможности ученикам научиться формулировать свою гипотезу исследования, найти, а порой и экспериментально реализовать способ проверки гипотезы, в том числе и ошибочной. Такие задания имеют творческий, в каком-то смысле изобретательский характер. Они не могут

быть одинаково успешно выполнены всеми. Но они служат достижению цели развития как общеучебных умений, так и личностных качеств.

Для того чтобы изученные естественнонаучные законы и теории не были мёртвым и никому не нужным грузом, необходимо в учебном процессе рассматривать как можно больше реальных или приближённых к реальным ситуаций, для объяснения или описания которых надо применять полученные знания. Задания этой группы предполагают ответы на вопросы «почему?», «как?», «что будет, если...?». Способность учащихся отвечать на эти вопросы основывается на балансе таких компонентов, как научные знания, интуиция, здравый смысл и личный опыт. Более активное включение этих видов деятельности в учебный процесс может обеспечить повышение уровня ЕНГ.

Приложение Вариант 1

ХЛЕБ

По мнению историков и археологов, хлеб был «открыт» людьми свыше 15 тысяч лет назад. Постепенно от выпекания пресных лепешек люди перешли к изготовлению кислого хлеба. Древние египтяне овладели искусством разрыхлять тесто с помощью брожения, которое вызывается мельчайшими организмами — дрожжевыми грибами, о существовании которых они и не подозревали.

А) Во все времена для приготовления теста для хлеба повар смешивает муку, воду, соль и дрожжи. После этого тесто длительно месит и помещают на несколько часов в тёплое место, чтобы начался процесс брожения (не выше 40°C). На разрезе качественного хлеба, приготовленного из кислого теста, видно множество мелких отверстий. Это результат химических реакций, протекающих с выделением углекислого газа

под воздействием дрожжевых грибков. Кроме этого, при созревании теста образуются ещё спирт, молочные кислоты и другие органические вещества, создающие особый вкус и аромат хлеба.

Вопрос 1:

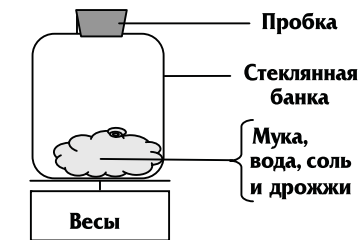
В процессе брожения тесто поднимается (увеличивается в объёме). **Почему** тесто поднимается? Выберите правильный ответ:

- A. Потому что в нём образуется спирт, который переходит в газообразное состояние.
- B. Потому что размножаются одноклеточные грибы.
- C. Потому что в тесте образуется углекислый газ.
- D. Потому что при брожении вода превращается в пар.

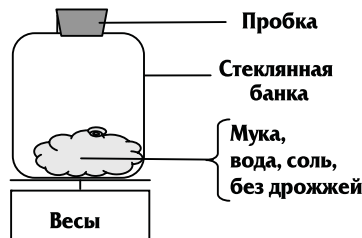
Вопрос 2:

Через несколько часов после замеса теста повар взвесил его и обнаружил, что масса теста уменьшилась.

В начале каждого из четырёх экспериментов, изображённых на рисунках, масса теста была одна и та же. Результаты каких **двух** экспериментов должен сравнить повар, чтобы выяснить, являются ли **брожение** причиной уменьшения массы теста?



Эксперимент 1



Эксперимент 2



Вопрос 3:

Крахмал и другие углеводы, содержащиеся в муке, в результате ряда реакций образуют глюкозу. Ферменты дрожжей в тесте дейст-

вуют как катализаторы и превращают глюкозу в одном случае в молочную кислоту ($C_3H_6O_3$), а в другом — в углекислый газ и спирт (C_2H_5OH). Представьте, что вам нужно показать на занятии, как протекают процессы брожения глюкозы. Сделайте это при помощи **блок-схем**.

Вопрос 4:

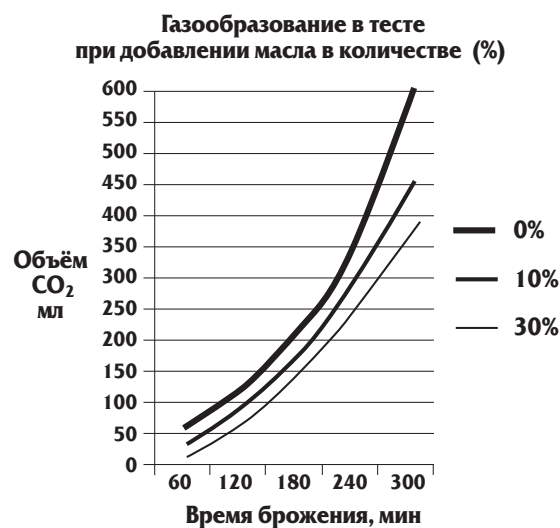
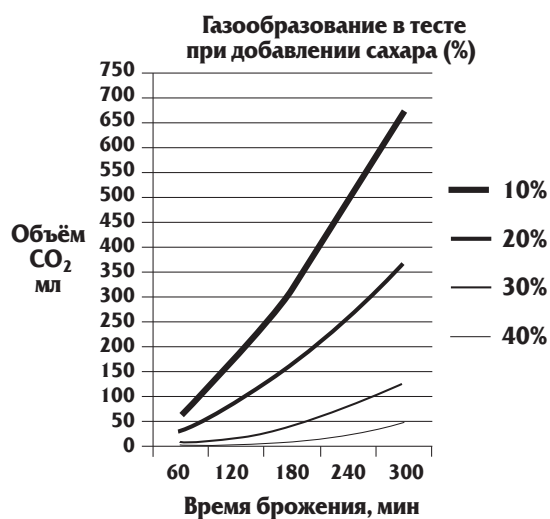
Когда «подошедшее» тесто ставят в печь, его объём ещё больше увеличивается из-за расширения газообразных веществ.

Приведите **научные аргументы** для объяснения этого факта.

Задание 5:

В сдобные хлебобулочные изделия добавляют сахар и жиры (например сливочное масло). Эти добавки улучшают вкус и мягкость сдобы. Масло не даёт булочкам долго черстветь. Но избыток сахара и масла не дают тесту хорошо подниматься, так как замедляется выделение углекислого газа.

На графиках показано, как влияет количество сахара и масла на процесс брожения теста. Тесто для эксперимента было приготовлено из 100 г муки.



Массу сахара и масла измеряли в процентах от веса муки. Сколько, по вашему мнению, следует добавлять в тесто сахара и масла для получения пышной сдобы.

Вопрос 6:

Сорта пшеницы делят на две группы: твёрдые и мягкие. Эндосперм зерна твёрдой пшеницы почти на четверть состоит из белка, называемого клейковиной. Такая мука придаёт тесту прочную структуру и упругость, что обеспечивает хороший подъём и равномерную пористость. В зерновках мягкой пшеницы эндосперм рыхлый, менее богатый белком. Хлеб высшего сорта должны выпекать из муки твёрдой пшеницы. Предложите признаки, по которым можно узнать хлеб, выпеченный из муки твёрдых сортов, и выбрать в магазине качественную буханку, а не подделку.

Вопрос 7:

Рыхление — это процесс образования газов в тесте, которые появляются или под действием дрожжей, или при добавлении специальных химических веществ — разрыхлителей. Самый распространённый из них — «порошок Либиха» (смесь пищевой соды и лимонной кислоты). В до-

машних условиях часто используют соду и кислоту из кисломолочных продуктов.

А) Предложите **гипотезу** о роли кислоты при использовании химических разрыхлителей теста.

Б) Как можно при помощи простого **эксперимента проверить** эту гипотезу? Кратко опишите ход эксперимента и возможный вывод.

Задание 8:

Некоторые люди перед сном любят поесть сладкие булочки, печенье, вафли и т.п., забывая потом почистить зубы. Известно, что бактерии, живущие у нас во рту, являются причиной кариеса зубов. Кариес стал проблемой с начала XVIII века, когда сахар стал доступным.

В настоящее время мы многое знаем о кариесе. Например:

- Бактерии, которые находятся во рту, питаются сахаром, превращая его в кислоту.
- Чистка зубов помогает предотвратить кариес.

Что будет происходить с вашими зубами, если вы съели сладкое печенье на ночь и не почистили зубы? Какие процессы будут протекать во рту?

Задание 9

Кондитерские мучные изделия, содержащие много сахара и других углеводов, небезопасны для зубов. На графике показаны потребление сахара и число случаев кариеса в разных странах. Каждая страна на графике представлена точкой?

Какое из следующих высказываний подтверждается **данными, приведёнными на графике?**

- В некоторых странах люди чистят зубы чаще, чем в других странах.
- Если съесть меньше чем 20 граммов сахара в день, то кариеса точно не будет.
- Чем больше люди едят сахара, тем более вероятно, что у них будет кариес
- В последние годы во многих странах увеличилась частота заболеваний кариесом.
- В последние годы во многих странах потребление сахара увеличилось.

