

Методическое письмо подготовлено на основе аналитического отчета
«Результаты единого государственного экзамена 2009 года»
членами федеральной предметной комиссии по физике:
к.п.н. М.Ю. Демидовой, к.п.н. Г.Г. Никифоровым.
Научный руководитель – к.п.н. Г.С. Ковалева.
Письмо согласовано с председателем
Научно-методического совета ФИПИ
по физике, д.тех.н. Г.Г. Спириным,
утверждено директором ФИПИ А.Г. Ершовым.

Методическое письмо

Об использовании результатов единого государственного экзамена 2009 года в преподавании физики в образовательных учреждениях среднего (полного) общего образования

Единый государственный экзамен по физике является формой государственного (итогового) контроля и позволяет установить уровень освоения участниками экзамена федерального компонента государственных образовательных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования, а также эффективно дифференцировать абитуриентов в соответствии с их уровнем подготовки по предмету. ЕГЭ по физике проводится с целью получения объективных и достоверных сведений о готовности выпускника к продолжению образования в учреждениях среднего специального и высшего профессионального образования соответствующей специализации.

На экзамене используются задания стандартизированной формы – контрольные измерительные материалы (КИМ). В целях обеспечения стандартизации измерения ежегодно создаются документы, регламентирующие разработку КИМ ЕГЭ. Регламентирующими документами **2010 года** являются:

- Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для ЕГЭ по физике (далее – кодификатор);
- Спецификация КИМ ЕГЭ по физике (далее – спецификация);
- Демонстрационный вариант КИМ для ЕГЭ по физике (далее – демонстрационный вариант).

Описание экзаменационной модели по физике 2009 и 2010 годов

Экзаменационная работа по физике 2009 г. состояла из 36 заданий, различающихся формой представления и уровнем сложности.

В первую часть работы было включено 25 заданий с выбором ответа. Вторая часть содержала 5 заданий с кратким ответом, при этом задания В1 и В2 представляли собой задания на установление характера изменения

величин, описывающих различные физические процессы или явления, а задания В3 – В5 – расчетные задачи с кратким ответом в виде числа. Третья часть экзаменационной работы включала 6 заданий: одну качественную задачу и пять расчетных задач, при выполнении которых нужно было привести развернутое решение. Общее время выполнения работы составляло 210 минут.

По сравнению с экзаменационной работой 2008 г. число заданий было уменьшено с 39 до 36. При этом в первой части сокращено число заданий с выбором ответа, во вторую часть добавлено одно задание с кратким ответом, в третью часть – одно задание с развернутым ответом. Максимальный первичный балл не изменился.

Структура экзаменационной работы 2010 г. и распределение заданий по содержанию оставлены без изменений. Внесены корректировки в форму представления задания В1, обновлены критерии оценивания заданий с развернутым ответом.

Однако при сохранении формы экзаменационной работы в вариантах 2010 года будет продолжена линия постепенного увеличения доли «качественных вопросов» по физике, то есть заданий, проверяющих понимание сути физических явлений, умений применять физическую терминологию для описания явлений, а не просто воспроизводить те или иные законы и формулы. Будет расширен диапазон проверяемых методологических умений, а также заданий высокого уровня сложности, для выполнения которых необходимо обоснование используемой физической модели.

Ниже дана краткая характеристика КИМ по физике 2009 и 2010 годов. В экзаменационную работу включены задания по всем основным содержательным разделам курса физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, квантовая физика. Каждый экзаменационный вариант КИМ ЕГЭ по физике содержит задания по всем содержательным темам перечисленных выше разделов, а по наиболее важным темам задания формулируются на разных уровнях сложности. Число заданий по разделу примерно пропорционально учебному времени, отводимому на его изучение.

В КИМ представлены задания базового, повышенного и высокого уровней сложности. Задания базового уровня проверяют усвоение наиболее важных физических понятий и законов. Задания повышенного уровня контролируют умение использовать физические понятия и законы для анализа более сложных процессов или умение решать задачи на применение одного-двух законов (формул). К заданиям высокого уровня сложности относятся расчетные задачи, которые требуют применения знаний в измененной или новой ситуации.

Экзаменационные варианты конструируются таким образом, чтобы обеспечить проверку различных видов деятельности: владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики, владение основами

знаний о методах научного познания, решение задач различного типа и уровня сложности.

На основе первичных баллов, выставленных за выполнение всех заданий экзаменационной работы, осуществляется перевод в «тестовые» баллы по 100-балльной шкале. Рособрнадзор ежегодно устанавливает по каждому общеобразовательному предмету минимальное количество баллов ЕГЭ, подтверждающее освоение выпускником основных общеобразовательных программ среднего (полного) общего образования в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта основного общего и среднего (полного) общего образования. Минимальная граница ЕГЭ по физике 2009 г. была установлена на уровне 32 тестовых баллов, что соответствует 8 первичным баллам (50% от заданий базового уровня, отвечающих содержанию стандарта базового уровня). Для достижения минимальной границы необходимо было правильно выполнить соответствующее число заданий базового уровня сложности (из первой и второй частей работы).

Основные результаты ЕГЭ по физике в 2009 году

В 2009 году в ЕГЭ по физике принимало участие 205 379 выпускников из всех регионов страны, что составило 20,4% от общего числа выпускников. Результаты ЕГЭ по физике 2009 г. оказались существенно ниже результатов предыдущих лет. Основная причина — резкое увеличение числа сдававших экзамен (в 2008 г. в ЕГЭ по физике участвовало 59 796 выпускников из 69 регионов). Средний тестовый балл в 2009 г. составил 48,9 (в 2008 г. — 53 балла). Не сумели преодолеть минимальную границу ЕГЭ по физике 6,2% выпускников от общего числа экзаменуемых.

Всей совокупностью участников экзамена продемонстрировано усвоение на базовом уровне основных понятий, формул и законов только по четырем из семнадцати тем школьного курса физики. К сожалению, на повышенном уровне ни по одной из тем не зафиксировано преодоления границы успешности выполнения заданий. При этом наиболее проблемными для выпускников оказались вопросы по статике, электростатике, электромагнитной индукции и оптике.

Результаты выполнения заданий на понимание смысла физических законов и формул показали, что их усвоение ограничивается ситуациями воспроизведения формул и применением их в простых расчетных ситуациях. Трудными для значительного числа выпускников оказываются задания, проверяющие элементы квантовой физики. Продемонстрированы крайне низкие результаты выполнения заданий, контролирующих основополагающие постулаты и принципы разных разделов физики.

Наибольшую тревогу вызывают низкие результаты выполнения заданий, в которых требовалось определить характер протекания различных явлений, применение физических явлений или их проявление в природе. К сожалению, результаты выполнения такого рода заданий оказались в целом

существенно ниже результатов выполнения заданий на применение законов и формул в простых расчетных ситуациях. Таким образом, выпускники в основном хорошо помнят достаточно большой спектр законов и формул, но не различают явлений и процессов, для описания которых и необходимы изученные формулы и законы.

Контрольные измерительные материалы ЕГЭ по физике включают задания, в которых используются различные способы представления информации: график, таблица, схематичные рисунки, фотографии реальных экспериментов. Анализ результатов выполнения заданий с использованием графической информации показал, что экзаменуемые достаточно успешно справляются с различными операциями, связанными с извлечением информации из графиков и расчетом коэффициентов линейных функций. Гораздо более сложными оказываются задания, в которых для определения физической величины необходимо вычислить площадь по графику. К сожалению, менее половины тестируемых выполняют задания, предполагающие интерпретацию графической информации: определение характера изменения параметра, не представленного на графике, или соотнесение графика зависимости величины от времени с протеканием физического процесса.

При решении задач выпускники наиболее успешно справлялись с заданиями по молекулярной физике и термодинамике, квантовой физике и теме «Постоянный ток». Наиболее существенные затруднения вызвали задания по динамике, законам сохранения в механике и теме «Магнитное поле». Анализ выполнения заданий с развернутым ответом показывает, что, довольно высока доля неверных арифметических расчетов, ошибок в приведении степеней, переводе единиц измерения, выраженных с использованием различных десятичных приставок, т.е. в тех операциях, которые нельзя провести с использованием калькулятора.

В этом году 46,8% участников ЕГЭ по физике не выполнили ни одного задания с развернутым ответом, получив за выполнение третьей части работы 0 баллов. Таким образом, почти половина выпускников, выбравших экзамен по физике и претендующих на поступление в вузы на соответствующие специальности, показали отсутствие основополагающего для дальнейшего обучения в вузе умения решать задачи по физике. Лишь группы тестируемых с хорошим и отличным уровнями подготовки (26% от общего числа сдававших экзамен) продемонстрировали умения выполнять задания повышенного уровня сложности и решать задачи с развернутым ответом, т.е. продемонстрировали такой уровень подготовки, который позволит в дальнейшем осваивать вузовские программы курса общей физики.

Для того чтобы разделить экзаменуемых по качеству их подготовки, по результатам ЕГЭ 2009 года было введено пять уровней выполнения экзаменационной работы: минимальный (32 балла), низкий (39 баллов), удовлетворительный (48 баллов), хороший (58 баллов), отличный (66

баллов). Эти уровни на 100-балльной шкале отмечают границы достижений экзаменуемых, имеющих разное качество подготовки по предмету. Минимальный уровень определяется Рособрнадзором.

Итоги ЕГЭ по физике 2009 года позволили выделить следующие группы экзаменуемых в соответствии с полученными на экзамене тестовыми баллами: экзаменуемые с минимальным уровнем подготовки, набравшие 32 – 38 баллов; с низким уровнем подготовки, набравшие 39 – 47 баллов (такой результат получили около 25% экзаменуемых); с удовлетворительным уровнем подготовки, набравшие 48 – 57 баллов (удовлетворительный уровень разделил всех экзаменуемых на две почти равные части); с хорошим уровнем подготовки, набравшие 58 – 65 баллов; с отличным уровнем подготовки, набравшие 66 баллов и выше. Следует отметить, что 58 баллов и выше набрали около 25% экзаменуемых, из них около 10% достигли 66 баллов и превысили этот результат.

Выпускники с *минимальным уровнем* подготовки при выполнении экзаменационного варианта показали разрозненные знания отдельных содержательных элементов. Данная группа выпускников выполняет задания, требующие воспроизведения основополагающих теоретических сведений, а также применения отдельных формул и законов в простейших типовых учебных ситуациях. В данном случае не приходится говорить о сформированности какой-либо системы знаний. В качестве примера можно привести «типичный набор» заданий, которые выполняют выпускники с минимальным уровнем подготовки: определение пути по графику зависимости скорости от времени, узнавание формул закона Кулона и второго закона Ньютона, расчет коэффициента жесткости по закону Гука, определение сопротивления по графику зависимости силы тока от напряжения, определение фокуса линзы по ходу луча, параллельного главной оптической оси, определение числа электронов в атоме. Данные задания, выполняемые по различным разделам школьного курса физики, нацелены на простое воспроизведение наиболее отрабатываемых на уроках формул и законов. Такой уровень подготовки можно считать допустимым для аттестации по стандарту базового уровня, но явно недостаточным для продолжения образования в высших учебных заведениях.

Тестируемые с *низким уровнем* подготовки показали некоторую системность знаний по стандарту базового уровня. Эта группа выпускников выполняла задания на простое воспроизведение знаний, демонстрировала умение применять основные формулы курса физики базового уровня в простейших расчетных ситуациях. Однако экзаменуемые этой группы крайне неуверенно отвечали на вопросы, которые изучаются, как правило, в последнем классе школы.

Экзаменуемые, относящиеся к группе с *удовлетворительным уровнем* подготовки, успешно выполняли около двух третей заданий базового уровня, при этом следует отметить владение ими основополагающим материалом по всем темам курса физики. Подчас эти выпускники

приступают и к решению заданий с развернутым ответом, если те имеют привычную формулировку школьных задачников и «прозрачный» сюжет. Однако выпускникам этой группе явно не хватало уверенности для свободного оперирования даже знакомыми содержательными элементами. Любая «нетипичная» постановка проблемы приводила к резкому падению результатов.

Группа участников ЕГЭ с *хорошим уровнем* подготовки продемонстрировала высокий процент выполнения заданий базового уровня сложности и достаточно уверенное решение задач повышенного уровня сложности первой и второй частей работы. К сожалению, в этой группе не зафиксировано усвоение содержательных элементов на высоком уровне сложности. Однако экзаменуемые данной категории приступали к решению одной-двух задач высокого уровня сложности, демонстрируя понимание типичных моделей задач.

Группа выпускников с *отличным уровнем* подготовки успешно справляется с заданиями базового уровня и большинством заданий повышенного уровня сложности. Лишь эта группа выпускников выполняет задания высокого уровня сложности, проявляет достаточно высокую степень самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания.

Рекомендации по совершенствованию преподавания физики с учетом результатов ЕГЭ 2009 года

В этом году впервые анализ результатов единого государственного экзамена был проведен не по типам заданий и темам, как было принято ранее, а по проверяемым в экзаменационной работе умениям. Такой подход позволил выявить не просто отдельные недочеты в усвоении тех или иных частных вопросов, а показать уровень овладения выпускниками наиболее важными видами деятельности, на формирование которых направлено изучение всех разделов школьного курса физики.

Наибольшую тревогу вызывает наблюдаемый по результатам ЕГЭ дисбаланс в овладении понятийным аппаратом школьного курса физики. Как было сказано выше, лучше всего оказываются усвоенными частные законы и формулы, но зафиксирован явный дефицит в понимании сути изученных физических явлений и процессов. Кроме того, выпускники испытывают серьезные затруднения в понимании фундаментальных законов и постулатов физики: постулатов СТО, основных положений теории Максвелла, постулатов Бора.

Эти результаты убедительно доказывают, что бессистемные знания, заучивание формул без осмысления сущности физических процессов и явлений, т.е. все то, что можно получить в результате «натаскивания», не приводит к желаемым результатам при сдаче ЕГЭ. Только сформированная система физических знаний, понимание особенностей протекания

изученных явлений, выстраивание иерархии физических законов сможет обеспечить успешность сдачи экзамена.

Основная проблема преподавания физики — нехватка учебного времени на систематизацию и обобщение материала. Одним из возможных конструктивных подходов её решения является опора на *внутрипредметные связи*, что позволит при изучении многих разделов курса физики второй ступени в значительной степени увеличить объём времени на отработку понимания основных законов физики. Особенно это относится к таким разделам физики, как механика, термодинамика, законы постоянного тока.

После изучения курса физики основной школы ученики имеют представление обо всех физических величинах и законах механики. Следовательно, изучение механики на уровне теорий может проходить параллельно с отработкой основных идей механики. В рамках электродинамики малоэффективно, например, половину времени, отводимого на изучение законов постоянного тока, тратить на повторение материала основной школы. Более продуктивна педагогическая технология, при которой решение задач, основанных на этом материале, проходит параллельно с изучением закона Ома для полной цепи.

Отдельно следует сказать о том, что в контрольных измерительных материалах 2009 г. впервые были использованы задания с развернутым ответом, представляющие собой *качественные задачи*. Как правило, использовались различные по содержанию, но сходные по модели задания, в которых необходимо было объяснить изменения, протекающие в описанном в задании опыте. Ответ должен был представлять собой логически стройную цепочку рассуждений со ссылкой на физические явления и законы.

Анализ ответов на эти задания показывает, что большинство выпускников могут лишь узнать физические явления или указать на законы и формулы, которые можно использовать в данной ситуации, но испытывают серьезные трудности при формулировании логически связанных объяснений. Очевидно, необходимо шире использовать качественные задачи в процессе изучения предмета, включать такие модели заданий в большинство тематических контрольных работ, а также уделять больше внимания устным ответам учащихся на уроках.

Для качественных задач разработана обобщенная система оценивания, которая построена на описании полного правильного решения. Полное правильное решение таких заданий должно включать правильный ответ (например, что будет наблюдаться, как изменятся показания приборов и т.п.), и полное верное объяснение (логически не противоречивое и отражающее все этапы протекания явления или процесса) с указанием наблюдаемых явлений и законов (названий явлений и законов или необходимых формул). Целесообразно использовать данную систему

оценивания качественных заданий в практике преподавания предмета и при текущей проверке знаний и умений учащихся.

Особое внимание следует обратить на формирование умения учащихся решать *расчетные задачи*. В экзаменационной работе по физике требования, предъявляемые к абитуриентам, поступающим на физические и инженерно-технические специальности, наиболее полно отражаются в заданиях с развернутым ответом, представляющих собой расчетные задачи высокого уровня сложности. К выполнению этой части работы приступают две трети участников экзамена, но большинство из них готовы работать лишь на уровне воспроизведения известных моделей задач. В ряде случаев за выполнение такого рода заданий тестируемым удается получить по одному первичному баллу, но говорить об умении решать задачи данного типа не приходится.

При подготовке к ЕГЭ не приводит к успешным результатам путь заучивания «типовых моделей задач». Продуктивным является анализ условия и понимания возможности использования для решения задачи тех или иных законов. Анализ работ развернутых ответов выпускников показывает существенные отличия в подходах к решению задач экзаменуемых сильных и слабых групп. Выпускники с хорошим и отличным уровнями подготовки, как правило, приводят комментарии к выбору модели и системы уравнений для решения, демонстрируя тем самым понимание физической сути описываемых в задаче явлений и процессов. Можно порекомендовать при обучении решению задач подобного типа не ставить перед учеником задачу решения большого количества однотипных задач на применение того или иного закона. Необходимо обращать внимание на отбор задач на применение одного и того же закона или формулы, обеспечивая не тренировку в запоминании формулы и в математических преобразованиях, а дополнительные возможности осмысления описанных в задачах ситуаций, обсуждения условий применимости закона, использования различных подходов к решению задач на применение одного и того же закона, а также анализ численного ответа.

Один из факторов, влияющих на успешность решения задач по физике, — это *сформированность вычислительных навыков* учащихся. Можно порекомендовать уделять специальное внимание организации вычислительной работы на уроках физики. Она может быть оптимально выстроена с использованием калькулятора. К настоящему времени в отделе средств обучения ИСМО РАО проведена сертификация серии калькуляторов, в том числе *fx-82ES*. Эти калькуляторы входят в перечень оборудования современного кабинета физики и включаются в состав наборов «ЕГЭ-лаборатория», они относятся к непрограммируемым калькуляторам и полностью отвечают требованиям, предъявляемым к калькуляторам, использование которых разрешено на ЕГЭ по физике.

Использование калькулятора при решении задач помогает без особых сложностей получить численный ответ, высвобождает время на осмысление физической сути полученных в ответе значений. С использованием калькулятора повышается эффективность и при оценке погрешностей, что крайне важно при столь необходимом в настоящее время увеличении доли самостоятельного ученического эксперимента.

Освоение курса физики и в дальнейшем успешная сдача ЕГЭ невозможна без *привлечения опорных знаний по математике*. Значительный педагогический эффект при изучении физических законов и величин может быть получен за счет использования межпредметных связей с математикой.

Большинство физических законов и соотношений записываются в виде функций. Понимание соотношений между величинами в законах и формулах, а также физического смысла коэффициентов невозможно без усвоения свойств соответствующих функций. (Например, сила тока только тогда прямо пропорциональна напряжению, когда сопротивление не зависит ни от силы тока, ни от напряжения). Таким образом, актуализация знаний о свойствах функций из курса алгебры — системный фактор, в значительной степени помогающий освоению физики.

В экзаменационных вариантах 2010 г. будет расширен спектр контролируемых *методологических умений*. Последние задания первой части работы целиком направлены на проверку этих умений, причем как на базовом, так и на повышенном уровне сложности.

На базовом уровне сложности контролируются следующие элементы:

- снятие показаний приборов при измерении физических величин (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр);
- правильное включение в электрическую цепь электроизмерительных приборов;
- выбор физических величин, необходимых для проведения косвенных измерений;
- выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе;
- запись результатов вычисления физической величины с учетом необходимых округлений (по заданной абсолютной погрешности).

На повышенном уровне сложности предлагаются задания, проверяющие умения:

- определять параметр по графику, отражающему экспериментальную зависимость физических величин (с учетом абсолютных погрешностей);
- определять возможности сравнения результатов измерения двух величин, выраженных в разных единицах;
- на основе анализа хода опыта выявлять его несоответствие предложенной гипотезе;
- анализировать результаты опыта, представленного в виде графика;
- рассчитывать параметры физического процесса по результатам опыта, представленного в виде таблицы.

Результаты экзамена 2009 г. показали, что выпускники успешно справляются лишь с заданиями на выбор экспериментальной установки по заданной гипотезе и интерпретацию результатов опытов, представленных в виде графиков. Серьезные трудности возникают при определении параметра по графику эксперимента, при анализе результатов эксперимента и при выполнении заданий на сравнение результатов измерения двух величин, выраженных в разных единицах. Кроме того, в заданиях с выбором ответа даже выпускникам с хорошим уровнем подготовки не удается на базовом уровне справиться с заданиями, опирающимися, как правило, на те умения, которые формируются при проведении лабораторных работ. Таким образом, пока не приходится говорить о сформированности системы методологических умений.

Следует отметить, что при конструировании заданий для ЕГЭ все шире используется *эксперимент*. Речь идет не только о заданиях с выбором ответа, о которых шла речь выше, но и о целой серии заданий по фотографиям реальных экспериментов, о новых заданиях с развернутым ответом (качественные задачи), которые практически полностью реализованы на материале экспериментальной части школьного курса физики.

Основа успешности выполнения этих заданий — формирование экспериментальных умений учащихся, возможное лишь при полноценной реализации в школе практической части программы по физике, при выполнении школьниками всех лабораторных работ.

Учебный физический эксперимент — один из существенных факторов, влияющих на качество освоения и системную подготовку к ЕГЭ. Это связано в первую очередь с тем, что освоение физики невозможно без опоры на эксперимент. Если рассматривать приоритетные направления методики проведения практических работ, то наиболее продуктивный способ повышения педагогической эффективности эксперимента — это перевод его в исследовательскую форму.

Фронтальный эксперимент практически целиком может проводиться в исследовательской форме. В этом случае необходимо шире использовать работы по изучению зависимостей физических величин, заменяя ими традиционные работы, которые по этим же темам предполагают лишь проведение косвенных измерений. Например, не вызывает сомнения, что исследование зависимости напряжения на полюсах источника от силы тока в электрической цепи, в отличие от формального измерения ЭДС и внутреннего сопротивления, вносит решающий вклад в понимание сути закона Ома для полной цепи. Причем эти подходы целесообразно использовать и при изучении физики на базовом уровне.

Курс физики в профильных классах предполагает проведение практикума, который играет огромную роль не только в обобщении материала, но и в системном формировании всего спектра экспериментальных умений. Здесь хочется порекомендовать обратить

внимание на работы нового практикума по физике, концепция и содержание которого отражена в публикациях в газете «Физика» (№19, 2009 г.) и журнале «Физика в школе» (№1, 2010 г.).

При использовании цифровых и компьютерных средств демонстрационный и ученический эксперимент становится количественным и «графическим». Таким образом, появилась возможность многие демонстрационные опыты перевести из разряда простого наблюдения явлений в количественные эксперименты, а использование компьютерных датчиков позволяет автоматически наблюдать исследуемую зависимость в виде графика. Кроме того, благодаря современным средствам измерения ученики, наконец, могут увидеть броуновское движение, исследовать электрическое и магнитное поля, волны (т.е. сокращается число явлений, которые ранее изучались лишь теоретически).

Материалы сайта ФИПИ (<http://www.fipi.ru>)

На сайте ФИПИ размещены следующие нормативные, аналитические, учебно-методические и информационные материалы, которые могут быть использованы при организации учебного процесса и подготовке учащихся к ЕГЭ:

- Аналитический отчет «Результаты единого государственного экзамена 2009 года»;
- документы, регламентирующие разработку КИМ ЕГЭ по физике 2010 года;
- учебно-методические материалы для членов и председателей региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом;
 - методические письма прошлых лет;
 - обучающая компьютерная программа «Эксперт ЕГЭ»;
 - тренировочные задания из открытого сегмента Федерального банка тестовых материалов;
- Перечень учебных изданий, рекомендуемых ФИПИ для подготовки к единому государственному экзамену; Перечень учебных изданий, подготовленных авторскими коллективами ФИПИ.