



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

М.Ю. Демидова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО НЕКОТОРЫМ АСПЕКТАМ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПРЕПОДАВАНИЯ
ФИЗИКИ**

*(на основе анализа типичных затруднений выпускников при
выполнении заданий ЕГЭ)*

Москва, 2013

Контрольные измерительные материалы (далее – КИМ) ЕГЭ по физике призваны определить уровень освоения выпускниками Федерального компонента государственного образовательного стандарта среднего общего образования и предоставить возможность для дифференциации абитуриентов при поступлении в образовательные учреждения среднего и высшего профессионального образования.

Каждый вариант экзаменационной работы 2013 г. состоял из 3 частей и содержал 35 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержала 21 задание с выбором ответа; часть 2 – 4 задания, к которым требовалось дать краткий ответ, а в части 3 было предложено 10 заданий, объединенных общим видом деятельности – решение задач: 4 задания с выбором ответа и 6 заданий, для которых необходимо было привести развернутый ответ.

К заданиям базового уровня отнесено 20 заданий с выбором ответа и 2 задания с кратким ответом. Задания повышенного уровня содержались во всех частях работы (5 заданий с выбором ответа, 2 задания с кратким ответом и 1 качественная задача, требующая развернутого ответа). Задания высокого уровня сложности представляют собой 5 расчетных задач в части 3 работы. На задания базового уровня сложности приходилось 47%; повышенного уровня – 24%; высокого уровня – 29% от максимального первичного балла.

КИМ содержали задания по всем разделам школьного курса физики: не менее 10 заданий по механике, 7 заданий по молекулярной физике, 11 заданий по электродинамике и 5 заданий по квантовой физике. Задания экзаменационной работы обеспечивали проверку следующих видов деятельности: владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики, использование теоретических знаний для объяснения физических явлений и свойств тел, методологические умения и решение задач.

По сравнению с предыдущим годом структура работы и распределение заданий по содержанию не изменились. Максимальный первичный балл за выполнение всех заданий экзаменационной работы – 51. Общее время выполнения работы – 235 минут. Минимальная граница ЕГЭ по физике 2013 г. была установлена на уровне 36 тестовых баллов, что соответствует 11 первичным баллам.

В основе конструирования КИМ ЕГЭ по физике лежит требование обеспечения содержательной валидности. Поэтому каждый вариант, прежде всего, обеспечивает проверку всех содержательных разделов школьного курса физики: механика, МТК и термодинамика, электродинамика и квантовая физика. При этом общее количество заданий по каждому разделу в целом пропорционально его содержательному наполнению и времени, отводимому на его изучение в школьном курсе.

Для построения различных планов, по которым собираются экзаменационные варианты, выстраивается иерархия понятийного аппарата. Планы вариантов составляются таким образом, чтобы наиболее важные элементы содержания (законы Ньютона, законы сохранения и т.д.) проверялись в каждой серии вариантов, а менее значимые элементы – лишь в какой-либо одной серии. При таком построении вся совокупность вариантов данного года проверяет все содержательные элементы кодификатора. Каждый вариант содержит контролируемые элементы, представленные во всех разделах школьного курса физики, при этом для каждого раздела предлагаются задания всех таксономических уровней. Наиболее важные с точки зрения продолжения образования в высших учебных заведениях содержательные элементы контролируются в одном и том же варианте заданиями различных уровней сложности.

Вторым приоритетом при конструировании КИМ ЕГЭ по физике является проверка всех основных предусмотренных стандартом видов деятельности: освоение понятийного аппарата курса физики, овладение методологическими умениями, применение знаний при объяснении физических явлений и решении задач. Освоение понятийного аппарата

(физические понятия, формулы, законы, явления) проверяется заданиями с выбором ответа и с кратким ответом. Как правило, в экзаменационной работе не контролируется воспроизведение определений или какого-либо фактического материала. Специфика КИМ по физике состоит в том, что даже на базовом уровне понимание основных формул или законов проверяется на уровне применения, пусть и в стандартных учебных ситуациях. Также постепенно увеличивается доля заданий, контролирующих понимание выпускниками особенностей протекания различных физических явлений и описание этих явлений при помощи физических величин и закономерностей.

Одним из важнейших результатов обучения физике в средней школе является овладение учащимися методологическими умениями: понимать особенности использования различных методов познания, самостоятельно проводить наблюдения, опыты и измерения в рамках изученного материала. Однако технология проведения ЕГЭ пока не позволяет полноценно проверять этот вид деятельности, так как для этого необходимо использовать реальное лабораторное оборудование. Однако в экзаменационную работу включены два вида заданий, которые позволяют проверить понимание тестируемыми основных приемов, из которых складываются измерения и эксперимент. Этим вопросам посвящены два последних задания с выбором ответа в части 1 работы. Кроме того, практически каждый вариант содержит задания, в которых используются фотографии реальных лабораторных установок. В этом случае часть информации для выполнения задания учащийся должен получить с фотографии (например, различить элементы электрической цепи, оптической схемы, снять показания измерительных приборов и т.п.). Как правило, задания по фотографиям опосредованно диагностируют овладение выпускниками частью экспериментальных умений.

Одним из видов деятельности, который должен выноситься на итоговый контроль в соответствии с требованиями стандарта, является работа с информацией физического содержания. Умения по работе с информацией физического содержания проверяются в тесте не специальными заданиями (как сделано в экзамене для государственной (итоговой) аттестации за курс основной школы), а опосредованно при использовании различных способов представления информации в текстах заданий или дистракторах. Поэтому каждый вариант КИМ содержит большое количество различных графиков, электрические или оптические схемы, таблицы, схематичные рисунки.

Овладение учащимися различными способами решения задач рассматривается как наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы. Эта деятельность признается педагогическим сообществом как наиболее востребованная при дальнейшем изучении предмета в высшей школе и крайне важна для тех, кто выбрал своей будущей профессией различные инженерные специальности. Кроме того, при решении задач по физике используются те же комплексные интеллектуальные умения, что и при решении различных проблем, встречающихся в повседневной жизни. Поэтому метапредметная составляющая обучения решению задач по физике – это тот существенный вклад, который данная деятельность вносит в формирование компетентности в области решения проблем.

В КИМ ЕГЭ по физике решению задач отводится вся часть 3 работы, в которую включено 4 задачи в виде заданий с выбором ответа и 6 задач, требующих развернутого ответа. Половина заданий относится к повышенному уровню, а половина – к высокому уровню сложности. С точки зрения содержания задачи подбираются таким образом, чтобы охватывать 10 различных тем курса. Не допускается использование в двух различных задачах одинаковых содержательных элементов (не относящихся к группе наиболее значимых), но при этом применение фундаментальных законов сохранения предполагается не менее чем в двух-трех задачах.

Сложность задач определяется как характером деятельности, так и контекстом. В первом случае можно выделить три группы заданий по характеру деятельности:

- использование изученного алгоритма решения задачи;
- комбинирование различных изученных алгоритмов;

- выбор собственного алгоритма решения.

Что касается контекста, то здесь используются:

- типовые учебные ситуации, которые встречались учащимся в процессе обучения и в которых используются явно заданные физические модели;
- измененные ситуации, в которых, например, необходимо оперировать бóльшим, чем в типовых задачах, количеством законов и формул, вводить дополнительные обоснования в решении и т.п.;
- новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьезную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

Конечно, любая расчетная задача по физике требует анализа условия, выбора физической модели, проведения математических преобразований, расчетов и анализа полученного ответа. Для оценивания заданий высокого уровня сложности необходим анализ всех этапов решения, поэтому здесь предлагаются задания с развернутым ответом. Однако для задач, использующих типовые учебные ситуации, в большинстве случаев можно ограничиться лишь анализом полученного ответа. Как правило, по ошибке в ответе можно с достаточной степенью вероятности судить и об изъянах в ходе решения задачи. Такие задачи в КИМ предлагаются в виде заданий с выбором ответа. Использование в этом случае заданий с кратким ответом представляется нецелесообразным, так как большинство задач по физике предполагают либо ответ в виде конечной формулы (в общем виде), либо числовые ответы с округлением, использованием степени в записи ответа и обязательным указанием единиц измерения, а такая форма не распознается в рамках бланковой технологии ЕГЭ.

Одно из заданий с развернутым ответом – качественная задача, в которой решение представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. В отличие от расчетных задач, которые традиционны для письменных экзаменов по физике, качественные задачи используются лишь в течение последних нескольких лет и до сих пор остаются одним из наиболее трудных для выпускников элементов экзаменационной работы.

ЕГЭ по физике предназначен для дифференциации выпускников при поступлении в средние и высшие учебные заведения. Для этих целей в работу включены задания трех уровней сложности. Выполнение заданий базового уровня сложности позволяет оценить уровень освоения наиболее значимых содержательных элементов стандарта по физике средней школы и овладение наиболее важными видами деятельности. Среди заданий базового уровня выделяются задания, содержание которых соответствует стандарту базового уровня.

Следует обратить внимание на пересчет первичного балла в стобалльную шкалу. Здесь первичный балл 1 (ПБ 1) и первичный балл 2 (ПБ 2) отражают границы, которые в экзаменационной работе определяют требования к различным уровням подготовки выпускников. Первичный балл 1 соответствует в КИМ ЕГЭ по физике 12 первичным баллам и определяет границу минимального балла, соответствующую требованиям образовательного стандарта, причем опорой является Федеральный компонент стандарта по физике базового уровня.

Исходя из структуры варианта (распределение заданий по разделам курса и уровням сложности) для получения минимального балла необходимо продемонстрировать понимание фундаментальных законов и базовых понятий по большинству разделов курса.

Первичный балл 2, который соответствует 33 первичным баллам, определяет границу требований к абитуриенту, поступающему на специальности, где физика является одним из основных предметов. Для того чтобы «перешагнуть» эту границу, необходимо не только успешно выполнить подавляющее большинство заданий базового уровня, но и продемонстрировать умение выполнять задания повышенного уровня и решать задачи.

Далее прокомментируем типичные затруднения выпускников при выполнении заданий ЕГЭ по физике.

Владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики

Задания, проверяющие в КИМ ЕГЭ по физике владение понятийным аппаратом, подразделяются на группы в соответствии со структурой понятий физики:

- физические явления;
- физические величины и формулы;
- физические принципы, постулаты и законы;
- модели физики.

Большинство заданий касается величин, формул и различных законов; постепенно увеличивается доля заданий, контролирующая понимание сути различных явлений. Моделям посвящено, как правило, одно из заданий в варианте КИМ.

Год от года улучшаются результаты выполнения заданий, проверяющих узнавание различных величин и формул и их применение в типовых учебных ситуациях. Здесь, как правило, результаты зависят от частоты использования той или иной формулы в курсе физики. Так, например, задания на формулу взаимосвязи центростремительного ускорения со скоростью движения тела по окружности успешно выполняются подавляющим большинством участников экзамена, а вот задания на взаимосвязь центростремительного ускорения с частотой обращения встречаются реже, поэтому и результаты выполнения таких заданий (см. пример 1) существенно ниже.

Пример 1

Точка движется по окружности радиусом R с частотой обращения ν . Как нужно изменить частоту обращения, чтобы при увеличении радиуса окружности в 4 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним?

- 1) *увеличить в 4 раза*
- 2) *уменьшить в 4 раза*
- 3) *уменьшить в 2 раза*
- 4) *увеличить в 2 раза*

Ответ: 3

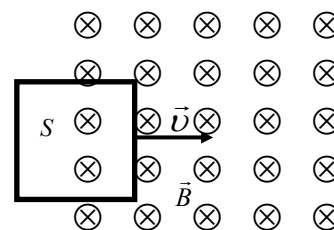
В последние два года на результаты выполнения заданий на применение формул практически не оказывают влияние различия в характере математических действий, хотя еще несколько лет назад это было достаточно заметной проблемой.

Группа заданий, проверяющих особенности протекания различных физических явлений, в целом выполняется несколько хуже, чем задания на применение законов и формул. Однако с каждым годом ситуация становится лучше.

Остановимся на достаточно обширной группе заданий, в которых требуется проанализировать какой-либо процесс и определить характер изменения различных физических величин, описывающих данный процесс. Анализ ошибочных ответов в таких заданиях показывает, что недоработки связаны не с формулами (которые явно усвоены хорошо и правильно используются), а с пониманием сути физических процессов и явлений. Рассмотрим три примера таких заданий.

Пример 2

В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка площади S движется через границу этой области с постоянной скоростью \vec{v} , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна \mathcal{E} . Какой станет ЭДС, если так же будет двигаться квадратная рамка площади $4S$, изготовленная из того же материала?



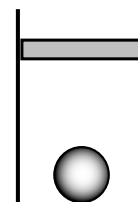
- 1) $\frac{\mathcal{E}}{4}$ 2) $\frac{\mathcal{E}}{2}$ 3) $2\mathcal{E}$ 4) $3\mathcal{E}$

Ответ: 3

Поскольку ответа $4\mathcal{E}$ в задании нет (это должно заставить задуматься о сути явления), то наиболее частым неверным ответом был ответ 1). Для правильного ответа на задание нужно понимать, что при таком движении ЭДС индуцируется лишь в «передней» стороне рамки. Если же площадь рамки увеличивается в 4 раза, значит, сторона увеличится в 2 раза, и, следовательно, ЭДС также увеличится в 2 раза.

Пример 3

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ нагревают. Как изменится в результате этого объем газа, его давление и действующая на шарик архимедова сила?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объем газа	Давление газа	Архимедова сила

Ответ: 132

При выполнении этого задания основная ошибка связана с тем, что экзаменуемые не рассматривают этот процесс как изобарный. Понятно, что если поршень может перемещаться в сосуде без трения, то газ в сосуде все время находится под внешним атмосферным давлением. При его нагревании поршень поднимается, объем увеличивается так, чтобы при более высокой температуре давление оставалось таким же. Поскольку объем увеличился, то плотность газа уменьшилась, следовательно, и архимедова сила, действующая на шарик, также уменьшилась.

Пример 4

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина все время остается растянутой. Как ведет себя потенциальная энергия пружины, кинетическая энергия груза, его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вверх от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

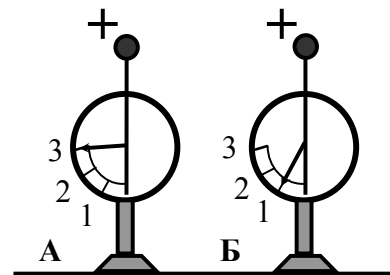
Ответ: 221

Основная ошибка в этой группе заданий была связана с определением изменения потенциальной энергии пружины. При анализе этого процесса вне поля зрения выпускников осталась фраза «Пружина все время остается растянутой». Понятно, что если в процессе колебаний пружина остается растянутой, то при движении груза вверх от положения равновесия деформация пружины уменьшается, а следовательно, уменьшается и потенциальная энергия пружины.

Традиционно затруднения у участников ЕГЭ по физике вызывают задания, проверяющие фундаментальные физические законы. Примером может служить задание на применение закона сохранения заряда (см. пример 5).

Пример 5

На рисунке изображены два одинаковых электрометра: А и Б, шары которых заряжены положительно. Какими станут показания электрометров, если их шары соединить проволокой?



- 1) показание электрометра А станет равным 1, показание электрометра Б – равным 3
- 2) показания электрометров не изменятся
- 3) показания обоих электрометров станут равными 2
- 4) показания обоих электрометров станут равными 1

Ответ: 3

Большинство неверных ответов распределяется между первым и последним дистракторами, что говорит о недостаточном понимании именно закона сохранения заряда.

Самыми сложными из заданий этой группы остаются вопросы, связанные с постулатом о постоянстве скорости света. Одно из таких заданий приведено ниже.

Пример 6

Монохроматический луч света падает по нормали на находящуюся в вакууме стеклянную призму с показателем преломления $n = 1,51$. С какой скоростью распространяется свет по выходе из призмы? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .

- 1) c 2) $\frac{1}{2}nc$ 3) $\frac{c}{n}$ 4) $c(n - 1)$

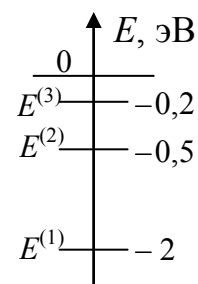
Ответ: 1

Как правило, с такими заданиями справляются лишь половина тестируемых.

Если сравнить результаты выполнения заданий этой группы по разным разделам физики, то самыми простыми (при одинаковой экспертной трудности) оказываются задания по механике, а наиболее сложными – вопросы по материалу квантовой физики. Ниже приведен пример такого задания.

Пример 7

Схема низших энергетических уровней атомов разреженного атомарного газа имеет вид, изображенный на рисунке. В начальный момент времени атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(2)}$. Согласно постулатам Бора данный газ может излучать фотоны с энергией



- 1) 0,3 эВ, 0,5 эВ и 1,5 эВ
2) только 1,5 эВ
3) любой в пределах от 0 до 0,5 эВ
4) только 0,3 эВ

Ответ: 2

Здесь в целом лучше выполняются задания на излучение света и существенно хуже выпускники понимают закономерности поглощения света атомами. При этом анализ распределения неверных ответов в этих заданиях показывает, что существует систематическая ошибка, связанная с непониманием учащимися сути постулата Бора. Арифметические ошибки в данном случае не оказывают существенного воздействия на результат.

Освоение методологических умений

Формирование методологической компетентности на уроках физики включает в себя не только освоение знаний о различных методах научного познания, но и овладение учащимися умениями самостоятельно проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, выдвигать гипотезы и т.п. При этом последняя составляющая является наиболее ценной и вносит основной вклад в освоение методологии науки.

Как было отмечено выше, КИМ ЕГЭ по физике не дает возможность полноценно, с использованием реального эксперимента проверить сформированность умений проводить опыты или измерения. Поэтому используются задания с выбором ответа, которые направлены на контроль какого-либо одного из приемов, составляющих в совокупности целостное измерение или эксперимент. Как правило, результаты выполнения экзаменационной работы показывают, что выпускники успешно выполняют задания, в которых необходимо:

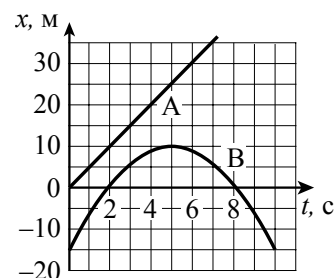
- выбрать формулировку цели опыта по его описанию;
- указать необходимое для проведения опыта оборудование в соответствии с гипотезой;
- записать показания измерительного прибора с учетом заданной погрешности абсолютных измерений;
- выбрать верную формулировку вывода в соответствии с результатами опыта.

Однако проблемными остаются задания, требующие интерпретации результатов опыта, а также анализа экспериментальной установки. В случае интерпретации

результатов наибольшие трудности возникают, когда предлагаются результаты опыта в виде таблицы или нескольких графиков. Пример одного из таких заданий приведен ниже.

Пример 8

На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: *A* и *B*, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось *Ox*. Выберите верное(-ые) утверждение(-я) о характере движения тел.



A. Интервал между моментами прохождения телом *B* начала координат составляет 6 с.

Б. В тот момент, когда тело *B* остановилось, расстояние от него до тела *A* составляло 15 м.

- 1) только *A* 2) только *B* 3) и *A*, и *B* 4) ни *A*, ни *B*

Ответ: 3

Необходимо было сравнить характер движения двух тел и понять, что оба предложенных утверждения верны: тело *B* проходит начало координат в моменты времени 2 и 8с; в момент остановки тела *B* его координата составляла 10 м, а тела *A* – 25 м.

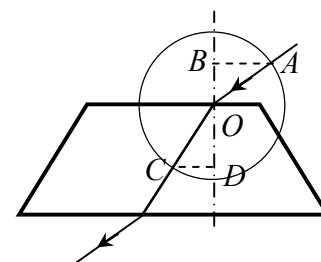
Из приведенного выше примера понятно, что можно говорить не только об интерпретации результатов опыта, но и о понимании графической информации. Если проанализировать результаты выполнения различных заданий, содержащих графики, то лучше всего распознаются данные в случаях линейных зависимостей, хуже – в случае различных кривых (параболы или гиперболы), а трудности возникают в тех случаях, когда необходимо соотнести информацию из двух графиков или из графика и таблицы.

Традиционно в экзаменационные варианты ЕГЭ включают задания, построенные либо на фотографиях реальных опытов, либо содержащие рисунки различных экспериментов. Следует отметить, что в большинстве случаев это те опыты, которые должны проводиться в виде лабораторных или фронтальных ученических работ, и реже – демонстрационные опыты, описанные в учебниках. К сожалению, результаты выполнения таких заданий существенно ниже тех, которые проверяют те же содержательные элементы, но без использования контекста опытов. Ниже приведены два примера таких заданий.

Пример 9

На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе.

Если точка *O* – центр окружности, то показатель преломления стекла *n* равен



- 1) $\frac{CD}{AB}$ 2) $\frac{AB}{CD}$ 3) $\frac{OB}{OD}$ 4) $\frac{OD}{OB}$

Ответ: 2

Здесь, как правило, ошибочные ответы базируются на том, что вместо отрезков *AB* и *CD* учащиеся оперируют отрезками *OB* и *OD*. Частично эта ошибка связана с математическими неточностями. Однако ситуация задания повторяет типовую лабораторную работу по определению показателя преломления стекла, поэтому можно говорить о том, что выпускники либо не сделали эту работу, либо проделывали ее, пользуясь подробной инструкцией, не задумываясь над физическими основаниями каждого из шагов этой инструкции.

Пример 10

В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света, прошедший через узкое отверстие A , освещает отверстия B и C , за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок).

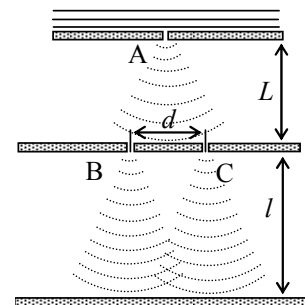
Если уменьшить L вдвое, то

- 1) интерференционная картина останется неизменной
- 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 3) интерференционная картина сместится по экрану, сохранив свой вид
- 4) расстояние между интерференционными полосами увеличится

Ответ: 1

Это задание повторяет описание классического опыта, подробное изложение которого есть в каждом учебнике. Кроме того, этот опыт во всех программах по физике предполагается для демонстрации. Понятно, что основная ошибка заключается в том, что выпускники не понимают роли отверстий A и B в создании интерференционной картины и путают расстояние L с расстоянием от экрана до когерентных источников света.

Анализ результатов выполнения заданий, сконструированных на контексте различных экспериментов, показывает, что пока в процессе преподавания недостаточно внимания уделяется проведению ученических и демонстрационных опытов либо не до конца осознается роль этих средств в формировании методологических умений. Целесообразно при постановке любых экспериментов не ограничиваться их иллюстративной функцией по отношению к изучаемому материалу, а уделять внимание особенностям экспериментальных установок, обсуждению возможных погрешностей эксперимента и интерпретации результатов опытов.



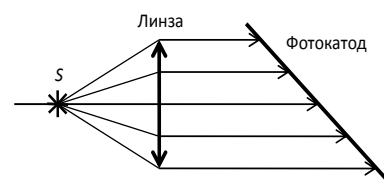
Решение задач

Анализ результатов решения задач за последние годы показывает, что в целом участники экзамена достаточно успешно справляются с расчетными задачами повышенного уровня сложности, которые представлены в вариантах заданиями с выбором ответа.

Среди заданий с развернутым ответом по-прежнему серьезные трудности вызывают качественные задачи. Как правило, большая группа тестируемых не приступают к выполнению этих заданий, в отличие от более сложных (но привычных) расчетных задач. Кроме того, анализ решений качественных задач показывает, что зачастую выпускники могут сформулировать правильный ответ и в целом понимают суть явлений, описываемых в задании, но не могут грамотно сформулировать логически непротиворечивое объяснение с опорой на необходимые законы или свойства явлений. В качестве примера приведем одно из заданий текущего года.

Пример 11

В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S , пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с большим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

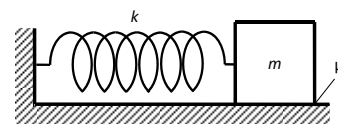


Отнюдь не все экзаменуемые, сумевшие сформулировать верный ответ (фототок насыщения уменьшится), смогли получить максимальный балл за решение задачи. В решении требовалось указать, что с учетом данных условия источник первоначально находится в переднем фокусе линзы. Если выполняются указанные в задаче требования, то в случае линзы с большим фокусным расстоянием источник света будет находиться на большем расстоянии от линзы. Поэтому число фотонов, падающих на вторую линзу в единицу времени, меньше, чем падающих на первую. Далее необходимо было соотнести фототок насыщения с числом фотонов, падающих на фотокатод, и затем сделать вывод, который и является правильным ответом. К сожалению, лишь третья часть участников из числа тех, кто попытался написать объяснение, смогли указать в решении все необходимые обоснования.

Среди расчетных задач наиболее сложными оказываются те, которые используют новые (по сравнению с типовыми задачками) ситуации. Ниже приведен пример одной из таких задач по механике.

Пример 12

К одному концу легкой пружины жесткостью $k = 100 \text{ Н/м}$ прикреплен массивный груз, лежащий на горизонтальной плоскости, другой конец пружины закреплен неподвижно (см. рисунок). Коэффициент трения груза по плоскости $\mu = 0,2$. Груз смещают по горизонтали, растягивая пружину, затем отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Груз движется в одном направлении и затем останавливается в положении, в котором пружина уже сжата. Максимальное растяжение пружины, при котором груз движется таким образом, равно $d = 15 \text{ см}$. Найдите массу m груза.



Большинству приступивших к решению данной задачи удалось правильно записать равенство изменения кинетической энергии системы тел при переходе из начального состояния в конечное работе силы трения скольжения. «Камнем преткновения» стало

второе необходимое для решения задачи условие: при максимальном сжатии пружины силу упругости уравновешивает сила трения покоя. Полностью справились с решением подобных заданий около 10% от общего числа участников экзамена.

Как и при выполнении заданий базового уровня, наиболее сложными для выпускников оказываются задачи из раздела «Квантовая физика». При меньшей экспертной трудности этих заданий (явно заданная физическая модель, система уравнений для решения состоит из двух законов или формул и т.п.) реальная трудность этих заданий оказывается гораздо более высокой, чем аналогичных заданий по механике или электродинамике. В этом году в качестве заданий С6 предлагались следующие ситуации: образование атома водорода из протона и движущегося электрона, излучение атомом в этом процессе кванта света; излучение фотона покоящимся атомом, в результате чего он начинает двигаться; ускорение фотоэлектронов в электрическом поле; движение фотоэлектронов в электрическом и магнитном поле (при взаимно перпендикулярном направлении всех трех векторов); фотоэффект под действием фотона, излученного атомом водорода при переходе из одного состояния в другое.

Наиболее простой оказалась группа задач на определение кинетической энергии, скорости или импульса фотоэлектрона, выбитого фотоном, который, в свою очередь, испущен атомом водорода при переходе с одного энергетического уровня на другой. Также достаточно успешно выпускники справились и с группой задач на движение фотоэлектрона в электрическом поле. При решении задачи на движение фотоэлектрона во взаимноперпендикулярных электрическом и магнитном полях основным недочетом было использование на всех этапах решения равенств без четкой формулировки условия для соотношения кулоновской силы и силы Лоренца в виде неравенства.

Более сложными оказались нетиповые задачи на движение атома в результате излучения света и на образование атома с последующим излучением фотона. В первом случае затруднения возникали на этапе записи закона сохранения импульса для системы «атом + фотон», а во втором случае – закона сохранения энергии. Ниже приведен пример одного из таких заданий.

Пример 13

Электрон, имеющий импульс $p = 2 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с, сталкивается с покоящимся протоном, образуя атом водорода в состоянии с энергией E_n ($n = 2$). В процессе образования атома излучается фотон. Найдите частоту ν этого фотона, пренебрегая кинетической энергией атома. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ, где } n = 1, 2, 3, \dots$$

Здесь для решения задачи достаточно использования закона сохранения энергии. Поскольку кинетической энергией образовавшегося атома можно пренебречь, то

$$\frac{p^2}{2m} = E_n + h\nu, \text{ где кинетическая энергия электрона до столкновения } \frac{p^2}{2m} \text{ и энергия}$$

излученного фотона $h\nu$. Таким образом, для решения необходимы закон сохранения энергии и формула для кинетической энергии. Однако правильно записать эти уравнения и получить верный числовой ответ удастся лишь десятой части участников ЕГЭ.

При оценивании заданий С1–С6 используются обобщенные критерии, которые публикуются в демонстрационном варианте экзаменационной работы к началу учебного года и затем в том же виде используются при проверке экзаменационных работ. Главной особенностью критериев оценивания заданий с развернутым ответом по физике является то, что они строятся на обобщенном описании полного правильного решения и не зависят от способа решения, выбранного выпускником.

Полный правильный ответ независимо от способа решения оценивается максимальным баллом, а наличие тех или иных недостатков или ошибок приводит к снижению оценки на 1 или 2 балла. Неверный ответ оценивается в 0 баллов. При этом в системе оценивания учтены наиболее типичные ошибки или недочеты, допускаемые экзаменуемыми, и определено их влияние на оценивание.

К каждому заданию с развернутым ответом экспертам предлагается образец возможного решения. Однако этот способ не является определяющим для построения шкалы оценивания работ выпускников, он лишь помогает эксперту в решении соответствующего задания. Рассмотрим на примерах особенности оценивания качественных и расчетных задач.

Качественные задачи С1 предполагают три основных элемента полного правильного ответа: непосредственно ответ на вопрос задания (например, как изменилась физическая величина, характеризующая процесс или показания приборов), построение объяснения с опорой на изученные физические закономерности или явления и указание используемых при объяснении особенностей явлений или закономерностей.

Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:

- 1) требование к формулировке ответа — «Как изменится... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение...» или «Постройте график...» и т.п.;
- 2) требование привести развернутый ответ с обоснованием — «объясните... указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано» или «...поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения».

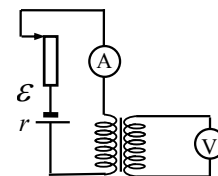
В критериях оценивания указываются требования к полному правильному решению, которое оценивается 3 баллами:

«Приведен правильный ответ (в данном случае: формулируется ответ), и представлено полное верное объяснение (в данном случае: указывается сноска на пункты в авторском решении) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: перечисляются явления и законы)».

В авторском решении конкретной задачи правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами, а в критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение. Рассмотрим, как строится полный правильный ответ на примере одного из заданий.

Пример 14

На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен в крайнее верхнее положение и неподвижен. Как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вниз? Ответ поясните, указав какие законы электродинамики Вы использовали для объяснения. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .



В решении задачи должен быть в явном виде представлен ответ на вопрос: «Как будут изменяться показания приборов?». Ответ: *Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки.*

Затем должно идти объяснение, включающее следующие шаги: изменение сопротивления реостата \rightarrow изменение силы тока в цепи \rightarrow изменение магнитного потока \rightarrow возникновение ЭДС (фиксируемое вольтметром). Кроме того, каждый шаг должен быть обоснован ссылкой на законы или явления. В данном случае первый шаг обосновывается законом Ома для полной цепи, а второй – законом Фарадея. Законы можно записывать в виде формул или просто упоминать их названия. Полное объяснение будет выглядеть следующим образом.

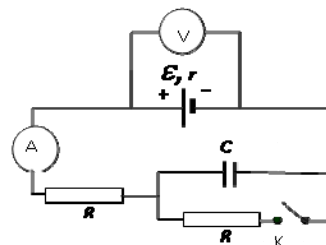
1. При перемещении ползунка вниз сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$, где R –

сопротивление внешней цепи.

2. Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.

3. В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ во вторичной обмотке, а

следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.



Среди задач С1 встречаются задания с дополнительными условиями. Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае в описание полного правильного решения вводится еще один пункт (рисунок или схема). Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению оценки на 1 балл. Вместе с тем наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа дает возможность участнику экзамена получить 1 балл.

Приведем примеры оценивания заданий С1.

Пример 15

На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с отличным от нуля внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ K , а также амперметр и вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

В данном случае ответом является указание на характер изменения показаний амперметра и вольтметра. В объяснении должны присутствовать ссылки на то, что конденсатор является разрывом в цепи постоянного тока, и ссылка на закон Ома для полной цепи.

Пример работы

Так как на рисунке приведена цепь постоянного тока, то конденсатор разрывает эту цепь. Поэтому до замыкания ключа амперметр и вольтметр показывают соответственно нулевой ток и ЭДС источника тока. Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показание вольтметра уменьшится. Согласно закону Ома для полной цепи напряжение, фиксируемое вольтметром, определяется по формуле $U = \mathcal{E} - Ir$. Оно уменьшится на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника тока.

Ответ: показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся.

Приведенный пример решения задачи удовлетворяет требованиям и оценивается 3 баллами. В этом решении полужирным курсивом выделены два куска текста. Именно они и являются обоснованиями правильного ответа. Однако в работах выпускников часто опускается один, а нередко и оба эти куска текста. В результате при правильном ответе в соответствии с критериями оценивания экзаменуемый получает в лучшем случае 2 балла, а если опущены оба куска текста, то – 1 балл.

Пример 16

В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Пример работы

Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие насыщенного пара, давление и плотность его в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация паров воды, и масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

Это решение удовлетворяет всем требованиям и оценивается 3 баллами, так как содержит объяснение, правильный ответ и указание на то, что пар был насыщенным с обоснованием этого положения.

Пример работы

Масса жидкости в сосуде увеличивается при вдвигании в него поршня, так как пар, находящийся до этого в сосуде, конденсируется и превращается в жидкость из-за того, что объем воздуха в сосуде уменьшается при неизменной температуре.

В данном решении отсутствует утверждение, что водяной пар до начала движения поршня был насыщенным, соответственно, нет и этого утверждения. В соответствии с критериями работа оценивается 2 баллами.

Задания С2–С6 представляют собой расчетные задачи. В текстах заданий нет указаний на требования к полноте решения, эту функцию выполняет общая инструкция.

В каждом варианте экзаменационной работы перед заданиями С2–С6 части 3 приведена инструкция, которая в целом отражает требования к полному правильному решению расчетных задач:

«Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчеты с численным ответом. Дополнительно в решении должны быть описаны вновь вводимые буквенные обозначения физических величин и при необходимости обосновано применение используемых законов и положений теории».

Обобщенная схема оценивания расчетных задач с описанием полного правильного ответа содержит четыре основных элемента решения:

- I) записаны положения теории и физические законы, закономерности; применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *перечисляются законы и формулы*);
- II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);
- III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);
- IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Первый пункт определяет главное требование: запись всех необходимых законов и формул. Здесь не следует пользоваться производными формулами (например, сразу записывать дальность полета тела брошенного под углом к горизонту или радиус движения заряженной частицы в магнитном поле), а использовать общепринятые законы и формулы. Допустим, в решении задачи на движение заряженной частицы в магнитном

поле сразу записано уравнение для радиуса траектории частицы вместо второго закона Ньютона, формулы для силы Лоренца и формулы для центростремительного ускорения. Если в записи конечной формулы есть ошибка, то это расценивается как ошибка в записи исходной формулы, а так как формула одна, то решение будет оценено 0 баллов. В случае если записаны три основных формулы и допущена ошибка в одной из них, то работа будет оценена 1 баллом.

Как было указано выше, решение выпускника может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал экзаменуемый. Если ход решения экзаменуемого допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения, а не того, который указан для авторского способа решения.

Второй пункт требует описания физических величин. Следует обратить внимание на то, что это относится только к вновь вводимым в процессе решения величинам, а те, которые указаны в условии задачи, считаются уже известными и описанными.

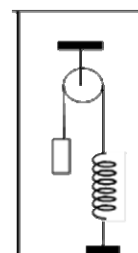
В соответствии с третьим пунктом нельзя пропускать математические преобразования. Если при переписывании с черновика какие-то части преобразований пропускаются, то нужно иметь в виду, что эксперт должен увидеть основные логические шаги получения окончательного ответа в общем виде. После получения ответа в общем виде необходимо провести расчеты, т.е. показать эксперту, какие значения подставляются для всех используемых физических величин.

Правильным ответом в задачах по физике считается значение физической величины, т.е. число с единицами измерения. Ошибка в числе или ошибка в указании единиц измерения считаются неверным ответом. В этом случае выставляется 2 балла.

В некоторых случаях в обобщенную систему оценивания вносятся изменения.

- В задаче требуется дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа. Если в рисунке допущена ошибка, то выставляется 2 балла. Наличие только правильного рисунка при полностью неверном решении никаких баллов не принесет.
- В задаче требуется изобразить схему электрической цепи или оптическую схему. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа. Отсутствие рисунка (или ошибка в нем) при верном решении приводят к снижению оценки до 2 баллов, а наличие только верного рисунка без решения задачи приносит 1 балл.
- В задании не требуется получение числового ответа. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа и вносятся изменения в критерии оценивания на 2 балла.
- Условие задачи предполагает определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки. В этом случае в описание полного верного решения вносится дополнительное требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки. Ошибка в записи данных приводит к снижению оценки до 2 баллов.

На примерах рассмотрим типичные недостатки решений расчетных задач в тех случаях, когда выпускники дают правильные ответы.



Пример 17

В сосуде (см. рисунок) находится система тел, состоящая из блока с перекинутой через него нитью, к концам которой привязаны тело объемом V и пружина жесткостью k . Нижний конец пружины прикреплен ко дну сосуда. Как изменится сила натяжения нити, действующая на пружину, если сосуд заполнить жидкостью плотностью ρ ? (Считать, что трение в оси блока отсутствует.)

Пример работы

До погружения системы в жидкость $mg - T_1 = 0$. (1)

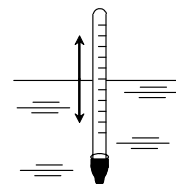
Когда система погружена в жидкость, $mg - T_2 - \rho Vg = 0$. (2)

Решая эту систему уравнений, получаем: $\Delta T = T_2 - T_1 = -\rho Vg$.

В данной работе налицо три распространенных недостатка: буквенные обозначения не соотнесены с физическими величинами (не пояснено, что такое m , T_1 и т.д.), не указывается происхождение формул, отсутствуют математические преобразования. Несмотря на верный ответ, решение не может быть оценено максимальным баллом.

Пример 18

Ареометр, погруженный в жидкость, совершает вертикальные гармонические колебания с малой амплитудой (см. рисунок). Найдите период этих колебаний. Масса ареометра равна 40 г, радиус его трубки 2 мм, плотность жидкости 0,8 г/см³. Сопротивлением жидкости пренебречь.



Пример работы

Колебания происходят под действием силы тяжести и силы Архимеда. В положении равновесия $mg = \rho gV$, где $V = S\ell$ – объем погруженной части ареометра.

При смещении ареометра по вертикали на величину x возникает «возвращающая» сила

$$F = \rho gSx, \text{ сообщающая ареометру ускорение } a = \frac{cgS \cdot x}{m}.$$

Если принять колебания ареометра за гармонические, то его ускорение зависит от смещения и частоты колебаний следующим образом: $a = -\omega^2 x$.

Тогда $\omega = \sqrt{\frac{\rho gS}{m}}$; но $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Таким образом, период колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho gS}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho g \cdot \pi r^2}}$$

$$\text{Получаем: } T = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}} = \frac{2}{2 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{3,14 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{800 \cdot 10}} = 10^3 \cdot \sqrt{15,7 \cdot 10^{-6}} \approx 4(\text{с}).$$

Данное решение удовлетворяет всем требованиям к полноте и правильности ответа и оценивается 3 баллами.

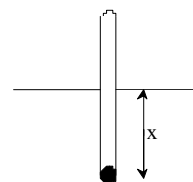
Пример работы

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; \quad F_6 = -\rho_{жс}Vg; \quad V = Sx; \quad S = \pi R^2; \quad F_6 = -\rho_{жс}g\pi R^2x$$

$$F_6 = -kx; \quad k = \rho_{жс}g\pi R^2$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho_{жс}g\pi R^2}}$$

$$T = 6,28\sqrt{\frac{0,04}{800 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}} \approx 4 \text{ (с)}$$



В приведенном решении не представлены какие-либо пояснения; такой недостаток, даже при отсутствии других недостатков, влечет снижение оценки до 2 баллов. Однако здесь решение базируется на ничем не обоснованном применении к колебаниям ареометра формулы периода колебаний пружинного. Поэтому в соответствии с критериями оценивания выполнения задания за подобные решения ставится 0 баллов.

Пример 19

Фотокатод облучают светом с длиной волны $\lambda = 300$ нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 450$ нм. Какое напряжение U нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

Пример работы

$$\text{Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$$

$$\text{Для красной границы фотоэффекта: } \frac{hc}{\lambda_0} = A$$

$$\text{Выражение для запирающего напряжения: } \frac{mv^2}{2} = eU$$

$$U = \frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda\lambda_0e} \approx 1,4 \text{ В.}$$

В приведенном решении имеются два недостатка. Во-первых, не объяснено, какие величины обозначаются буквами A , m , v и т.д. Во-вторых, отсутствуют математические преобразования и расчеты. Каждый из этих недостатков влечет снижение оценки на 1 балл. Поскольку при оценивании снижения не складываются, то решение оценивается 2 баллами.

Пример работы

$$\text{Согласно уравнению Эйнштейна } \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eU.$$

$$\text{Отсюда } U = \frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda\lambda_0e} = 1,4 \text{ В.}$$

В данном решении к недочетам предыдущей работы добавляется еще один недостаток: вместо математической записи уравнения Эйнштейна для фотоэффекта и формул, выражающих связь работы выхода с красной границей фотоэффекта и условие

равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле, сразу приводится их производная формула. Это попадает под критерий отсутствия одной из основополагающих формул.

Обобщая изложенное выше, следует еще раз отметить, что задания с развернутым ответом в ЕГЭ по физике призваны в первую очередь оценивать аргументированность и логичность решения задачи. Основной акцент и наибольшее количество баллов в критериях оценивания отводится именно пониманию физической модели и логике решения. Неправильность же ответа, вызванная ошибками в математических преобразованиях или расчетах, приводит к снижению оценки только на 1 балл – с 3 до 2 баллов.

Модель КИМ ЕГЭ по физике в 2014 г. останется без принципиальных изменений. Однако продолжен процесс совершенствования КИМ, который затронет следующие аспекты.

1. Усовершенствованы критерии оценивания заданий с развернутым ответом. Особенности внесенных изменений и рекомендации по подготовке учащихся к выполнению заданий части 3 работы были изложены в предыдущем разделе.
2. В вариантах увеличена доля заданий, проверяющих особенности различных физических явлений, за счет вопросов, касающихся применения формул и законов в рамках простых ситуаций расчетного характера.
3. В рамках проверки методологических умений увеличена доля заданий, проверяющих умение интерпретировать результаты различных опытов на основе экспериментальных данных: таблиц или графиков зависимостей величин, построенных с учетом абсолютных погрешностей измерений.

В связи с перечисленными выше изменениями при подготовке учащихся к решению задач следует обратить внимание на оформление решений с учетом всех тех требований, которые изложены в критериях оценивания и обсуждались выше. Особое внимание необходимо обратить на обоснованность объяснений в качественных задачах и описания вновь вводимых величин и запись необходимых комментариев к решению в расчетных задачах. Целесообразно шире вводить различные качественные задачи в практике преподавания предмета, используя их не только в письменных работах, но и при устном опросе в виде подробного обсуждения всех логических шагов обоснования.

Рекомендуется увеличить в различных тематических и тренировочных работах долю заданий на понимание условий протекания физических явлений и процессов, а также использования физических величин для их описания. Целесообразно использовать комплексные задания, которые, в отличие от заданий ЕГЭ, требуют применить к описанию того или иного процесса пять-шесть различных физических величин, а не две-три, как это делается в экзаменационных материалах. Необходимо сначала разбирать характер протекания процесса и указывать различные величины, которые могут быть использованы для его описания, а уже затем характеризовать их изменения при изменении тех или иных условий.

Для подготовки учащихся к выполнению заданий, проверяющих сформированность методологических умений, рекомендуется расширить этап обсуждения лабораторных работ. Более пристальное внимание необходимо обращать на вопросы, которые приучают школьников: оценивать соответствие выводов имеющимся экспериментальным данным; определять, достаточно ли экспериментальных данных для формулировки вывода; интерпретировать результаты опытов и наблюдений на основе известных физических явлений, законов, теорий; устанавливать условия применимости физических моделей в предложенных ситуациях.

Отметим, что задания на проверку методологических умений, аналогичные заданиям с выбором ответа из КИМ ЕГЭ по физике, целесообразно использовать только на итоговом или тематическом контроле. В этих ситуациях такие теоретические задания позволяют достаточно быстро (в отличие от использования заданий на реальном оборудовании) проверить освоение широкого спектра методологических умений. Но формирование умений проводить измерения и опыты возможно только при использовании лабораторных работ или работ практикума, в рамках которых эффективно осваивается весь комплекс приемов в целом.