

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ ГРАМОТНОСТЬ: КОНТРОЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ

Василий Григорьевич Разумовский,

*главный научный сотрудник Центра естественнонаучного образования
Института стратегии образования РАО, доктор педагогических наук,
академик РАО*

Александр Юрьевич Пентин,

*заведующий Центром естественнонаучного образования Института стратегии
образования РАО, кандидат физико-математических наук*

Геннадий Григорьевич Никифоров,

*старший научный сотрудник Центра естественнонаучного образования
Института стратегии образования РАО, кандидат педагогических наук*

Галина Михайловна Попова,

методист по физике, химии и биологии Раменского Дома учителя

- естественнонаучная грамотность
- научный метод познания
- экспериментальные умения
- исследование достижений
- планируемые результаты
- образовательный стандарт
- муниципальный уровень системы образования

Исследование экспериментальных умений и естественнонаучной грамотности на муниципальном уровне

Актуальность исследования определяется несколькими важными причинами.

Если говорить о запросах муниципальной системы образования России, то важно отметить следующее.

1 сентября 2015 г., согласно федеральному плану-графику по введению ФГОС общего образования, представленному в письме Министерства образования и науки РФ от 19 апреля 2011 г. № 03–255 «О введении федерального государственного

образовательного стандарта общего образования», начался этап обязательного ввода ФГОС общего образования. При написании образовательных программ школы столкнулись с целым рядом проблем:

- Стандарт не содержит конкретных перечней оборудования, необходимого для материального оснащения кабинетов естественнонаучных предметов.
- Планируемые результаты, определяемые стандартом, включают широкую трактовку результатов — в частности, акцент делается на компетентность, знания в этом случае становятся не результатом, а инструментом деятельности.

• При формировании программ достижения планируемых результатов необходимо иметь чёткое представление об уровне достигаемых результатов с использованием системы обучения, сложившейся в школах на этапе введения стандарта, и их соответствие требованиям к результатам обучения.

В 2014/15 учебном году завершена первая часть этого исследования — по физике. В ходе этой части исследования решались две задачи.

Первая — это мониторинг лабораторной базы кабинетов физики всех школ района и определение её соответствия требованиям стандарта к материально-техническому обеспечению учебного процесса по физике, исходя из необходимости перевода изучения естественнонаучных предметов на экспериментальную основу. Благодаря мониторингу получены данные, которые позволят грамотно сформировать районную программу обновления лабораторного оборудования школ.

Другая задача, решённая в ходе этой части, — это исследование экспериментальных умений и уровня естественнонаучной грамотности выпускников основной школы по физике всех школ района на этапе введения стандарта.

Такое исследование позволяет определить начальный уровень сформированности умений перед тем, как школы перейдут к работе в соответствии с требованиями стандарта. Таким образом, возникает возможность объективного определения эффективности естественнонаучного образования в школах района после перехода на стандарт.

Проведённое исследование **имеет важное значение и для совершенствования методики преподавания физики** как базового естественнонаучного предмета в основной школе.

Во-первых, стандарт принципиально изменил положение учебного физического эксперимен-

та при обучении и особенно самостоятельного эксперимента: если раньше эксперимент играл роль наглядности, а самостоятельный эксперимент был направлен на формирование практических умений, то в условиях нового стандарта учебный эксперимент входит в деятельностную компоненту содержания обучения и должен обеспечивать освоение научного метода познания.

Во-вторых, введены планируемые результаты обучения, в том числе и экспериментального характера, вплоть до умений постановки целей исследования: проверка статуса гипотез, многофакторные исследования, исследование зависимостей, построение графиков по результатам измерений, оценка достоверности.

На острую необходимость модернизации изучения физики и всех естественнонаучных предметов в основной школе указывают результаты 15-летних российских школьников в международном исследовании PISA, где в течение уже пяти циклов этого исследования (с 2000 по 2012 гг.) учащиеся демонстрируют значительное отставание в естественнонаучной грамотности от группы лидирующих стран.

Во многих странах основная цель естественнонаучного образования на этапе основной школы определяется как формирование *естественнонаучной грамотности* учащихся. «Естественнонаучная грамотность — это не просто знания и умения. Помимо этого она включает в себя понимание природы науки, того, что такое научные достижения и как они влияют на нашу жизнь»¹. Последнее, в частности, означает, что естественнонаучная грамотность (ЕН-грамотность) должна характе-

¹ Разумовский В.Г. Методология науки как источник совершенствования содержания образования в соответствии с требованиями ФГОС // Физика в школе. — 2014. — № 3; Пентин А.Ю. Некоторые направления модернизации курса физики основной школы: формирование естественнонаучной грамотности учащихся // Физика в школе. — 2015. — № 6.

ризовать ещё и уровень гражданского сознания общества, включая его готовность к поддержке научной и инновационной деятельности, а также способность критически оценивать последствия реализации научно-технических проектов. Можно утверждать, что для технологической модернизации России естественнонаучная грамотность населения необходима в той же мере, в какой нужны и сами профессионалы — учёные, конструкторы, инженеры.

Только сочетание результатов исследования массовой педагогической практики с общедидактическим анализом позволит выявить проблемы, найти пути их решения, сформировать технологию, доступную для внедрения в массовую педагогическую практику. Только в этих условиях в качестве конечного результата можно ожидать изменения в результатах государственных экзаменов и международных исследований, в том числе и естественнонаучной грамотности.

Проведённый всесторонний анализ позволил определить основную задачу всего исследования: определение путей совершенствования изучения физики в основной школе, обеспечивающих такое освоение научного метода познания в соответствии с планируемыми результатами стандарта, при котором обеспечивается и формирование естественнонаучной грамотности.

Один из способов достижения такого результата — построение учебного процесса в соответствии с научным методом познания по циклу: наблюдения и систематизация экспериментальных фактов — выдвижение гипотезы — сопоставление гипотезы с имеющимися знаниями и вывод следствий — экспериментальная проверка теоретических выводов.

Ценность такого построения учебного процесса состоит в понимании школьниками именно того, что требует научная грамотность:

- научный метод познания, в отличие от других методов, достоверен, поскольку исходные факты воспроизводимы, а теоретические выводы, сделанные на основе этих фактов, экспериментально проверяемы;
- научный метод ценен объяснительной и предсказательной силой; научные предсказания экспериментально проверяются и используются на практике в производстве. Это достигается неразрывной связью в нём экспери-

ментального и теоретического методов исследования;

- научный метод может служить учащимся (по П.Я. Гальперину) «ориентировочной основой умственных действий» для самостоятельного овладения новыми знаниями;

- умелое использование научного метода познания учителем — это мощный стимулятор эмоции удовлетворения и радости школьников, когда результат их собственного эксперимента совпадает с предварительным теоретическим выводом.

Некоторые подходы к конструированию контрольных материалов для исследования экспериментальных умений и естественнонаучной грамотности

При конструировании исследовательских материалов проведён сравнительный анализ структуры умений, входящих в состав естественнонаучной грамотности и стандарта, а также в состав научного метода познания.

Анализ показывает, что подход к формированию и исследований умений, входящих в каждую из этих структур, как к отдельной методической проблеме не эффективен (рис. 1).

Эти структуры пересекаются, но они не совпадают. Поэтому эффективен, вероятнее всего, комплексный подход и к формированию, и к диагностике:



Рис. 1



Рис. 2

элементы, входящие в пересекаемые области, формируются и контролируются совместно, а специфические — отдельно (рис. 2).

При планировании комплексного исследования исследование общепредметных экспериментальных умений и естественнонаучной грамотности была объединена.

Это объясняется следующими соображениями.

Один из факторов прямо следует из сравнения набора основных умений, определяющих естественнонаучная грамотность, с требованиями

ями стандарта к некоторым метапредметным и предметным образовательным результатам (табл. 1).

Сравнение показывает, что умения, определяющие естественнонаучную грамотность, и требования стандарта вполне согласуются друг с другом, однако в стандарте соответствующие умения описаны менее чётко и нигде не «собраны» в единый взаимосвязанный комплекс, характеризующий общие цели и планируемые результаты изучения всех естественнонаучных предметов. В некотором смысле естественнонаучную грамотность можно рассматривать как конкретизацию и уточнение требований стандарта применительно к образовательным результатам изучения естественнонаучных предметов в основной школе.

И с точки зрения системно-деятельностного принципа стандарта, основанного на отечественных теориях учения, и с точки зрения научного метода познания и естественнонаучная грамотность, и общепредметные умения экспериментального

Таблица 1

Естественнонаучная грамотность и требования стандарта к результатам образования

	Умения, определяющие естественнонаучную грамотность	Требования стандарта к результатам образования
1	Распознавание и постановка научных вопросов и понимание основных особенностей естественнонаучного исследования	Овладение научным подходом к решению различных задач; овладение умениями формулировать гипотезы (<i>общие предметные результаты для предметной области «Естественнонаучные предметы»</i>). Приобретение опыта применения научных методов познания (<i>предметный результат изучения физики</i>)
2	Умение объяснять или описывать естественнонаучные явления на основе имеющихся научных знаний, а также умение прогнозировать изменения	Умение создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач (<i>метапредметный результат образования</i>)
3	Умение использовать научные доказательства и имеющиеся данные для получения выводов, их анализа и оценки достоверности	Умение определять понятия, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, самостоятельно выбирать основания и критерии для классификации, устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение (индуктивное, дедуктивное и по аналогии) и делать выводы (<i>метапредметный результат образования</i>). Овладение умениями оценивать результаты экспериментов, представлять научно обоснованные аргументы своих действий (<i>общие предметные результаты для предметной области «Естественнонаучные предметы»</i>)

характера имеют одинаковые и психологические, и общедидактические основы.

Поэтому при планировании исследования исходили из того, что объединение заданий в одной оцениваемой работе позволит выявить проблемы общего характера в формировании умений и сформировать общие подходы к методике формирования общеучебных умений экспериментального характера и естественнонаучной грамотности.

При подготовке исследования:

- проанализированы опыт оценивания, применяемый в международных исследованиях естественнонаучной грамотности PISA, а также отечественный опыт использования экспериментальных заданий с реальным оборудованием в ходе государственного экзамена;
- показано, что используемые в международных исследованиях чисто бумажные технологии определения уровня естественнонаучной грамотности неизбежны, хотя в состав их структуры входят умения, которые целесообразно проверять с использованием заданий с реальным оборудованием. Вместе с тем задания с реальным оборудованием, используемые до сих пор в отечественной системе государственной аттестации, также не подходят, так как имеют чисто репродуктивный характер;
- проанализированы особенности международных исследований, муниципальных и текущих уровней проверки экспериментальных умений и естественнонаучной грамотности;
- показано, что контрольные материалы для оценки умений на муниципальном уровне не разработаны, а для текущей оценки приёмы и методы проверки экспериментальных умений существуют, но в массовой педагогической практике не применяются, происходит замена процедуры проверкой выполнения фронтальных работ. Эта проверка в массовой педагогической практике позволяет лишь определить уровень исполнительской компетентности при работе по пошаговым инструкциям.

Контрольных материалов для текущей проверки естественнонаучной грамотности — нет.

Проведённый анализ позволил выдвинуть основной принцип конструирования контрольных материалов: объединение заданий по проверке естественнонаучной грамотности и экспериментальных умений в одной оцениваемой работе.

С учётом того, что выполнение заданий с лабораторным оборудованием и текстовых заданий по оценке естественнонаучной грамотности требует от учащихся разных видов деятельности, в структуре оценочных работ в явном виде были выделены две части.

При организации исследования необходимо было учесть два противоречивых условия. С одной стороны, в исследовании должны принять участие все школы района, с другой — по результатам мониторинга лабораторное оборудование в школах района различно. Например, результат мониторинга показал, что задания с лабораторным оборудованием возможны только по механике и электричеству.

В этих сложных условиях было принято решение о формировании структуры работы — администрация школ формирует комплекты самостоятельно с учётом следующего требования: каждая работа содержит две части — экспериментальную (задания с реальным лабораторным оборудованием — выбираются варианты, отвечающие требованиям к лабораторному оборудованию) и часть по «естественнонаучной грамотности». Для администрации школ была подготовлена инструкция по формированию вариантов оценочной работы.

Для структурирования оценочной работы были составлены шесть вариантов с экспериментальными заданиями, четыре варианта заданий по «естественнонаучной грамотности».

Необходимость составления двух дополнительных вариантов с экспериментальными заданиями вызвана тем, что по результатам мониторинга не все школы

имеют оборудование для исследования явления электромагнитной индукции и движения бруска по наклонной плоскости с использованием электронного секундомера.

Проанализируем структуру вариантов.

Каждый из вариантов с лабораторным оборудованием имеет два задания: одно задание проверяет предметные и общепредметные

умения по проведению прямых и косвенных измерений, построению графиков, наблюдению явлений; второе задание направлено на проверку умений по исследованию гипотез. (Порядок следования может быть различным.)

В таблицах 2 и 3 показано распределение типов экспериментальных заданий по вариантам и тематической принадлежности.

Таблица 2

Тематическая принадлежность: механика

Номер варианта	Уровень проверяемых умений		
	Базовый	Повышенный	Высокий
M1	Задание 2. Измерение жёсткости пружины динамометра без использования грузов, на основе исследования зависимости удлинения от силы и построения графика этой зависимости		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> Планирование своей деятельности с помощью текста-подсказки. Измерение удлинения с помощью стандартного оборудования. Представление результатов эксперимента в виде таблицы 	<ul style="list-style-type: none"> Построение графической зависимости. Определение жёсткости пружины с помощью графика 	
M1	Задание 1. Проверка гипотезы о времени движения двух грузов разной массы, подвешенных к нити одинаковой длины, отклонённых на одинаковый угол		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> Изображение эскиза экспериментальной установки. Проведение наблюдений по предложенной инструкции 	Использование наблюдений для вывода о правильности гипотезы	<ul style="list-style-type: none"> Представление о научном методе познания — выявление важных параметров для наблюдения и неоднократность проведения опыта. Использование имеющихся знаний о наблюдаемом явлении (законов и закономерностей) для объяснения результатов проверки гипотезы
M2	Задание 2. Измерение коэффициента трения на основе исследования зависимости силы трения от силы давления и построения графика этой зависимости		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> Планирование своей деятельности с помощью текста-подсказки. Измерение силы трения и веса тела с помощью стандартного оборудования. Представление результатов эксперимента в виде таблицы 	<ul style="list-style-type: none"> Объяснение с помощью рисунка условий измерения силы трения. Построение графической зависимости. Определение коэффициента трения скольжения с помощью графика 	

Номер варианта	Уровень проверяемых умений		
	Базовый	Повышенный	Высокий
M2	Задание 1. Проверка гипотезы о времени движения двух грузов одинаковой массы, подвешенных к нити одинаковой длины, отклоненных на разные углы		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Изображение эскиза экспериментальной установки. • Проведение наблюдений по предложенной инструкции 	Использование наблюдений для вывода о правильности гипотезы	<ul style="list-style-type: none"> • Представление о научном методе познания — выявление важных параметров для наблюдения и неоднократность проведения опыта. • Использование имеющихся знаний о наблюдаемом явлении (законов и закономерностей) для объяснения результатов проверки гипотезы
M3	Задание 2. Измерение ускорения движения бруска, скользящего по наклонной плоскости, на основе измерения времени движения электронным секундомером (практически повторяет стандартную л/р 9-го класса «Определение ускорения при равноускоренном движении»)		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Проведение эксперимента по предложенной инструкции. • Измерение расстояния с помощью стандартного оборудования. • Измерение времени с помощью электронного секундомера. • Определение среднего 	<ul style="list-style-type: none"> • Использование знаний связи между кинематическими величинами для определения ускорения тела 	
M3	Задание 1. Проверка гипотезы о времени движения бруска по наклонной плоскости при увеличении числа грузов, стоящих на бруске		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Изображение эскиза экспериментальной установки. • Измерение расстояния с помощью стандартного оборудования. • Измерение времени с помощью электронного секундомера. • Определение среднего 		<ul style="list-style-type: none"> • Оценка результатов измерения с использованием представлений о погрешности. • Представление о научном методе познания — выявление важных параметров для наблюдения и неоднократность проведения опыта. • Использование имеющихся знаний о наблюдаемом явлении (законов и закономерностей) для объяснения результатов проверки гипотезы

В таблице 4 представлены структура и тематическая принадлежность вариантов и заданий по естественнонаучной грамотности.

Особенность структуры состоит в следующем. В ней выделяются две части: в одну из них включены задания открытого сегмента

PISA межпредметного содержания, другая построена на материале физики. В этой части одно задание построено как контекстное (в структуре PISA), другое — традиционное задание с выбором ответа, но практико-ориентированное. **НО**

Тематическая принадлежность: электричество

Номер варианта	Уровень проверяемых умений		
	Базовый	Повышенный	Высокий
ЭЛ1	Задание 1. Исследование зависимости мощности тока в резисторе от силы тока и построение графика этой зависимости		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Построение электрической цепи по предложенной схеме. • Планирование своих действий с помощью текста-подсказки. • Измерение силы тока и напряжения с помощью стандартного оборудования. • Использование реостата для регулирования тока в цепи. • Представление результатов в виде таблицы 	<ul style="list-style-type: none"> • Построение графической зависимости. • Использование имеющихся знаний для анализа полученной закономерности и её численного подтверждения 	
ЭЛ1	Задание 2. Проверка гипотезы об изменении силы тока при последовательном подключении к резистору ещё одного		
Проверяемые умения	Измерение силы тока	<ul style="list-style-type: none"> • Использование полученных экспериментальных данных для вывода о правильности гипотезы 	<ul style="list-style-type: none"> • Планирование деятельности при проверке гипотезы. • Использование имеющихся знаний о наблюдаемом явлении (законов и закономерностей) для объяснения результатов проверки гипотезы
ЭЛ2	Задание 1. Исследование зависимости мощности тока в резисторе от напряжения на нём и построение графика этой зависимости		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Построение электрической цепи по предложенной схеме. • Планирование своих действий с помощью текста-подсказки. • Измерение силы тока и напряжения с помощью стандартного оборудования. Использование реостата для регулирования тока в цепи 	<ul style="list-style-type: none"> • Построение графической зависимости. • Использование имеющихся знаний для анализа полученной закономерности и её численного подтверждения 	
ЭЛ2	Задание 2. Проверка гипотезы об изменении силы тока при последовательном подключении к резистору лампочки		
Проверяемые умения	Измерение силы тока	<ul style="list-style-type: none"> • Использование полученных экспериментальных данных для вывода о правильности гипотезы • Планирование деятельности при проверке гипотезы 	<ul style="list-style-type: none"> • Использование имеющихся знаний о наблюдаемом явлении (законов и закономерностей) для объяснения результатов проверки гипотезы

Номер варианта	Уровень проверяемых умений		
	Базовый	Повышенный	Высокий
ЭЛМЗ	Задание 1. Исследование явления электромагнитной индукции: проверка гипотезы о возникновении индукционного тока при любом движении магнита и катушки (во многом повторяет стандартную л/р 9-го класса «Изучение явления электромагнитной индукции»)		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Выполнение пошаговой инструкции. • Описание своих наблюдений 	<ul style="list-style-type: none"> • Использование полученных экспериментальных данных для вывода 	
ЭЛМЗ	Задание 2. Исследование явления электромагнитной индукции: самостоятельный выбор оборудования для самостоятельно разработанного опыта для наблюдения явления		
Проверяемые умения	<ul style="list-style-type: none"> • Сборка цепи по предложенному рисунку. • Описание своих действий в эксперименте 	<ul style="list-style-type: none"> • Планирование деятельности при проверке гипотезы с опорой на имеющийся набор стандартного оборудования и знаний о наблюдаемом явлении 	

Таблица 4

Тематическая структура вариантов по естественнонаучной грамотности
(Все задания высокого уровня, кроме традиционных заданий на материале физики, в вариантах 3 и 4.)

Вариант	Задание 1	Задание 2	Задание 3
ЕНГ-1	На материале физики		PISA Межпредметное задание: производство хлеба
	Контекстное задание в структуре PISA на короткое замыкание		
ЕНГ-2	На материале физики		PISA Межпредметное задание: производство энергии за счёт ветра
	Контекстное задание в структуре PISA на явление диффузии, наблюдаемое с использованием чайных пакетиков		
ЕНГ-3	На материале физики		PISA Межпредметное задание: парниковый эффект
	Контекстное задание в структуре PISA по электростатическому взаимодействию и исследованию проводимости волос	Традиционное задание с выбором ответа на применение третьего закона Ньютона в практико-ориентированной ситуации взаимодействия двух человек: большого и маленького	
ЕНГ-4	На материале физики		PISA Межпредметное задание: средства защиты от солнца
	Контекстное задание в структуре PISA: тормозной путь различных типов шин	Традиционное задание с выбором ответа на применение второго закона Ньютона (через изменение импульса в практико-ориентированной ситуации взаимодействия клюшки и шайбы)	