

Основной государственный экзамен: модели экспериментальных заданий по физике

Марина Юрьевна Демидова,

начальник экспертно-аналитического отдела Московского центра качества образования, председатель Федеральной предметной комиссии ЕГЭ по физике, кандидат педагогических наук

Елена Евгеньевна Камзеева,

зав. аналитической лабораторией Московского центра качества образования, руководитель группы по разработке КИМ ГИА, кандидат физико-математических наук

Геннадий Григорьевич Никифоров,

ведущий научный сотрудник лаборатории дидактики физики Института содержания и методов обучения РАО, член Федеральной предметной комиссии ЕГЭ по физике, кандидат педагогических наук, nikiforoggg@mail.ru

• диагностика • государственная аттестация • принцип принадлежности • ГИА-лаборатория •

Государственная итоговая аттестации выпускников 9 классов по физике в новой форме представляет собой письменную работу по единым для всей страны контрольным измерительным материалам (КИМ). КИМ для проведения экзамена призваны оценить общеобразовательную подготовку учащихся по физике за курс основной школы и оказать помощь в отборе выпускников в профильные классы.

Одним из существенных отличий итоговой аттестации за курс основной школы от ЕГЭ является обязательное включение в экзаменационную работу **экспериментально-го задания**, которое выполняется выпускниками на реальном лабораторном оборудовании.

В учебном процессе оценивание выполнения учащимися лабораторных работ складывается из двух составляющих: собственных наблюдений учителя за ходом работы и проверки письменного отчёта о лабораторной работе. Таким образом, итоговая

отметка за выполнение лабораторной работы складывается из результатов наблюдений за процессом её выполнения (правильно ли была собрана экспериментальная установка, верно ли учащийся проводил прямые измерения, соблюдал ли он правила безопасности труда) и оценки письменного отчёта, в который были занесены все необходимые данные и сделаны выводы.

При использовании экспериментальных заданий на реальном оборудовании в условиях массового письменного контроля знаний и умений учащихся (в частности в рамках ГИА) диагностика уровня сформированности экспериментальных умений может быть проведена только на основе анализа письменного отчёта учащегося о ходе и результатах выполнения задания.

В этом случае полученный учащимся результат измерений служит основанием и для оценивания качества выполнения задания, и для вывода об уровне сформированности всей совокупности экспе-

риментальных умений, которые использовались при его получении. Этот критерий прошёл экспериментальную апробацию в специальном исследовании, проведённом ФИПИ совместно с Комитетом по образованию администрации Раменского муниципального района Московской области.

Воспользоваться сформулированным критерием (единственно возможным в условиях массовой проверки) можно лишь при условии стандартизации оборудования. Только такое оборудование позволяет для экспериментального задания на этапе его составления определить образец, сравнение с которым и позволит экспертам сделать вывод об умениях учащихся. Тип, форма и характер образца зависят от вида задания. При косвенных измерениях физических величин и параметров проверки гипотез — это интервал значений, которому принадлежит результат, полученный учеником при условии сформированности всех необходимых умений. При проведении исследований, представленных в виде графиков, это может быть типичный график, представленный в виде полосы достоверных значений.

Типовые наборы оборудования, которые используются в школах для проведения лабораторных работ, не позволяют в полной мере обеспечить требования для конструирования экспериментальных заданий для целей итогового контроля. Например, при проведении лабораторной работы по измерению сопротивления резистора в обучающем режиме достаточно использовать для всего класса резисторы с одинаковыми характеристиками. В случае же создания банка заданий для итогового контроля необходимо конструировать несколько подобных заданий по измерению сопротивления резистора. В этом случае желательно иметь в наборах оборудования по несколько однотипных элементов (пружины, резисторы, линзы с различными характеристиками).

Кроме того, при разработке банка заданий для ГИА были усовершенствованы отдельные экспериментальные установки и приборы, так как имеющиеся до этого комплекты оборудования не обеспечивали проведения всего комплекса работ в соответствии с требованиями стандарта основной школы.

Для целей ГИА были разработан специальный комплект «ГИА-лаборатория», который полностью отвечает поставленным требованиям надёжности. Кроме того, состав оборудования данных наборов соответствует требованиям стандартов второго поколения к формированию экспериментальных умений по физике за курс основной школы.

Комплект «ГИА-лаборатория» был разработан по исходным педагогическим требованиям, составленным членами федеральной предметной комиссии ЕГЭ по физике Демидовой М.Ю. и Никифоровым Г.Г. Необходимые опытно-конструкторские работы были проведены фирмой «Научные развлечения» под руководством генерального директора Поваляева О.А. и при участии Никифорова Г.Г.

Состав комплекта «ГИА-лаборатория» является тематическим. Комплект состоит из четырёх наборов: для исследования механических, тепловых, электрических и оптических явлений.

В настоящее время содержание экзаменационной работы для девятиклассников разрабатывается на основе Федерального компонента стандарта основного общего образования по физике (Приказ Минобрнауки России от 5 марта 2004 г. № 1089 «Об утверждении федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования»). При этом тематика экспериментальных заданий определяется исходя из раздела «Обязательный минимум содержания образования», проверяемые заданиями виды деятельности выбираются на основании раздела «Требования к уровню подготовки выпускников».

В данной статье приводятся четыре задания, из которых пример 4 относится к перспективным моделям, конструируемым в соответствии с требованиями стандарта второго поколения. Перечень заданий, которые включаются в варианты ГИА в текущем году, отражается в ежегодной спецификации контрольных измерительных материалов.

Все экспериментальные задания в банке ГИА имеют три основных характеристики:

— содержательная принадлежность (каждое задание отнесено к одной из тем примерной программы основной школы: механические, тепловые, электрические или оптические явления);

— вид деятельности (выделяются четыре типа экспериментальных заданий в зависимости от вида проверяемой деятельности);

— уровень сложности (экспериментальные задания сконструированы на повышенном и высоком уровнях сложности).

Все экспериментальные задания разделяются на четыре основные группы:

1. Наблюдение явлений и постановка опытов (на качественном уровне) по выявлению факторов, влияющих на их протекание.
2. Проведение прямых измерений физических величин и расчёт по полученным данным зависимого от них параметра.
3. Исследование зависимости одной физической величины от другой с представлением результатов в виде графика или таблицы.
4. Проверка заданных предположений (прямые измерения физических величин и сравнение заданных соотношений между ними).

Пример задания первого типа приведён ниже.

Пример 1

Проведите опыты, демонстрирующие, как зависит выталкивающая сила, действующая на погруженное в жидкость тело, от глубины погружения тела.

Для проведения исследования используется следующее оборудование (рис.1 а,б): сосуд, наполненный водой, цилиндр на нити, динамометр.

В бланке ответов для каждого из двух опытов:

- 1) зарисуйте (или опишите) схему проведения опыта по исследованию зависимости выталкивающей силы от заданной величины;
- 2) сделайте вывод о том, как зависит (увеличивается, уменьшается) выталкивающая сила с изменением заданной величины.

Каждое из заданий этого типа предполагает проведение двух небольших исследований, в которых не требуется записи значений прямых измерений. Однако предполагается использование измерительных при-



Рис.1а



Рис.1б

боров, так как на основании изменения показаний приборов делается вывод о зависимости исследуемых величин.

При выполнении заданий этого типа учащиеся должны для каждого из двух исследований:

- а) сконструировать (на базе предложенного списка оборудования) экспериментальную установку или описать условия проведения опыта, при которых менялись бы только две искомые величины, а остальные оставались постоянными;
- б) провести не менее двух опытов, изменяя значения исследуемых величин;
- в) сделать вывод о зависимости (или независимости) исследуемой величины от двух заданных параметров.

Задания второго типа представляют собой косвенные измерения на основании проведения двух прямых измерений.

Пример 2

Используя электронные весы, мензурку, стакан с водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для определения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 2 (рис.2).

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма;
- 4) запишите числовое значение плотности материала цилиндра (рис. 2).

При проведении косвенных измерений в основной школе в соответствии с требованиями существующих стандартов образования не используются абсолютные погрешности измерений. Однако правильность постановки опыта проверяется на основании сравнения результата учащегося с интервалом достоверных значений, полученным с учётом погрешностей измерений.

При выполнении заданий второго типа проверяется знание соответствующих законов или закономерностей, умение проводить несложные вычисления, а также сформиро-



Рис.2

ванность следующих экспериментальных умений:

- сборка экспериментальной установки;
- проведение прямых измерений с учётом правил использования различных измерительных приборов;
- запись показаний приборов с учётом их цены деления.

Третий тип заданий предполагает постановку опыта по исследованию зависимости физических величин с использованием прямых измерений.

Пример 3

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и набор из 3-х грузов (рис. 3), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени растяжения пружины. Определите растяжение пружины, подвешивая к ней поочерёдно один, два и три груза. Для определения веса грузов воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;

- 2) укажите результаты измерения веса грузов и удлинения пружины для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
 3) сформулируйте вывод о зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени растяжения пружины.

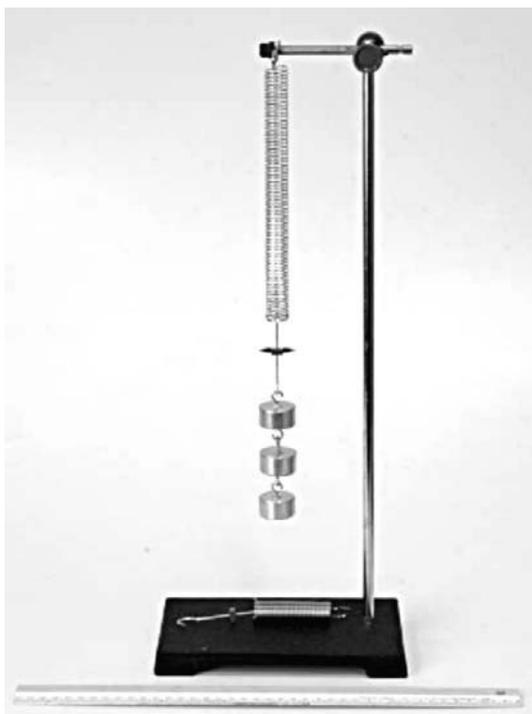


Рис. 3

При выполнении учащимися данного типа заданий также не требуется записи абсолютных погрешностей измерений. Задания подобраны таким образом, что исследуются лишь прямо пропорциональные зависимости. При формулировке вывода нет необходимости говорить о характере функциональной зависимости или рассчитывать коэффициент пропорциональности. Достаточным является вывод о качественном изменении (увеличении или уменьшении) исследуемой величины в зависимости от изменения параметра.

Задания третьего типа проверяют сформированность следующих экспериментальных умений:

- сборка экспериментальной установки из предложенного перечня оборудования;
- проведение прямых измерений с учётом правил использования различных измерительных приборов;

- запись показаний приборов с учётом их цены деления;
- оформление результатов исследования в виде таблицы или графика;
- формулировка вывода.

Задания четвёртого типа предполагают проверку предложенной гипотезы.

Пример 4

Используя источник тока ($4\text{ В} \div 5\text{ В}$), вольтметр с пределом измерения 6 В и погрешностью прямого измерения $0,2\text{ В}$, ключ, соединительные провода, резисторы, обозначенные $R3$ и $R5$, и реостат, проверьте экспериментально правило для электрического напряжения при последовательном соединении двух проводников (рис. 4а). При сборке схемы клеммы приборов обозначенные «0», подключаются к отрицательному полюсу источника. Перед замыканием цепи убедитесь, что движок реостата расположен так, как представлено на фотографии (рис. 4б).



Рис. 4б



Рис. 4а

В бланках ответов:

- 1) нарисуйте схему электрической цепи;
- 2) установите в цепи силу тока 0,30 А и измерьте напряжение на концах каждого из резисторов и общее напряжение U_0 на концах электрической цепи из двух резисторов при их последовательном соединении;
- 3) заполните таблицу;

$(U_5 \pm 0,2)$ В	$(U_3 \pm 0,2)$ В	$(U_0 \pm 0,2)$ В	Сумма напряжений, В	
			$U = U_5 + U_3$	$U \pm 0,4$

- 4) сравните общее напряжение U_0 на двух резисторах с суммой напряжений $U = U_1 + U_2$ на каждом из резисторов. Для сравнения удобно отложить измеренное общее напряжение U_0 и сумму напряжений U на числовой оси (рис. 5) с учётом погрешностей;
- 5) сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого правила.

При выполнении учащимися заданий на проверку предположений невозможно обойтись без оценки абсолютных погрешностей. Задания сформулированы таким образом, чтобы для подтверждения (или опровержения) предложенной гипотезы необходимо было сравнить два интервала значений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений.

Задания четвёртого типа проверяют сформированность следующих экспериментальных умений:

- сборка экспериментальной установки из предложенного перечня оборудования;
- проведение прямых измерений с учётом правил использования различных измерительных приборов;
- запись показаний приборов с учётом их цены деления;

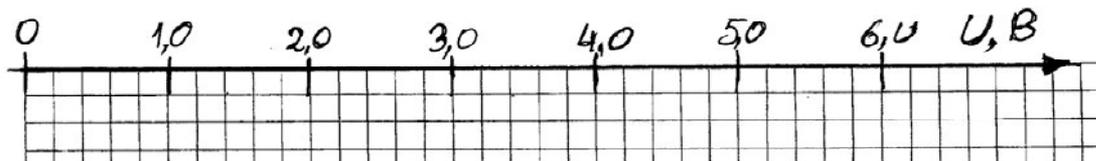


Рис. 5

- получение двух интервалов значений сравниваемых величин с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений;
- формулировка вывода о правдивости предложенной гипотезы опыта.

Рассмотрим конкретный **пример выполнения этого задания учеником**.

- 1) Схема экспериментальной установки (рис. 6).

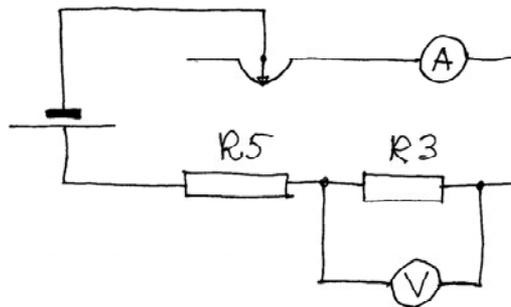


Рис. 6

- 2) Таблица результатов измерений и расчётов.

$(U_5 \pm 0,2)$ В	$(U_3 \pm 0,2)$ В	$(U_{>0} \pm 0,2)$ В	Общее напряжение, В	
			$U = U_3 + U_5$	$U \pm 0,4$
2,4 ± 0,2	1,4 ± 0,2	4,0 ± 0,2	3,8	3,8 ± 0,4

- 3) Вывод (рис. 7 на с. 72).

Материал для экспертов

Каждый вариант сопровождается дополнительными сведениями для экспертов: номерами правильных ответов, решениями заданий с развёрнутым ответом и критериями оценивания этих заданий. Для экспериментальных заданий в этих материалах указываются следующие элементы:

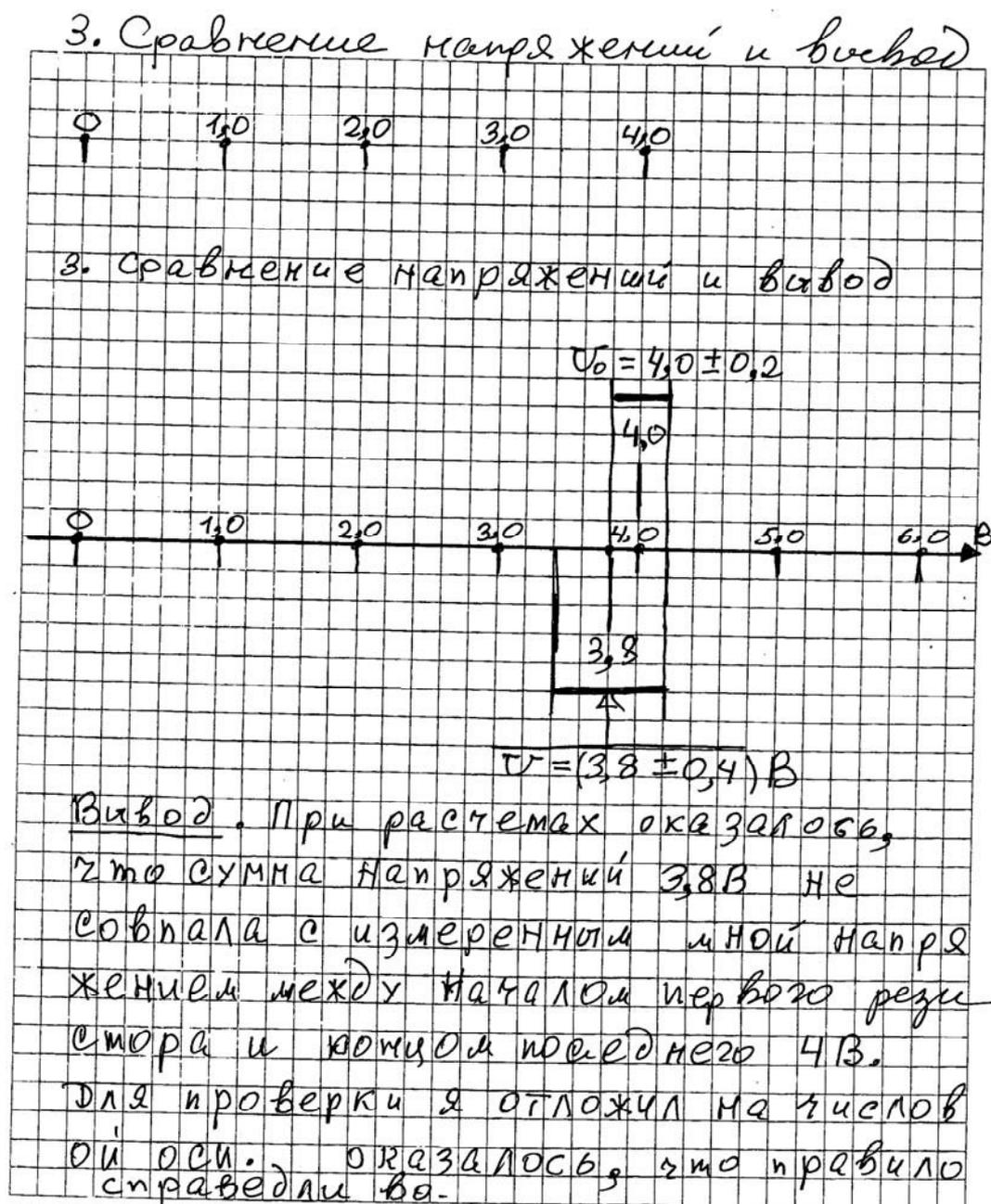


Рис. 7

— текст задания, аналогичный тексту из варианта учащегося;

— характеристика оборудования (номер набора оборудования в соответствии с перечнем текущего года и его состав);

— образец возможного выполнения;

— указание экспертам, в котором определяется интервал допустимых значений измеряемых величин в соответствии с погрешностями измерений;

— критерии оценивания данного конкретного задания.

I. Характеристики оборудования (комплект № 5, собранный из набора «Электрические явления» «ГИА-лаборатории»):

1) Источник питания постоянного тока:
— при входном напряжении $(42 \pm 2) В$ ЭДС источника $E = (5,0 \pm 0,4) В$;

— при входном напряжении (36 ± 2) В ЭДС источника $E = (4,2 \pm 0,4)$ В;
 — внутреннее сопротивление источника $r = (1,1 \pm 0,1)$ Ом.

2) Вольтметр двухпредельный:

а) Предел измерения 6 В: цена деления — 0,2 В, основная погрешность прибора — 0,15 В; погрешность прямого измерения напряжения равна 0,15 В (при совпадении указателя со штрихом шкалы) и 0,2 В (при несовпадении).

б) Предел измерения 3 В: цена деления — 0,1 В, основная погрешность прибора — 0,08 В; погрешность прямого измерения напряжения равна 0,1 В.

3) Амперметр двухпредельный:

а) Предел измерения 3 А: цена деления — 0,1 А, основная погрешность прибора — 0,08 А; погрешность прямого измерения силы тока равна 0,1 А.

б) предел измерения 0,6 А: цена деления — 0,02 А, основная погрешность прибора — 0,015 А; погрешность прямого измерения силы тока равна 0,02 А.

4) Переменный резистор (реостат) сопротивлением 10 Ом.

5) Резистор с маркировкой R5: сопротивление $R_5 = (8,2 \pm 0,8)$ Ом.

6) Резистор с маркировкой R3: сопротивление $R_3 = (4,7 \pm 0,5)$ Ом.

7) Ключ.

8) Соединительные провода, 10 шт.

9) Рабочее поле.

Интервал возможных значений сопротивления составного резистора имеет вид: $11,6 \text{ Ом} \leq R_0 \leq 14,2 \text{ Ом}$.

II. Указания по проверке

1) При проверке достоверности необходимо рассчитать сопротивления резисторов R5 и R3 по результатам прямых измерений ученика.

$I_0 = 0,3 \text{ A}$		
U_5	U_3	U_0
8,0 Ом	4,7 Ом	13,3 Ом

Измерения достоверны, т.к. значения сопротивлений принадлежат соответствующим интервалам возможных значений.

2) Можно проверить, принадлежат ли измеренные значения напряжений интервалам возможных значений.

U_5		U_3	
Н.Г.	В.Г.	Н.Г.	В.Г.
1,8 В	3,1 В	1,1 В	1,8 В

III. Критерии оценивания (для вышеприведённого задания)

Содержание критерия	Баллы
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки (в данном случае — схема цепи); 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — правило сложения напряжений при последовательном сложении); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения напряжения и установки силы тока); 4) полученное правильное численное значение искомой величины.	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но: — допущена ошибка при вычислении значения искомой величины. ИЛИ — допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины. ИЛИ — допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует.	3

<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины и не получен ответ. ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ и не приведён рисунок экспериментальной установки. ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствует рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины.</p>	2
<p>Записано только правильное значение прямых измерений. ИЛИ</p> <p>Представлена только правильно записанная формула для расчёта искомой величины. ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений и сделан рисунок экспериментальной установки.</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 балла. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания.</p>	0

В настоящее время при проведении экзамена за курс основной школы от учащихся не требуется самостоятельного выбора оборудования, исходя из его избыточной номенклатуры. Для каждого задания в тексте приводится весь перечень необходимых приборов и материалов.

Перед проведением экзамена федеральная комиссия разработчиков контрольных измерительных материалов на основе наборов «ГИА-лаборатории» составляет комплекты оборудования для выполнения экзаменационных заданий текущего года. Ежегодно состав таких комплектов публикуется в приложении к спецификации экзаменационной работы на сайте ФИПИ.

При подготовке аудитории к проведению экзамена по физике на столы ставятся наборы оборудования в соответствии с указаниями, приведёнными в критериях оценивания экспериментальных заданий для полученных регионом вариантов. Таким образом, каждый учащийся получает все необходимые приборы и материалы для выполнения экспериментального задания из его экзаменационного варианта.

Использование экспериментальных заданий накладывает ограничения на процедуру проведения экзамена. Экзамен целесообразно проводить в кабинетах физики. При необходимости можно использовать другие кабинеты, в которых соблюдаются необходимые требования к обеспечению безопасного труда учащихся при выполнении экспериментальных заданий.

На экзамене присутствует специалист по физике, который проводит перед экзаменом инструктаж по технике безопасности и следит за соблюдением правил безопасного труда во время работы учащихся с лабораторным оборудованием. Примерная инструкция по обеспечению безопасного труда в процессе проведения государственной (итоговой) аттестации выпускников основной школы по физике приводится в дополнительных материалах к экзамену.

Экспериментальные задания в ГИА являются заданиями с развёрнутым ответом и проверяются специалистами-предметниками (экспертами), прошедшими специальную подготовку по материалам ФИПИ. Для обеспечения объективной проверки для каждого типа заданий разработаны обобщённые критерии оценивания.

С условиями приобретения комплектов «ГИА-лаборатория» можно ознакомиться на сайте <http://www.nau-ra.ru>. □