



# Подходы к разработке экзаменационных моделей ОГЭ и ЕГЭ по физике в соответствии с требованиями ФГОС

**Демидова Марина Юрьевна**

доктор педагогических наук, ФГБНУ «ФИПИ», руководитель центра педагогических измерений, kim@fipi.org

**Камзеева Елена Евгеньевна**

кандидат физико-математических наук, ГАОУ ДПО «МЦКО», начальник экспертно-аналитического отдела, kamzееva@mcko.ru

**Грибов Виталий Аркадьевич**

кандидат физико-математических наук, доцент МГУ им. М.В. Ломоносова, vitalii\_gribov@mail.ru

**Ключевые слова:** перспективная модель ГИА по физике, деятельностный подход, планируемые результаты, операционализация, структура КИМ.

ФГОС существенно изменяет требования к системе оценки образовательных результатов, и, соответственно, создание новых экзаменационных моделей контрольных измерительных материалов для ОГЭ и ЕГЭ по физике должно учитывать эти изменившиеся требования. В этой статье мы хотим остановиться на особенностях итоговой оценки учебных результатов по физике в соответствии с требованиями ФГОС и их отражением в новых экзаменационных моделях.

Основным объектом оценки результатов образования выступают требования Стандарта к предметным результатам обучения по физике, которые конкретизируются в планируемых результатах основной образовательной программы. Планируемые результаты на конец обучения на данном уровне образования зафиксированы в примерной основной образовательной программе. Требования к предметным результатам по физике сформулированы для основного и для среднего общего образования. На старшей ступени они предлагаются для базового и углубленного уровня изучения физики, причем требования для углубленного уровня изучения (как и по другим предметам) сформулированы по принципу дополнения к результатам для базового уровня.

Сравнение требований на двух ступенях обучения позволяет условно разделить все требования на пять групп:

– Первую группу составляют требования, касающиеся формирования представлений о роли научного знания и месте физики в современной научной картине мира.

– Вторая группа определяет требования к усвоению понятийного аппарата физики, системы физических знаний.

– Третья группа требований говорит о решении физических задач. Это требование присутствует на базовом и углубленном уровне в старшем звене и не прописано для основной школы. Очевидно, на ступени основной школы можно говорить о пропедевтике решения задач в рамках «овладения понятийным аппаратом и символическим языком физики».

– Четвертая группа касается овладения научными методами познания. Здесь в требованиях прослеживается определенная динамика. В основной школе речь идет только о методах эмпирического уровня познания, причем отмечено, что их освоение начинается на этой ступени образования, но осваиваться должны либо отдельные методы, либо отдельные приемы методов. Для базового уровня устанавливается уровень владения методами эмпирического уровня, а на углубленном уровне этот блок результатов существенно расширяется и углубляется. Сопоставление требований к системе знаний и к овладению методологическими умениями позволяет говорить о том, что в рамках новых стандартов делается акцент на смещение итоговых результатов с освоения традиционной системы предметных умений на овладение, в первую очередь, системой методологических умений.

– Пятая группа требований относится к формированию умений применять полученные знания для объяснения физических процессов, принципов работы технических объектов и технологических процессов.

– Шестая группа требований касается различных умений использования полученных знаний в повседневной жизни и соблюдения безопасности жизнедеятельности. В этом блоке основной акцент делается на требования к курсу физики основной школы. Это означает, что на данном этапе практико-ориентированности содержания предмета уделяется наибольшее внимание.

Конкретизация требований стандарта к предметным результатам должна осуществляться в планируемых результатах обучения, уровень достижения которых и проверяется в рамках итоговой оценки.

Планируемые результаты по предмету являются частью документа «Основная образовательная программа образовательной организации», который разрабатывается каждой школой. Понятно, что в рамках школы этот документ должен отражать специфические особенности процесса обучения и содержания обучения в данной организации. Но для сохранения единого образовательного пространства для ступени основного общего образования разработана Примерная основная образовательная программа, в которой предложены как планируемые результаты по физике, так и примерная программа по предмету.

Эти два документа (планируемые результаты и примерная программа) являются основанием для разработки кодификатора для государственной итоговой аттестации.

Остановимся на возможных подходах к разработке кодификаторов для оценки предметных достижений по физике. При деятельностном подходе должна быть обеспечена оценка планируемых результатов, то есть формируемых в рамках предмета видов деятельности. Поэтому первая часть кодификатора должна представлять собой перечень планируемых результатов и операционализированных умений.

Наиболее сложной процедурой является операционализация планируемых результатов. Процедура операционализации базируется на структуре той деятельности, которая описана в планируемом результате. Проиллюстрируем это положение на примере планируемых результатов, отражающих освоение методологических умений.

Основой для операционализации планируемого результата (характеризующего освоение того или иного метода научного познания) выступает структура метода, адаптированная к учебному познанию и к соответствующей возрастной категории обучающихся. Конструировать задания для проверки планируемого результата можно как отдельно для каждого структурного элемента (операционализованного умения), так и для всего планируемого результата в целом.

Например, на итоговую оценку за курс основной школы выносятся планируемый результат: проводить прямые измерения физических величин, при этом выбирать опти-

мальный способ измерения и использовать простейшие методы оценки погрешностей измерений. Его операционализация представлена следующим образом:

1. Выбирать измерительный прибор с учетом его назначения, цены деления и пределов измерения прибора.

2. Правильно составлять схемы включения измерительного прибора в экспериментальную установку.

3. Считывать показания приборов с их округлением до ближайшего штриха шкалы и записывать результаты измерений в виде равенства  $x_{\text{изм}} = x \pm Dx$ ; неравенства  $x - Dx < x_{\text{изм}} < x + Dx$  или обозначать этот интервал на числовой оси.

4. При необходимости проводить серию измерений в неизменных условиях и находить среднее значение.

5. В простейших случаях сравнивать результаты измерения однородных величин с учетом абсолютной погрешности измерений.

Для проверки отдельных умений (например, выбирать измерительный прибор или считывать показания приборов) можно сконструировать самостоятельные задания, которые будут оценивать сформированность только этих умений. Но для планируемого результата в целом необходимо конструировать комплексные задания, по выполнению которых можно судить об освоении метода в целом. Оба вида заданий обладают своей ценностью, но в рамках ГИА приоритет должен отдаваться комплексным заданиям с развернутым ответом.

Следующей частью кодификатора должен быть перечень элементов содержания, на основании которых разрабатываются задания для проверки планируемых результатов. Традиционным способом построения кодификатора контролируемых элементов содержания является использование тематического подхода, при котором элементы содержания выстраиваются в последовательности их изучения в той или иной теме.

Разделение на контролируемые элементы содержания проводится в этом случае с учетом «объемного наполнения» каждого из элементов и, соответственно, с учетом конструирования примерно одинако-

вого числа заданий по каждому из выделенных элементов. (Если, например, выделить в отдельный элемент «два вида электрических зарядов», то возможности для создания заданий по его проверке окажутся крайне ограниченными.)

При создании кодификатора элементов содержания важным является выделение опорной системы знаний, то есть наиболее значимых содержательных элементов курса, без которых невозможно продолжение обучения на следующей ступени образования. Граница для минимального балла для ЕГЭ (или для получения отметки «3» для ОГЭ) устанавливается исходя из выполнения заданий базового уровня, построенных на наиболее значимых элементах содержания.

В настоящее время созданы проекты кодификаторов для разработки КИМ ОГЭ и ЕГЭ в соответствии с ФГОС. Первая часть кодификаторов представляет собой планируемые результаты обучения и операционализованные умения. И планируемые результаты, и операционализованные умения отобраны исходя из возможности их оценки в условиях массовой проверки, к которым относятся ОГЭ и ЕГЭ. Ниже приведен пример части кодификатора для ОГЭ (см. Пример 1).

Операционализация планируемых результатов методологического блока показывает, что во главу угла ставятся освоение учащимися обобщенных планов проведения исследования; выбор способа измерения, адекватного поставленной задаче; определение достоверности полученного результата на основании простейших методов оценки погрешностей измерений. Так, например, в основной школе впервые поставлена и задача освоения учащимися постановки цели экспериментального исследования. Кроме того, при выполнении экспериментальных заданий планируется выдавать учащимся либо тематический набор (по механике, молекулярной физике, электричеству, оптике) целиком, либо подобранный для данного задания перечень оборудования, но с некоторым превышением его номенклатуры. Это позволяет проверить уровень сформированности такого умения, как выбор оборудования в соответствии с целью исследования.

**Пример 1**

Код ПРО	Код ОУ	Планируемые результаты обучения (ПРО), операционализованные умения (ОУ)
1.		Распознавать проблемы, которые можно решить при помощи физических методов; анализировать отдельные этапы проведения исследований и интерпретировать результаты наблюдений и опытов
	1.1	Распознавать проблемы, которые можно решить при помощи физических методов
	1.2	Анализировать отдельные этапы проведения исследований: проверяемую гипотезу, порядок проведения наблюдения или опыта (в том числе — назначение частей экспериментальной установки), представление результатов
	1.3	Интерпретировать результаты наблюдений или опытов
2.		Проводить опыты по наблюдению физических явлений или физических свойств тел; при этом собирать установку из предложенного оборудования; описывать ход опыта и формулировать выводы
	2.1	Формулировать проблему/задачу опыта
	2.2	Выбирать оборудование в соответствии с целью исследования и проводить опыт
	2.3	Описывать ход опыта

Если сравнить планируемые результаты и их разбиение на умения для разных ступеней, то можно проследить преемственность и динамику в формировании отдельных видов деятельности. Ниже представлены планируемые результаты по решению задач для ОГЭ и для ЕГЭ.

**Пример 2**

**Кодификатор ОГЭ**

Решать задачи, используя физические законы: на основе анализа условия задачи записывать краткое условие, выделять физические величины и формулы, необходимые для ее решения, и проводить расчеты.

**Кодификатор ЕГЭ**

1. Решать качественные задачи: используя модели, физические величины и законы, выстраивать логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления).

1.1 Решать качественные задачи, использующие типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями.

1.2 Решать качественные задачи, использующие ситуации практико-ориентированного (в том числе и межпредметного) характера с неявно заданными физическими моделями.

2. Решать расчетные задачи, используя модели, физические величины и законы: на основе анализа условия задачи выделять физическую модель, находить физические величины и законы, необходимые и достаточные для ее решения, проводить расчеты и проверять полученный результат.

2.1 Решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул по одному из разделов курса физики.

2.2 Решать расчетные задачи с неявно заданной физической моделью с использованием законов и формул из двух и более разделов курса физики.

Планируемые результаты по физике по всем разделам идентичны. Содержание курса физики в основной школе строится на последовательном изучении различных явлений (механических, тепловых, электромагнитных, квантовых). В каждом из этих разделов

### Пример 3

#### Кодификатор ОГЭ, раздел «Квантовые явления»

4.4		<b>Физические приборы и устройства</b>
	4.4.1	Индивидуальный дозиметр, камера Вильсона.
4.5		<b>История науки</b>
	4.5.1	Открытие явления естественной радиоактивности (А. Беккерель); открытие новых радиоактивных элементов полония и радия (М. Склодовская-Кюри); открытие сложного строения атома, открытие протона, исследования радиоактивного излучения (Э. Резерфорд); открытие электрона (Дж. Томсон); открытие нейтрона (Дж. Чедвик).

### Пример 4

#### Кодификатор ОГЭ, тема «Магнитное поле»

3.3.7	Исследование магнитного поля постоянного магнита и проводника с током. Опыты, демонстрирующие два вида магнитного взаимодействия; явление намагничивания вещества; взаимодействие катушки с током и магнита. Исследование явления электромагнитной индукции.
-------	--

изучаются физические явления, характеризующие их величины, законы и закономерности, решаются задачи и выполняются лабораторные работы. Таким образом, каждый раздел обеспечивает свой вклад в достижение всех групп планируемых результатов. То же относится и к ступени среднего образования, в рамках которой изучаются последовательно различные физические теории.

Не подчиняется общей структуре раздел «Строение и эволюция Вселенной» в силу другого подхода к изучению материала: здесь объектом рассмотрения являются не физические явления, а космические объекты и их характеристики. Поэтому для данного раздела планируемые результаты приводятся в конце кодификатора.

Что касается второй части кодификатора, в которой указываются элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ, то здесь сохранено то лучшее, что было создано в рамках существующих экзаменов. В кодификатор ОГЭ также введены формулы, как это было в недавнем прошлом сделано для кодификатора ЕГЭ.

В связи с существенным изменением требований для экзаменационных моделей ОГЭ и ЕГЭ по физике принято решение о предоставлении в ходе экзамена кроме традиционных справочных материалов (физических констант и справочных величин) еще и перечня основных формул. Это связано с переходом от контроля воспроизведения этих элементов содержания исключительно к контролю применения этих элементов в учебно-практических ситуациях.

В кодификатор ОГЭ для каждого содержательного раздела (механические, тепловые, электромагнитные и квантовые явления) введены дополнительные разделы о физических приборах и устройствах, принцип действия которых может проверяться на экзамене, а также сведения об истории науки, которые также выносятся на итоговый контроль (см. Пример 3).

В конце каждой темы приведен перечень измерений и опытов на материале данной темы, которые могут выноситься на итоговую аттестацию (см. Пример 4).

Модели экзаменационных работ для ОГЭ и ЕГЭ конструируются исходя из необходимости оценки овладения всеми основными группами планируемых результатов. В КИМ представлены задания, проверяющие следующие группы планируемых результатов:

- освоение понятийного аппарата курса физики и умения применять изученные понятия, модели, величины и законы в различных ситуациях;
- применение полученных знаний для объяснения физических процессов, в том числе и в заданиях межпредметного характера;

## Пример 5

## Распределение заданий по проверяемым планируемым результатам в модели КИМ ЕГЭ

Код ПРО	Планируемые результаты обучения	Количество заданий
1–5	Методологические умения: проводить прямые и косвенные измерения, исследования зависимостей физических величин, экспериментально проверять заданные предположения	5
6	Распознавать условия применимости моделей физических тел и процессов (явлений)	1
7	Описывать условия наблюдаемости и особенности протекания физических процессов	3
8–9	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения, законы и формулы	11
9	Решать качественные задачи	2
10	Решать расчетные задачи	6
11	Объяснять принципы действия машин, приборов и технических устройств	1
13	Различать основные характеристики объектов и явлений, изученных в рамках раздела «Элементы астрофизики»	1

– овладение методологическими умениями (проводить измерения, исследования и ставить опыты);

– умение решать качественные и расчетные задачи различных типов.

Для каждой группы планируемых результатов в экзаменационной работе содержатся задания не менее чем двух уровней сложности. В примере 5 приведена таблица распределения числа заданий по проверяемым планируемым результатам для модели КИМ ЕГЭ. Видно, что количество заданий, проверяющих каждый из планируемых результатов, зависит от его вклада в реализацию требований ФГОС и объемного наполнения материалов в курсе физики средней школы (см. Пример 5).

Большая группа заданий базового и повышенного уровней проверяет освоение понятийного аппарата курса физики, при этом в работе отсутствуют задания, требующие простого воспроизведения определений понятий, текстов законов и т.п. Все задания строятся только на использовании понятий, моделей, величин или законов в различных ситуациях.

Поскольку на ЕГЭ по физике в силу технологических сложностей невозможно использовать лабораторное оборудование, то овладение методологическими умениями проверяется при помощи модельных заданий теоретического характера. Эти задания либо оценивают какой-либо прием одного из методов, либо проверяют умение самостоятельно планировать измерение или опыт по заданной гипотезе. Однако параллельно разработана и модель КИМ, оценивающая только сформированность экспериментальных умений, в которой задания выполняются с использованием реального лабораторного оборудования.

Большой блок заданий посвящен оценке умения решать качественные и расчетные задачи по физике. Здесь предлагаются задания как с явно заданной физической моделью, так и более сложные с неявно заданной моделью, построенные, в том числе, и на контексте практико-ориентированных ситуаций. Сформированность планируемого результата проверяется в процессе выполнения целого комплекса действий: на основании анализа условия выбирать физические модели, отвечающие требованиям задачи; применять формулы, законы, закономерности и постулаты физических теорий при использовании математических методов решения задач; проводить расчеты на основании имеющихся данных; анализировать результаты и корректировать методы решения с учетом полученных результатов.

В КИМ ЕГЭ не включены задания, оценивающие работу с информацией физического содержания. Однако этот результат проверяется опосредованно через использование в текстах заданий различных способов представления информации: текст, графики, схемы, рисунки.

В экзаменационные работы и для ОГЭ, и для ЕГЭ включены задания трех уровней сложности, что позволяет реализовать основную задачу ГИА — дифференциацию обучающихся по уровню подготовки. Задания базового уровня разрабатываются для оценки овладения наиболее важными планируемыми результатами и конструируются на наиболее значимых элементах содержания. Среди заданий базового уровня в КИМ ЕГЭ выделяются задания, которые соответствуют требованиям ФГОС базового уровня. Минимальное количество баллов ЕГЭ по физике, подтверждающее освоение выпускником программы среднего общего образования, устанавливается исходя из требований освоения стандарта базового уровня.

Задания повышенного уровня сложности проверяют способность выпускника выполнять такие учебно-познавательные или учебно-практические задания, в которых нет явного указания на способ их выполнения. Учащийся сам должен выбрать этот способ из набора известных и освоенных в процессе изучения курса физики.

Задания высокого уровня сложности предназначены для дифференциации наиболее подготовленных учащихся и призваны способствовать эффективному отбору в классы с углубленным изучением предмета по результатам ОГЭ и в наиболее престижные вузы физико-технического профиля по результатам ЕГЭ. В этих заданиях учащийся должен сконструировать способ решения, самостоятельно комбинируя известные ему способы или привлекая новые способы решения.

Новые экзаменационные модели включают и новые перспективные модели заданий, разработка которых осуществляется по следующим основным направлениям:

- использование групп заданий, построенных на одном контексте;
- расширение спектра моделей заданий по проверке методологических умений;
- использование заданий, построенных на практико-ориентированных ситуациях;
- увеличение числа качественных задач в варианте и расширение их типологии;
- расширение спектра моделей расчетных задач;
- введение моделей заданий, сконструированных на материале раздела по астрономии.

Приведем примеры заданий, отражающих эти направления разработок.

Программа курса физики содержит раздел «Эволюция Вселенной», в который включены наиболее важные элементы астрофизических знаний. Объем часов по этому разделу не дает возможности говорить о глубоком освоении элементов астрофизики. Однако в КИМах ЕГЭ должны присутствовать задания астрономического содержания. Было принято решение о введении контекстных заданий, в которых основная информация, необходимая для его выполнения, предлагается в самом тексте задания. Выполнение задания в этом случае опирается на анализ графической или текстовой информации и понимание наиболее важных дидактических единиц. Пример такого задания приведен ниже (см. Пример 6).

### Пример 6

Рассмотрите таблицу, содержащую основные сведения о наиболее ярких звездах, и определите названия звезд, которые соответствуют указанным характеристикам.

Наименование звезды	Спектральный класс	Температура, К	Масса в массах Солнца	Радиус в радиусах Солнца	Расстояние до звезды, св. год
Альдебаран	K	3 500	5	45	68
Альтаир	A	8 000	1,7	1,7	360

## Инструментарий

Арктур	К	4 100	4	26	36
Бетельгейзе	М	3 100	20	900	650
Вега	А	10 600	3	3	27
Капелла	G	5 200	3	2,5	45
Кастор	А	10 400	3	2,5	45
Процион	F	6 900	1,5	2	11
Сириус	А	10 400	3	1,7	8,7
Спика	В	16 800	15	7	160

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЕЗД

- А) белый карлик
- Б) красный гигант

Ответ:

А	Б

### НАЗВАНИЯ ЗВЕЗД

- 1) Бетельгейзе
- 2) Капелла
- 3) Процион
- 4) Альтаир

Для выполнения этого задания нужно понимать связь цвета звезд с их температурой, радиус соотносить с понятиями «карлик» и «гигант» и уметь анализировать табличные данные, исключая избыточную информацию.

Важным направлением является введение групп заданий, построенных на одном контексте. С одной стороны, такой подход позволяет экономить время на «переключение» с сюжета одного задания на сюжет следующего задания и оптимально проверять целую группу планируемых результатов. Однако есть и другая сторона, связанная с уменьшением проверяемого содержания в варианте, которая может отразиться на участниках экзамена и негативно. Ведь если не одно, а сразу несколько заданий опираются на один и тот же элемент знаний, который, возможно, находится в области пробелов данного ученика, то его шансы на успех сильно снижаются. В качестве примера ниже представлена группа из двух заданий по механике.

### Пример 7

Прочитайте текст и выполните задания 1 и 2.

Зависимость от времени для координаты тела массой 3 кг, движущегося вдоль оси  $Ox$ , имеет вид:  $x = 5 - 3t + 2t^2$ , где все величины выражены в единицах СИ.

**№ 1.** Выберите два верных утверждения о характере движения тела в течение первых 5 секунд после  $t = 0$ .

- 1) Вектор ускорения тела направлен против оси  $Ox$ , а его модуль равен  $2 \text{ м/с}^2$ .
- 2) Вектор ускорения тела направлен по оси  $Ox$ , а его модуль равен  $4 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Тело движется с увеличивающейся по модулю скоростью в отрицательном направлении оси  $Ox$  в течение всего промежутка времени.



- 4) Тело движется с уменьшающейся по модулю скоростью в положительном направлении оси  $Ox$  до полной остановки, а затем движется с нарастающей скоростью в противоположном направлении.
- 5) Тело движется с уменьшающейся по модулю скоростью в отрицательном направлении оси  $Ox$  до полной остановки, а затем движется с нарастающей скоростью в противоположном направлении.

Ответ:

--	--

**№ 2.** Определите кинетическую энергию тела в момент времени  $t = 1$  с.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

Одним из важнейших направлений совершенствования экзаменационных моделей является расширение спектра моделей заданий по проверке методологических умений. Приведем два примера новых заданий. Первое из них (см. пример 8) проверяет умение выбирать оптимальное оборудование для проведения измерений с учетом анализа погрешности измерений.

### Пример 8

В наборе оборудования «Механические явления» имеются два динамометра, характеристики которых приведены в таблице.

Таблица

Прибор	Предел измерения	Абсолютная погрешность измерения
Динамометр № 1	1 Н	0,04 Н — в пределах до 0,1 Н 0,02 Н — в остальной части шкалы
Динамометр № 2	5 Н	0,1 Н

Выберите тот динамометр, который позволит наиболее точно измерить силу трения между деревянным бруском массой 100 г и деревянной горизонтальной плоскостью. Запишите в ответе его номер. Свой ответ поясните.

В этом задании требуется сначала спрогнозировать будущее измерение, оценить возможный диапазон измеряемой величины и выбрать из предложенного списка прибор. Полный правильный ответ оценивается в 2 балла и включает указание на выбранный прибор и пояснение, в котором этот выбор обосновывается оценочными расчетами.

Второе задание направлено на оценку планирования косвенного измерения или исследования (см. пример 9).

### Пример 9

Необходимо провести опыт по измерению ускорения бруска при его равноускоренном движении по наклонной плоскости (из состояния покоя). Для проведения опыта предлагается следующее оборудование (см. рисунок):

- секундомер электронный с датчиками;
- направляющая, к которой прикреплена линейка;
- брусок с пусковым магнитом;
- штатив с муфтой и лапкой;

Опишите порядок проведения опыта. В ответе:



1. Зарисуйте или опишите экспериментальную установку.
2. Запишите формулу, по которой определяется ускорение бруска.
3. Укажите, какие физические величины необходимо измерять, и какие приборы использовать.
4. Опишите измерения, которые нужно провести.

Полный верный ответ должен включать все четыре указанных выше элемента и оценивается в 3 балла. При этом в описании учащемуся необходимо указать способы уменьшения погрешностей измерения. В данном задании — это проведение нескольких измерений времени движения бруска, а затем определение среднего значения промежутка времени.

Среди новых моделей расчетных задач можно выделить задачи, в которых вместо привычного числового ответа требуется построение схематичного графика зависимости одной физической величины от другой (см. пример 10).

### Пример 10

В таблице приведены значения силы тока в последовательные моменты времени при свободных электромагнитных колебаниях в идеальном колебательном контуре. Точность измерений силы тока  $\pm 0,1$  мА. Ёмкость конденсатора в контуре  $C = 0,01$  мкФ.

$t$ , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$I$ , мА	4,0	2,8	0	-2,8	-4,0	-2,8	0	2,8	4,0

Постройте схематичный график зависимости энергии  $W_C$  конденсатора в контуре от времени на интервале от 0 до 8 мкс, указав максимальное значение  $W_C$ .

Следующее направление — это введение расчетных задач с дополнительным требованием к обоснованию выбора физической модели. Ниже приведен пример такой задачи по механике.

### Пример 11

Два одинаковых шарика начали движение одновременно. Первый шарик бросили вверх с уровня земли под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с. Второй шарик начал падать с некоторой высоты над уровнем земли из состояния покоя. Шарики столкнулись в момент, когда скорость первого шарика была горизонтальна. Найдите модуль скорости шариков сразу после столкновения, считая его абсолютно неупругим. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Какие закономерности Вы использовали для описания столкновения шариков? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

Решение таких задач оценивается в 4 балла, где 1 балл ставится за описание физической модели и обоснование выбора законов и формул для решения задачи. Для задачи из примера 11 это обоснование должно выглядеть следующим образом:

«Для описания столкновения шариков использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешними силами для системы из двух шариков являются силы тяжести, которые в сумме не равны нулю. Но мы этим пренебрегаем по следующей причине: считаем, как обычно, удар коротким. За короткое время удара импульс каждого из шариков меняется на конечную величину за счёт большой силы, действующей со стороны другого шарика. По сравнению с этой большой силой конечная сила тяжести пренебрежимо мала».

Эти примеры не исчерпывают всего многообразия новых перспективных моделей заданий, но дают представление об основных направлениях совершенствования экзаменационных моделей ОГЭ и ЕГЭ.