# 4. ФИЗИКА

## 4.1. Характеристика контрольных измерительных материалов по физике 2007 года

Экзаменационная работа для единого государственного экзамена в 2007 г. имела ту же структуру, что и в течение двух предыдущих лет. Она состояла из 40 заданий, различающихся формой представления и уровнем сложности. В первую часть работы было включено 30 заданий с выбором ответа, где к каждому заданию приводилось четыре варианта ответа, из которых верным был только один. Вторая часть содержала 4 задания с кратким ответом. Они представляли собой расчетные задачи, после решения которых требовалось привести ответ в виде числа. Третья часть экзаменационной работы – это 6 расчетных задач, к которым необходимо было привести полное развернутое решение. Общее время выполнения работы составляло 210 минут.

Кодификатор элементов содержания образования и спецификация экзаменационной работы были составлены на основе Обязательного минимума содержания среднего (полного) общего образования по физике (Приказ МО от 30.06. 1999 г. № 56) и учитывали Федеральный компонент государственного стандарта среднего (полного) образования по физике, профильный уровень (Приказ МО от 5 марта 2004 г. № 1089). Кодификатор элементов содержания не претерпел изменений по сравнению с 2006 г. и включал в себя лишь те элементы, которые одновременно присутствуют как в Федеральном компоненте государственного стандарта (профильный уровень, 2004 г.), так и в Обязательном минимуме содержания образования 1999 г.

По сравнению с контрольными измерительными материалами 2006 г. в варианты ЕГЭ 2007 г. были внесены два изменения. Первое из них состояло в перераспределении заданий в первой части работы по тематическому признаку. Независимо от сложности (базовый или повышенный уровни), сначала следовали все задания по механике, затем по МКТ и термодинамике, электродинамике и, наконец, по квантовой физике. Второе изменение касалось целенаправленного введения заданий, проверяющих сформированность методологических умений. В 2007 г. задания А30 проверяли умения анализировать результаты экспериментальных исследований, выраженных в виде таблицы или графика, а также строить графики по результатам эксперимента. Подбор заданий для линии А30 осуществлялся исходя из необходимости проверки в данной серии вариантов одного вида деятельности и, соответственно, независимо от тематической принадлежности конкретного задания.

В экзаменационной работе были представлены задания базового, повышенного и высокого уровней сложности. Задания базового уровня проверяли усвоение наиболее важных физических понятий и законов. Задания повышенного уровня контролировали умение использовать эти понятия и законы для анализа более сложных процессов или умение решать задачи на применение одного-двух законов (формул) по какой-либо из тем школьного курса физики. Задания высокого уровня сложности — это расчетные задачи, которые отражают уровень требований к вступительным экзаменам в вузы и требуют применения знаний сразу из двух-трех разделов физики в измененной или новой ситуации.

В КИМ 2007 г. были включены задания по всем основным содержательным разделам курса физики:

1) «Механика» (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны);
2) «Молекулярная физика. Термодинамика»;

3) «Электродинамика» (электростатика, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика);

4) «Квантовая физика» (элементы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра).

В таблице 4.1 показано распределение заданий по блокам содержания в каждой из частей экзаменационной работы.

**Таблица 4.1**

**Распределение заданий по разделам курса физики в зависимости от типа заданий**

| | Раздел | Вся работа | | Часть 1 (с выбором ответа) | | Часть 2 (с кратким ответом) | | Часть 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Кол-во заданий | в % от общего числа заданий | Кол-во заданий | % | Кол-во заданий | % | Кол-во заданий | % |
| 1 | Механика | 11-131 | 27,5-32,5 | 9-10 | 22,5-25,0 | 1 | 2,5 | 1-2 | 2,5-5,0 |
| 2 | МКТ и термодинамика | 8-10 | 20,0-25,0 | 6-7 | 15,0-17,5 | 1 | 2,5 | 1-2 | 2,5-5,0 |
| 3 | Электродинамика | 12-14 | 30,0-35,5 | 9-10 | 22,5-15,0 | 2 | 5,0 | 2-3 | 5,0-7,5 |
| 4 | Квантовая физика и СТО | 6-8 | 15,0-20,0 | 5-6 | 12,5-15,0 | – | – | 1-2 | 2,5-5,0 |

В таблице 4.2 показано распределение заданий по блокам содержания в зависимости от уровня сложности.

**Таблица 4.2**

**Распределение заданий по разделам курса физики в зависимости от уровня сложности**

| | Раздел | Вся работа | | Базовый уровень (с выбором ответа) | | Повышенный уровень (с выбором ответа и кратким ответом) | | Высокий уровень (с развернутым ответом) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Кол-во заданий | % | Кол-во заданий | % | Кол-во заданий | % | Кол-во заданий | % |
| 1 | Механика | 11-13 | 27,5-32,5 | 7-8 | 17,5-20,0 | 3 | 7,5 | 1-2 | 2,5-5,0 |
| 2 | МКТ и термодинамика | 8-10 | 20,0-25,0 | 5-6 | 12,5-15,0 | 2 | 5,0 | 1-2 | 2,5-5,0 |
| 3 | Электродинамика | 12-14 | 30,0-35,5 | 7-8 | 17,5-20,0 | 4 | 10,0 | 2-3 | 5,0-7,5 |
| 4 | Квантовая физика и СТО | 6-8 | 15,0-20,0 | 4-5 | 10,0-12,5 | 1 | 2,5 | 1-2 | 2,5-5,0 |

При разработке содержания экзаменационной работы учитывалась необходимость проверки овладения различными видами деятельности. При этом задания каждой из серии вариантов подбирались с учетом распределения по видам деятельности, представленном в таблице 4.3.

[1] Изменение числа заданий по каждой из тем связано с различной тематикой комплексных задач С6 и заданий А30, проверяющих методологические умения на материале разных разделов физики, в различных сериях вариантов.

**Таблица 4.3**

**Распределение заданий по видам деятельности**

| | Виды деятельности | Кол-во заданий | % |
|---|---|---|---|
| 1 | Понимать физический смысл моделей, понятий, величин | 4-5 | 10,0-12,5 |
| 2 | Объяснять физические явления, различать влияние различных факторов на протекание явлений, проявления явлений в природе или их использования в технических устройствах и повседневной жизни | 4-5 | 10,0-12,5 |
| 3 | Применять законы физики (формулы) для анализа процессов на качественном уровне | 6-8 | 15,0-20,0 |
| 4 | Применять законы физики (формулы) для анализа процессов на расчетном уровне | 10-12 | 25,0-30,0 |
| 5 | Анализировать результаты экспериментальных исследований | 1-2 | 2,5-5,0 |
| 6 | Анализировать сведения, получаемые из графиков, таблиц, схем, фотографий[2] | 10-12 | 25,0-30,0 |
| 7 | Решать задачи различного уровня сложности | 13-14 | 32,5-35,0 |

Все задания первой и второй частей экзаменационной работы оценивались в 1 первичный балл. Решения задач третьей части (С1-С6) проверялись двумя экспертами в соответствии с обобщенными критериями оценивания, с учетом правильности и полноты ответа. Максимальный балл за все задания с развернутым ответом составлял 3 балла. Задача считалась решенной, если учащийся набрал за нее не менее 2-х баллов.

На основе баллов, выставленных за выполнение всех заданий экзаменационной работы, осуществлялся перевод в «тестовые» баллы по 100-балльной шкале и в отметки по пятибалльной шкале. В таблице 4.4 отражены соотношения между первичными, тестовыми отметками по пятибалльной системе в течение последних трех лет.

**Таблица 4.4**

**Соотношение первичных баллов, тестовых баллов и школьных отметок**

| Годы, баллы \ Отметка | | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2007 | первичные | 0-11 | 12-22 | 23-35 | 36-52 |
| | тестовые | 0-32 | 33-51 | 52-68 | 69-100 |
| 2006 | первичные | 0-9 | 10-19 | 20-33 | 34-52 |
| | тестовые | 0-34 | 35-51 | 52-69 | 70-100 |
| 2005 | первичные | 0-10 | 11-20 | 21-35 | 36-52 |
| | тестовые | 0-33 | 34-50 | 51-67 | 68-100 |

Сравнение границ первичных баллов показывает, что в этом году условия получения соответствующих отметок были более строгими по сравнению с 2006 г., но примерно соответствовали условиям 2005 г. Это было связано с тем, что в прошлом году единый экзамен по физике сдавали не только те, кто собирался поступать в вузы по соответствующему профилю, но и почти 20% учащихся (от общего числа сдающих), которые изучали физику на базовом уровне (для них этот экзамен был по решению региона обязательным).

Всего для проведения экзамена в 2007 г. было подготовлено 40 вариантов, которые представляли собой пять серий по 8 вариантов, созданных по разным планам. Серии вариантов различались контролируемыми элементами содержания и видами деятельности для одной и той же линии заданий, но в целом все они имели примерно

[2] В этом случае имеется в виду форма представления информации в тексте задания или дистракторах, поэтому одно и то же задание может проверять два вида деятельности.

одинаковый средний уровень сложности и соответствовали плану экзаменационной работы, приведенному в Приложении 4.1.

### 4.2. Характеристика участников ЕГЭ по физике 2007 года

Число участников ЕГЭ по физике в этом году составило 70 052 человека, что существенно ниже, чем в предыдущем году, и примерно соответствует показателям 2005 г. (см. таблицу 4.5). Число регионов, в которых выпускники сдавали ЕГЭ по физике, увеличилось до 65. Количество выпускников, выбравших физику в формате ЕГЭ, существенно отличается для разных регионов: от 5316 чел. в Республике Татарстан до 51 чел. в Ненецком автономном округе. В процентном отношении к общему числу выпускников количество участников ЕГЭ по физике колеблется от 0,34% в г. Москве до 19,1% в Самарской области.

**Таблица 4.5**

**Число участников экзамена**

| Год | Число регионов | Число участников | Девушки | | Юноши | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Число | % | Число | % |
| 2005 | 54 | 68 916 | 18 006 | 26,1 | 50 910 | 73,9 |
| 2006 | 61 | 90 389[3] | 29 266 | 32,4 | 61 123 | 67,6 |
| 2007 | 65 | 70 052 | 17 076 | 24,4 | 52 976 | 75,6 |

Экзамен по физике выбирают преимущественно юноши, и лишь четверть от общего числа участников составляют девушки, выбравшие для продолжения образования вузы физико-технического профиля.

Практически не меняется год от года и распределение участников экзамена по типам населенных пунктов (см. таблицу 4.6). Почти половина выпускников, сдававших ЕГЭ по физике, живет в крупных городах и лишь 20% – это учащиеся, закончившие сельские школы.

**Таблица 4.6**

**Распределение участников экзамена по типам населенных пунктов, в которых расположены их образовательные учреждения**

| **Тип населенного пункта** | **Число экзаменуемых** | | | **Процент экзаменуемых** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ЕГЭ 2005** | **ЕГЭ 2006** | **ЕГЭ 2007** | **ЕГЭ 2005** | **ЕГЭ 2006** | **ЕГЭ 2007** |
| Населенный пункт сельского типа (село, деревня, хутор и пр.) | 13 767 | 18 107 | 14 281 | 20,0 | 20,0 | 20,4 |
| Населенный пункт городского типа (рабочий поселок, поселок городского типа и пр.) | 4 780 | 8 325 | 4 805 | 6,9 | 9,2 | 6,9 |
| Город с населением менее 50 тыс. человек | 7 427 | 10 810 | 7 965 | 10,8 | 12,0 | 11,4 |
| Город с населением 50-100 тыс. человек | 6 063 | 8 757 | 7 088 | 8,8 | 9,7 | 10,1 |
| Город с населением 100-450 тыс. человек | 16 195 | 17 673 | 14 630 | 23,5 | 19,5 | 20,9 |
| Город с населением 450-680 тыс. человек | 7 679 | 11799 | 7 210 | 11,1 | 13,1 | 10,3 |
| Город с населением более 680 тыс. человек | 13 005 | 14 283 | 13 807 | 18,9 | 15,8 | 19,7 |
| г. Санкт-Петербург | – | 72 | 7 | – | 0,1 | 0,01 |
| г. Москва | – | 224 | 259 | – | 0,2 | 0,3 |
| Нет данных | – | 339 | – | – | 0,4 | – |
| Всего | 68 916 | 90 389 | 70 052 | 100% | 100% | 100% |

[3] В 2006 г. в одном из регионов вступительные экзамены в вузы по физике проводились только в формате ЕГЭ. Это повлекло за собой столь существенный рост числа участников ЕГЭ.

Практически не меняется состав участников экзамена по типам образовательных учреждений (см. таблицу 4.7). Как и в прошлом году, подавляющее большинство тестируемых заканчивали общеобразовательные учреждения, и лишь около 2% выпускников пришли на экзамен из образовательных учреждений начального или среднего профессионального образования.

**Таблица 4.7**

**Распределение участников экзамена по типам образовательных учреждений**

| Тип образовательного учреждения | Число экзаменуемых | | Процент экзаменуемых | |
|---|---|---|---|---|
| | 2006 г. | 2007 г. | 2006 г. | 2007 г. |
| Общеобразовательные учреждения | 86 331 | 66 849 | 95,5 | 95,4 |
| Вечерние (сменные) общеобразовательные учреждения | 487 | 369 | 0,5 | 0,5 |
| Общеобразовательная школа-интернат, кадетская школа, школа-интернат с первоначальной лётной подготовкой | 1 144 | 1 369 | 1,3 | 2,0 |
| Образовательные учреждения начального и среднего профессионального образования | 1 469 | 1 333 | 1,7 | 1,9 |
| Нет данных | 958 | 132 | 1,0 | 0,2 |
| Итого: | 90 389 | 70 052 | 100% | 100% |

### 4.3. Основные результаты выполнения экзаменационной работы по физике

В целом результаты выполнения экзаменационной работы в 2007 г. оказались несколько выше результатов прошлого года, но примерно на том же уровне, что и показатели позапрошлого года. В таблице 4.8 приведены итоги ЕГЭ по физике в 2007 г. по пятибалльной шкале, а в таблице 4.9 и на рис. 4.1 – по тестовым баллам в 100-балльной шкале. Для наглядности сравнения результаты представлены в сравнении с предыдущими двумя годами.

**Таблица 4.8**

**Распределение участников экзамена по уровню подготовки (процент от общего числа)**

| Годы | Отметки по 5-ти балльной шкале | | | |
|---|---|---|---|---|
| | «2» | «3» | «4» | «5» |
| 2005 | 10,5% | 40,7% | 38,1% | 10,7% |
| 2006 | 16,0% | 41,4% | 31,1% | 11,5% |
| 2007 | 12,3% | 43,2% | 32,5% | 12,0% |

**Таблица 4.9**

**Распределение участников экзамена по полученным тестовым баллам в 2005-2007 гг.**

| Год экза-мена | Интервал шкалы тестовых баллов | | | | | | | | | | Число участ-ников |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 | |
| 2005 | 0,09% | 0,57% | 6,69% | 19,62% | 24,27% | 24,44% | 16,45% | 6,34% | 1,03% | 0,50% | 68 916 |
| 2006 | 0,10% | 0,19% | 6,91% | 23,65% | 23,28% | 19,98% | 15,74% | 7,21% | 2,26% | 0,68% | 90 389 |
| 2007 | 0,07% | 1,09% | 7,80% | 19,13% | 27,44% | 20,60% | 14,82% | 6,76% | 1,74% | 0,55% | 70 052 |

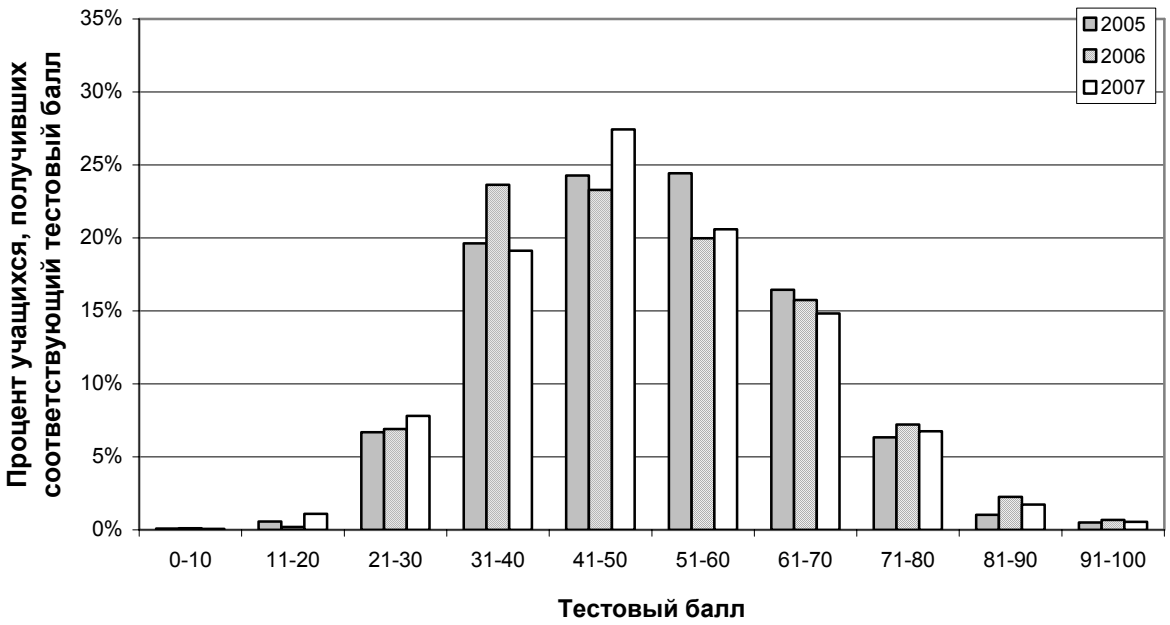



**Рис. 4.1 Распределение участников экзамена по полученным тестовым баллам**

В таблице 4.10 приведено сравнение шкалы в тестовых баллах в 100-балльной шкале с результатами выполнения заданий экзаменационного варианта в первичных баллах.

**Таблица 4.10**

**Сравнение интервалов первичных и тестовых баллов в 2007 году**

| Интервал шкалы тестовых баллов | 0-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Интервал шкалы первичных баллов | 0-3 | 4-6 | 7-10 | 11-15 | 16-22 | 23-29 | 30-37 | 38-44 | 45-48 | 49-52 |

Для получения 35 баллов (оценка 3, первичный балл – 13) тестируемому достаточно было правильно ответить на 13 самых простых вопросов первой части работы. Чтобы набрать 65 баллов (оценка 4, первичный балл – 34), выпускник должен был, например, верно ответить на 25 заданий с выбором ответа, решить три из четырех задач с кратким ответом, и еще справиться с двумя задачами высокого уровня сложности. Те, кто получил 85 баллов (оценка 5, первичный балл – 46), практически идеально выполняли первую и вторую части работы и решали не менее четырех задач третьей части.

Лучшим из лучших (интервал от 91 до 100 баллов) необходимо не только свободно ориентироваться во всех вопросах школьного курса физики, но и практически не допускать даже технических ошибок. Так, для получения 94 баллов (первичный балл – 49) можно было «не добрать» лишь 3 первичных балла, допустив, например, арифметические погрешности при решении одной из задач высокого уровня сложности и ошибиться в ответе на два любых вопроса с выбором ответа.

К сожалению, в этом году не наблюдалось роста числа выпускников, набравших по результатам ЕГЭ по физике максимально возможный балл. В таблице 4.11 приведено число 100-балльников за последние четыре года.

**Таблица 4.11**

**Количество тестируемых, набравших по результатам экзамена 100 баллов**

| Год | 2004 г. | 2005 г. | 2006 г. | 2007 г. |
|---|---|---|---|---|
| Число учащихся | 6 | 23 | 33 | 28 |

Лидеры этого года – 27 юношей и лишь одна девушка (Романова А.И. из Нововоронежской СОШ № 1). Как и в прошлом году, среди выпускников лицея № 153 г. Уфы – сразу два учащихся, набравших по 100 баллов. Таких же результатов (два 100-балльника) добилась и гимназия № 4 им. А.С. Пушкина в г. Йошкар-Ола.

### 4.4. Анализ выполнения экзаменационной работы по физике

Как было сказано выше, экзаменационная работа содержала задания по всем разделам школьного курса физики, в которых принято выделять отдельные темы (см. пункт 4.1). В таблице 4.12 представлены результаты выполнения заданий по основным темам в зависимости от уровня сложности заданий[4]. Каждый вариант включал вопросы по всем семнадцати темам.

**Таблица 4.12**

**Результаты выполнения заданий по основным темам в зависимости от уровня сложности заданий**

| № | Содержательная тема (раздел) | Базовый уровень | | Повышенный уровень | | Высокий уровень | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Средний % выполнения | Минимальный и максимальный % выполнения | Средний % выполнения | Минимальный и максимальный % выполнения | Средний % выполнения | Минимальный и максимальный % выполнения |
| *Механика* | | | | | | | |
| 1 | Кинематика | 70 | 38-92 | — | — | — | — |
| 2 | Динамика | 68 | 47-79 | 44 | 30-70 | 8 | 6-12 |
| 3 | Статика | 72 | 40-87 | — | — | — | — |
| 4 | Законы сохранения | 66 | 34-87 | 41 | 24-54 | 22 | 16-39 |
| 5 | Механические колебания и волны | 67 | 45-87 | 34 | 23-46 | 6 | 4-10 |
| *МКТ и термодинамика* | | | | | | | |
| 6 | Молекулярная физика | 58 | 36-74 | 47 | 27-58 | — | — |
| 7 | Термодинамика | 63 | 44-83 | 30 | 12-42 | 29 | 16-40 |
| *Электродинамика и элементы СТО* | | | | | | | |
| 8 | Электростатика | 59 | 26-79 | 21 | 8-35 | 9 | 3-15 |
| 9 | Постоянный ток | 64 | 50-84 | — | — | 21 | 8-42 |
| 10 | Магнитное поле | 50 | 27-75 | 50 | 28-66 | — | — |
| 11 | Электромагнитная индукция | 61 | 41-80 | 64 | 51-76 | — | — |
| 12 | Электромагнитные колебания и волны | 45 | 40-54 | 45 | 17-34 | — | — |
| 13 | Оптика | 61 | 35-81 | 35 | 4-69 | 6 | 1-15 |
| *Квантовая физика* | | | | | | | |
| 14 | СТО | 50 | 33-63 | — | — | — | — |
| 15 | Корпускулярно-волновой дуализм | 43 | 25-60 | 42 | 12-79 | 14 | 8-22 |
| 16 | Физика атома | 68 | 46-85 | — | — | 4 | 3-9 |
| 17 | Физика атомного ядра | 66 | 47-85 | — | — | — | — |
| | | | | | | | |
| 18 | Методы научного познания | 44 | 26-73 | — | — | — | — |

Задания высокого уровня сложности, представляющие собой задачи с развернутым ответом, отнесены либо к теме, соответствующей последнему (по номеру

[4] Для анализа были выбраны варианты, которые выполняли сравнимые между собой группы экзаменуемых.

в кодификаторе) из уравнений, необходимых для ее решения, либо к разделу по контексту содержания (например, если в задаче рассматривается распад ядра, но используются законы сохранения импульса и энергии, то задачу относят к ядерной физике).

Так как отдельной линией заданий (А30) в вариантах этого года проверялись умения методологического характера, то результаты их выполнения представлены в таблице отдельной строкой.

При выполнении заданий на базовом уровне наиболее трудными оказались элементы тем «Методы научного познания», «Корпускулярно-волновой дуализм» и «Электромагнитные колебания и волны». На повышенном уровне осуществлялся контроль лишь 11 содержательных тем, и наиболее проблемными оказались вопросы по оптике, электростатике и термодинамике. Ниже приведен более подробный анализ каждой из серий заданий по этим темам в зависимости от формы представления заданий и уровня их сложности.

### 4.4.1. Анализ выполнения заданий с выбором ответа (часть 1)

***Механика***

На долю механики приходится почти треть заданий с выбором ответа. При этом во всех вариантах проверяются элементы содержания, относящиеся к темам «Кинематика», «Динамика», «Законы сохранения в механике», «Элементы статики», «Колебания и волны». Большинство заданий даже базового уровня по механике требуют проведения хотя бы элементарных расчетов. Кроме того, среди заданий повышенного уровня по механике, как правило, встречается одна или две расчетные задачи.

На уровне 65% выполнения и выше усвоены элементы знаний, проверяемые следующими заданиями базового уровня:

- определение скорости по графику зависимости пути от времени для равномерного движения;
- определение ускорения по графику зависимости скорости от времени;
- зависимость центростремительного ускорения от радиуса и линейной скорости;
- расчет скорости, пути и времени движения при свободном падении;
- понимание третьего закона Ньютона (равенство сил и их направление);
- применение формулы для силы трения;
- применение формулы для силы упругости;
- условие равновесия рычага;
- гидростатическое давление жидкости;
- закон всемирного тяготения;
- применение формулы для кинетической энергии;
- закон сохранения импульса (определение направления результирующего импульса при неупругом ударе);
- зависимость длины волны от частоты колебаний и скорости.

Ниже приведен пример типичного задания базового уровня, с которым справляются 86% тестируемых.

***Пример 1.***

*Тело упало с некоторой высоты с нулевой начальной скоростью и при ударе о землю имело скорость 40 м/с. Чему равно время падения? Сопротивлением воздуха пренебречь.*

*1) 0,25 с* *2) 4 с* *3) 40 с* *4) 400 с*

*Ответ: 2*

Следует отметить, что, по сравнению с прошлым годом, улучшились результаты для заданий, проверяющих элементы содержания основной школы (равновесие рычага, гидростатическое давление). Среди заданий базового уровня затруднения вызвали вопросы, проверяющие следующие элементы:

1) Центростремительное ускорение – 52% выполнения, причем основная ошибка была связана не с незнанием формулы, а с вычислениями квадрата скорости.
2) Расчет механической работы – 62%. Здесь использовались условия, когда совершающая работу сила была направлена под углом к перемещению, подсчет косинуса угла внес наибольшее количество ошибок.
3) Потенциальная энергия деформированной пружины – 48%.

***Пример 2.***

*Первоначальное удлинение пружины равно Δl. Как изменится потенциальная энергия пружины, если ее удлинение станет вдвое больше?*

*1) увеличится в 2 раза (35%)*
*2) увеличится в 4 раза (51%)*
*3) уменьшится в 2 раза (14%)*
*4) уменьшится в 4 раза (5%)*

*Ответ: 2*

Распределение процента выполнения по дистракторам показывает, что учащиеся либо ошибаются с возведением в квадрат, либо путают формулу для потенциальной энергии деформированной пружины с формулой для силы упругости.

4) Зависимость периода колебаний математического маятника от длины нити и независимость от массы груза – 56%.

***Пример 3.***

*Если и длину математического маятника, и массу его груза увеличить в 4 раза, то период свободных гармонических колебаний маятника*

*1) увеличится в 2 раза*
*2) увеличится в 4 раза*
*3) уменьшится в 4 раза*
*4) уменьшится в 2 раза*

*Ответ: 1*

5) Механические волны (график, разность фаз) – 59%. Здесь необходимо было определить разность фаз между различными точками на рисунке профиля бегущей волны. Учащиеся хорошо справлялись с точками, для которых разность фаз составляла $\pi$ или $2\pi$, но ошибались в случае сдвига на $\pi/2$ или $3\pi/2$.

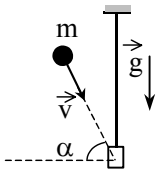
В качестве заданий повышенного уровня использовались задачи на движение связанных тел и задачи на применение законов сохранения энергии и импульса. В первом случае для задач на движение двух грузов, связанных нитью, перекинутой через неподвижный невесомый блок, средний процент выполнения составил 46%, а для задач, где одно из этих тел двигалось по горизонтальному столу (без трения), результаты оказались несколько ниже – 41%. Во втором случае было представлено три серии задач:

- Применение закона сохранения импульса к неупругому удару (вылет снаряда из ствола пушки, закрепленного под углом к горизонту) – 49% выполнения.

- Применение закона сохранения энергии и формулы для работы силы трения (автомобиль спускается с горы и тормозит под действием силы трения) – 47%.
- Применение закона сохранения импульса и формулы для кинетической энергии, которая вызвала наибольшие затруднения, средний процент выполнения этой серии задач составил лишь 27%. Одна из этих задач приведена в примере 4.

***Пример 4.***

*Доска массой 0,5 кг шарнирно подвешена к потолку на легком стержне. На доску со скоростью 10 м/с налетает пластилиновый шарик массой 0,2 кг и прилипает к ней (см. рисунок). Скорость шарика перед ударом направлена под углом 60° к нормали к доске. Кинетическая энергия системы тел после соударения равна*




*1) 0,7 Дж 2) 1,0 Дж 3) 2,9 Дж 4) 10,0 Дж*

*Ответ: 1*

### *МКТ и термодинамика*

По данному разделу в каждый вариант было включено пять заданий с выбором ответа, из которых 4 – базового уровня и 1 – повышенного. По результатам экзамена усвоенными оказались следующие элементы содержания:

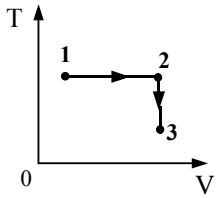
- применение уравнения Менделеева–Клапейрона;
- зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры;
- количество теплоты при нагревании и охлаждении (расчет);
- особенности теплопередачи;
- относительная влажность воздуха (расчет);
- работа в термодинамике (график);
- применение уравнения состояния газа.

Среди заданий базового уровня затруднения вызвали следующие вопросы:

1) Изменение внутренней энергии в различных изопроцессах (например, при изохорном увеличении давления) – 50% выполнения.
2) Графики изопроцессов – 56%.

***Пример 5.***

*Постоянная масса идеального газа участвует в процессе, показанном на рисунке. Наибольшее давление газа в процессе достигается*




*1) в точке 1*
*2) на всем отрезке 1–2*
*3) в точке 3*
*4) на всем отрезке 2–3*

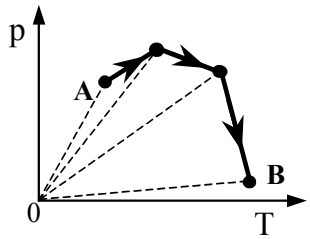
*Ответ: 1*

3) Определение влажности воздуха – 50%. Эти задания содержали фотографию психрометра, по которой необходимо было снять показания сухого и влажного термометров, а затем определить влажность воздуха, воспользовавшись частью психрометрической таблицы, приведенной в задании.
4) Применение первого закона термодинамики. Эти задания оказались наиболее сложными среди заданий базового уровня по данному разделу – 45%. Здесь необходимо было воспользоваться графиком, определить вид изопроцесса (использовались либо изотермы, либо изохоры) и в соответствии с этим определить один из параметров по заданному другому.

Среди заданий повышенного уровня были представлены расчетные задачи на применение уравнения состояния газа, с которыми справилось в среднем 54% учащихся, а также использовавшиеся ранее задания на определение изменения параметров идеального газа в произвольном процессе. С ними успешно справляется лишь группа сильных выпускников, а средний процент выполнения составил 45%. Одно из таких заданий приведено ниже.

***Пример 6***

*В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. Процесс изменения состояния газа показан на диаграмме (см. рисунок). Как менялся объем газа при его переходе из состояния А в состояние В?*




*1) все время увеличивался*
*2) все время уменьшался*
*3) сначала увеличивался, затем уменьшался*
*4) сначала уменьшался, затем увеличивался*

*Ответ: 1*

***Электродинамика***

По разделу «Электродинамика» каждый вариант содержал 9 заданий с выбором ответа (7 из них на базовом уровне и 2 на повышенном), при этом в разных сериях вариантов проверялись различные элементы содержания, охватывающие все шесть тем раздела «Электродинамика».

На базовом уровне продемонстрировано усвоение следующих элементов:

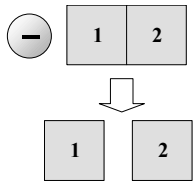
- взаимодействие зарядов;
- принцип суперпозиции для кулоновских сил (определение направления);
- зависимость электроемкости конденсатора от площади пластин и расстояния между ними;
- применение закона Ома для участка цепи и формулы для удельного сопротивления;
- мощность электрического тока (график силы тока от напряжения);
- сравнение мощности, выделяющейся на резисторах при их последовательном и параллельном соединении;
- применение закона Джоуля-Ленца;
- магнитный поток;
- построение изображения в линзе;
- закон отражения света.

Сложности вызвали перечисленные ниже задания базового уровня:

1) Диэлектрики в электрическом поле, средний процент выполнения – 44%.

***Пример 7.***

*Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле отрицательно заряженного шара, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали заряженный шар (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?*




*1) заряды первого и второго кубиков положительны*
*2) заряды первого и второго кубиков отрицательны*
*3) заряд первого кубика положителен, заряд второго – отрицателен*
*4) заряды первого и второго кубиков равны нулю*

*Ответ: 4*

Здесь почти 30% учащихся выбирают третий дистрактор, не понимая, что речь в задании идет о диэлектриках, а не о проводниках.

2) Применение принципа суперпозиции для напряженности электростатического поля (определение направления результирующей напряженности и качественное сравнение величины напряженности в разных точках) – 40%.
3) Применение закона Ома для участка цепи и смешанное соединение проводников (схема) – 39%. Крайне низкий результат для типичного вопроса, в котором предлагалась схема из пяти одинаковых резисторов, соединенных в две параллельные ветви по два и три резистора соответственно. Необходимо было определить силу тока или напряжение на каком- либо из резисторов.
4) Определение направления силы Ампера – 54%.
5) Энергия магнитного поля катушки с током – 55%.
6) Характеристики электромагнитных волн различных диапазонов – 47% и свойства электромагнитных волн – 52%. Эти качественные вопросы оказались самыми сложными из заданий базового уровня по электродинамике. Ниже приведен пример одного из этих заданий.

***Пример 8.***

*Среди приведенных примеров электромагнитных волн максимальной длиной волны обладает*

*1) инфракрасное излучение Солнца*
*2) ультрафиолетовое излучение Солнца*
*3) излучение γ-радиоактивного препарата*
*4) излучение антенны радиопередатчика*

*Ответ: 4*

Среди заданий повышенного уровня по электродинамике лишь для двух элементов содержания средний процент выполнения превышал 65%:

- явление электромагнитной индукции (условия возникновения ЭДС индукции);
- применение закона Ома для полной цепи.

Уровень выполнения остальных заданий оказался ниже 50%:

1) Применение формулы Томсона – 45%.
2) Определение направления силы Лоренца – 44%.

Зависимость показателя преломления среды от скорости света – 48%. В этих задачах процент выполнения существенно различался в зависимости от того, какую из величин необходимо было найти: для определения скорости света в веществе – порядка 60%, а для определения абсолютного показателя преломления – 45%. Ниже приведен пример одного из таких заданий.

***Пример 9.***

*Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло – воздух равен 8/13. Абсолютный показатель преломления стекла приблизительно равен*

*1) 1,63 (48%)  2) 1,5 (7%)  3) 1,25 (7%)  4) 0,62 (37%)*

*Ответ: 1*

Указанные в скобках проценты выбора дистракторов демонстрируют, что далекое от реального значение для показателя преломления 0,62 пользовалось довольно большой популярностью. Следовательно, учащиеся применяют знакомую формулу, не

задумываясь о соответствии действительности полученного ответа. То же самое можно сказать и о задачах на определение скорости света, в которых значительное число школьников выбирало значения, большие скорости света в вакууме.

### *Квантовая физика*

По разделу «Квантовая физика» в первую часть работы было включено пять заданий, из которых четыре базового уровня и одно – повышенного. Усвоены на базовом уровне следующие элементы содержания:

- линейчатые спектры;
- уравнения ядерных реакций, α- и β-распады;
- постулаты Бора;
- период полураспада;
- закон радиоактивного распада (определение периода полураспада по графику).

Затруднения вызвали задания на определение энергии и импульса фотона – 50% и на применение закона радиоактивного распада – 58%. В заданиях второго типа учащиеся зачастую путали количество распавшихся и оставшихся нераспавшимися ядер.

На повышенном уровне проверялись явление фотоэффекта и применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта. В последнем случае с расчетными задачами справлялось примерно 52% выпускников. Серия же заданий (см. пример 10) оказалась крайне сложной. В некоторых из них неверный дистрактор выбирался чаще, чем верный ответ.

***Пример 10.***

*В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода $3{,}4\cdot10^{-19}$ Дж и стали освещать ее светом частоты $3\cdot10^{14}$ Гц. Затем частоту увеличили в 2 раза, оставив неизменным число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,*

1) *не изменилось*
2) *стало не равным нулю*
3) *увеличилось в 2 раза (43%)*
4) *увеличилось менее чем в 2 раза*

*Ответ: 2*

При выборе третьего дистрактора выпускники, очевидно, не обращали внимания на то, что в условии приведено значение работы выхода и первоначальной частоты фотонов, энергия которых меньше работы выхода.

***

Задания А30 в вариантах 2007 г. были посвящены проверке методологических умений. При этом использовались серии заданий на проверку умений:

А) строить график по экспериментальным точкам и рассчитывать заданный коэффициент;

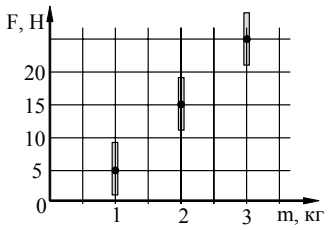
Б) делать выводы по результатам эксперимента.

В случае (А) предлагались рисунки с координатными осями, на которые были нанесены экспериментальные точки с обозначением погрешностей измерений. Необходимо было провести прямую и определить примерное значение коэффициента жесткости пружины, сопротивление резистора, ускорение и т.п. В тех случаях, когда

график проходил через начало координат, результаты выполнения составляли в среднем 50%. Ниже приведен пример задания, которое выполнили 52% выпускников.

***Пример 11.***

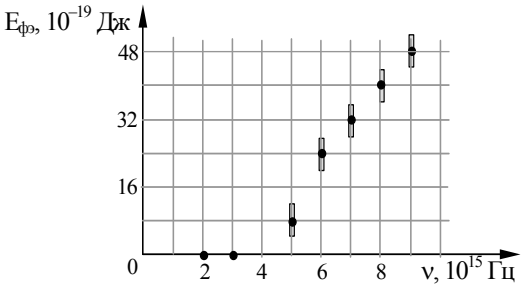
*Космонавты исследовали зависимость силы тяжести от массы тела на посещенной ими планете. Погрешность измерения силы тяжести равна 4 Н, а массы тела – 50 г. Результаты измерений с учетом их погрешности представлены на рисунке. Согласно этим измерениям, ускорение свободного падения на планете приблизительно равно*




*1) 10 м/с$^2$* *2) 7 м/с$^2$* *3) 5 м/с$^2$* *4) 2,5 м/с$^2$*

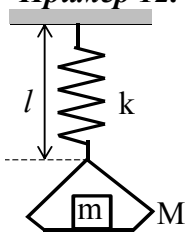
*Ответ: 2*

Однако в том случае, когда предлагалось построить график, не проходящий через начало координат, результаты выполнения задания резко снижались. Так, например, с определением постоянной Планка по графику зависимости энергии фотоэлектронов от частоты падающих фотонов (см. рисунок справа) справилось лишь 36% тестируемых.



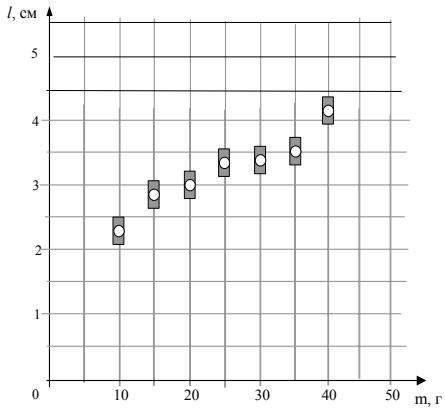

Наибольшие затруднения вызвали задания, в которых был представлен график зависимости длины пружины от массы груза, а не привычного удлинения от массы. Одно из этих заданий приведено в примере 12. Здесь найти удлинение и подсчитать жесткость смогли лишь 18% выпускников. При этом в целом с этой серией задач (средний процент выполнения по серии 35%) справились только 46% отличников, а результаты учащихся, получивших «4» и «3», практически неотличимы друг от друга: 37% и 35% соответственно.

***Пример 12.***




*На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы грузов, лежащих в чашке пружинных весов (см. рисунок).*

*С учетом погрешностей измерений ($\Delta m = \pm 1$ г, $\Delta l = \pm 0{,}2$ см) жесткость пружины k приблизительно равна*




*1) 7 Н/м* *2) 10 Н/м* *3) 20 Н/м* *4) 30 Н/м*

*Ответ: 3*

В случае (Б) в задании предлагалась таблица с результатами какого-либо эксперимента, и необходимо было выбрать тот вывод, который мог следовать из приведенных экспериментальных данных. Одно из таких заданий, с которым успешно справилось 65% тестируемых, приведено ниже.

***Пример 13.***
*Исследовалась зависимость растяжения жгута от приложенной силы. В таблице приведены результаты соответствующих измерений.*

| *F, Н* | *0* | *2* | *4* | *6* | *8* | *10* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Δl, см* | *0* | *0,4* | *0,8* | *1,3* | *1,5* | *2,1* |

*Погрешности измерений силы и длины жгута равны соответственно 0,5 Н и 1 мм. На основании этих результатов можно сделать вывод:*

1) *жесткость жгута равна 200 Н/м*
2) *закон Гука выполняется только при силах растяжения, меньших 4Н*
3) *жесткость жгута сначала уменьшается, а при больших значениях Δl она увеличивается*
4) *с учетом погрешностей измерений закон Гука выполняется при всех значениях силы*

*Ответ: 4*

При выполнении таких заданий необходимо было либо построить график, либо представить себе с учетом погрешностей, ложатся ли экспериментальные данные на прямую. Такого рода задания оказались вполне по силам отличникам (80% выполнения) и "хорошистам" (65%). В целом же с ними справлялось чуть больше половины учащихся (56%).

Задания А30 относились к базовому уровню сложности, но результаты их выполнения, к сожалению, оказались существенно ниже ожидаемого. Очевидно, сказывается недостаток такого рода заданий в традиционных задачниках и дидактических материалах. Кроме того, проверяемые в этих заданиях умения формируются в основном при выполнении лабораторных работ, объем которых в связи с уменьшением количества учебных часов на преподавание физики в последнее время постепенно снижается.

Следует отметить, что этот вид деятельности проверялся в вариантах ЕГЭ впервые, и это также повлияло на уровень их выполнения. В дальнейшем объем этих заданий в КИМах будет постепенно расти, поэтому необходимо шире включать в практику преподавания предмета различные формы работы, формирующие как теоретические знания о методах познания, так и различные экспериментальные умения.

### 4.4.2. Анализ выполнения заданий с кратким ответом (часть 2)

Во второй части экзаменационной работы содержались расчетные задачи с кратким ответом по механике, МКТ и термодинамике, электродинамике. В этом году задания по квантовой физике в эту часть работы не включались.

Уровень сложности заданий с кратким ответом в вариантах 2007 г. был в целом несколько ниже, чем в предыдущие годы. Очевидно, это повысило привлекательность второй части работы и увеличило долю учащихся, приступающих к выполнению хотя бы одного из заданий В1-В4. В зависимости от тематики задач приводили ответы к ним от 58 до 95% тестируемых. Причем «привлекательность» определялась не столько тематикой заданий или сложностью математических расчетов, сколько «стандартностью» формулировки. Успеха в записи правильного ответа удавалось добиться отнюдь не всем: разброс участников экзамена, получивших 0 баллов за выполнение тех или иных заданий с кратким ответом, колеблется от 23 до 65%. (Здесь стоит заметить, что в качестве правильных засчитывались и ответы, полученные, например, путем неверного округления или использования отличных от приведенных в таблице варианта физических постоянных).

В таблице 4.13 представлена тематика всех использовавшихся задач и результаты их выполнения.

**Таблица 4.13**

**Результаты выполнения заданий с кратким ответом**

| Обозначение в работе | Тематическая принадлежность | Средний % выполнения |
|---|---|---|
| B1 | Кинетическая и потенциальная энергия, превращение энергии при совершении работы.<br>Движение тела под действием силы упругости.<br>Превращение энергии при гармонических колебаниях груза на пружине. | 34<br>33<br>35 |
| B2 | Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.<br>Применение уравнения теплового баланса (нагревание и плавление).<br>Применение уравнения Менделеева-Клапейрона. | 27<br>24<br>40 |
| B3 | Равномерное движение заряженной капли в конденсаторе.<br>Изменение кинетической энергии заряженной частицы при движении в электростатическом поле.<br>Действие силы Ампера на проводник в магнитном поле. | 23<br>24<br>53 |
| B4 | Связь абсолютного показателя преломления среды с длиной волны.<br>Применение формулы собирающей линзы.<br>Применение формулы дифракционной решетки. | 27<br>51<br>9 |

Самыми простыми во второй части работы оказались задачи по темам «Магнитное поле», «Геометрическая оптика» и «МКТ». Однако более высокие, по сравнению с другими темами, результаты вызваны не столько более качественным усвоением данных тем, сколько меньшим объемом математических преобразований в этих задачах. Ниже приведен типичный пример задания, с которым справляется половина тестируемых (при этом ее правильно решают 95% «отличников» и 80% выпускников, получивших отметку 4).

***Пример 14.***

*Прямолинейный проводник длиной $l = 0{,}1$ м, по которому течет ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}4$ Тл и расположен под углом 90° к вектору $\vec{B}$. Какова сила тока, если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна 0,2 Н?*

*Ответ: 5*

Ниже ожидаемого оказались результаты решения задач по механике. Хотя задачи такого типа являются стандартными и встречаются в каждом школьном задачнике, но довести решение до правильного численного ответа удается, в среднем, всего лишь трети участников ЕГЭ. Так, например, задание, приведенное в примере 15, выполнили 29% испытуемых.

***Пример 15.***

*Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.*

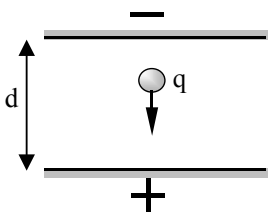
*Ответ: 60*

Здесь правильный ответ 60 Н получается при использовании одной формулы: изменение потенциальной энергии равно работе силы трения. При этом расчеты предельно подобраны таким образом, чтобы ответ получался целочисленным.

Неожиданно большим оказался разброс результатов по задаче на равномерное движение заряженной капли в конденсаторе. Здесь во всей серии вариантов использовалась одна и та же ситуация, но требовалось рассчитать различные параметры (напряжение на пластинах, расстояние между пластинами конденсатора, массу капли и т.д.). Самой сложной оказалась следующая задача.

***Пример 16.***

*Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 1$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг. При каком значении заряда q капли ее скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь. Ответ выразите в пикокулонах ($10^{-12}$ Кл).*




*Ответ: 0,8*

Здесь верный ответ 0,8 пкКл выбрало всего 13% тестируемых.

Результаты выполнения заданий с кратким ответом резко снижаются при использовании в тексте формулировки, немного отличной от текстов стандартных задачников. Так, например, в одной из задач на движение частицы в электростатическом поле требовалось определить потенциал точки поля, в которой скорость протона возрастет в два раза (при этом начальная скорость и потенциал начальной точки были указаны). То есть необходимо было помнить, что протон будет ускоряться при уменьшении потенциала. Приступило к ее решению почти 72% экзаменуемых, но дать полностью правильный ответ смогли лишь 11%.

Крайне низкие результаты показали задания на применение формулы для дифракционной решетки. Ниже приведен пример такой задачи.

***Пример 17.***

*Плоская монохроматическая световая волна падает по нормали на дифракционную решетку с периодом 5 мкм. Параллельно решетке позади нее размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 20 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между ее главными максимумами 1-го и 2-го порядков равно 18 мм. Найдите длину падающей волны. Ответ выразите в нанометрах (нм), округлив до целых. Считать для малых углов ($\varphi << 1$ в радианах). $tg\varphi \approx sin\varphi \approx \varphi$.*

*Ответ: 450*

Следует отметить, что в среднем 42% тестируемых вообще не приступало к ее выполнению. (При этом по другим задачам второй части работы этот показатель обычно составляет порядка 20%). Очевидно, выпускников испугала помещенная за дифракционной решеткой линза, которая не влияет на ход решения задачи, а нужна лишь для получения изображения на экране.

### 4.4.3. Анализ выполнения заданий с развернутым ответом (часть 3)

В качестве заданий с развернутым ответом традиционно использовались расчетные задачи по четырем разделам школьного курса физики. Все задачи высокого уровня сложности и отвечают уровню вступительных экзаменов в вузы.

К выполнению заданий с развернутым ответом приступало в среднем 63% от общего числа тестируемых. В отличие от первой части работы, которую выполняют все тестируемые, задачи высокого уровня сложности решают, в основном, учащиеся,

получившие на ЕГЭ отличные и хорошие отметки. Поэтому здесь гораздо меньше заметно влияние трудностей в математике как на выбор задач для решения, так и на результаты их выполнения. Преимущество отдается задачам с типовыми формулировками, которые хотя и требуют довольно трудоемкого решения системы уравнений, но не вызывают сложностей с точки зрения ясности физической ситуации. Наибольшее предпочтение имеют задачи по механике на законы сохранения энергии и импульса (приступает к решению 63%), на применение первого закона термодинамики к изопроцессам (берутся за выполнение 46%), а также на применение законов постоянного тока (пытаются выполнить 45%). Задачи же с новой ситуацией оказываются существенно менее привлекательными. Например, задачи на дифракцию электронов на кристалле рискнули начать делать всего 16% тестируемых.

В таблице 4.14 приведена тематика всех заданий с развернутым ответом и средний процент выполнения каждой из серий заданий.

**Таблица 4.14**

**Результаты выполнения заданий с развернутым ответом**

| Обозначение в работе | Тематическая принадлежность | Средний % выполнения[5] |
|---|---|---|
| С1 | Применение законов сохранения импульса и энергии при неупругом ударе, работа силы трения. | 32 |
| | Применение закона сохранения импульса, превращение энергии, движение тела, брошенного горизонтально. | 18 |
| | Движение тел под углом к горизонту (тело скользит под углом к горизонту по наклонной плоскости). | 10 |
| С2 | Применение уравнения Менделеева-Клапейрона и первого закона термодинамики. | 37 |
| | Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. | 33 |
| | Использование газовых законов, определение работы и количества теплоты (график процесса). | 25 |
| С3 | Задача по фотографиям реального эксперимента (движение каретки под действием электродвигателя). | 23 |
| | Конденсатор в цепи постоянного тока, применение закона Ома для полной цепи и участка цепи. | 23 |
| | Колебания заряженного шарика на нити в электростатическом поле. | 14 |
| С4 | Преломление и полное внутреннее отражение света. | 7 |
| | Интерференция света в тонком клине. | 4 |
| | Построение изображения в тонкой линзе (равносторонний треугольник с одной из вершин в двойном фокусе), использование формулы тонкой линзы. | 11 |
| С5 | Нагревание воды электромагнитным излучением. | 20 |
| | Дифракция электронов на кристалле (применение формулы дифракционной решетки). | 8 |
| | Применение закона сохранения энергии при взаимодействии электрона с атомом. | 6 |
| С6 | Движение фотоэлектронов в магнитном и электрическом поле (применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, формул для силы Лоренца и кулоновской силы). | 15 |
| | Движение заряженной частицы по окружности, действие кулоновской силы. | 10 |
| | Колебание груза на пружине, соединенной нитью через неподвижный блок с бруском, скользящим по столу. | 7 |

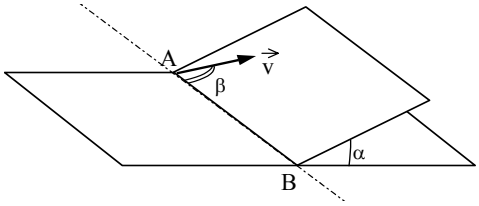
[5] Средний процент выполнения показывает долю тестируемых, набравших за решение 2 и 3 балла.

Хотя средняя сложность третьей части работы для различных серий вариантов примерно одинакова, по каждой из тем уровень сложности линий задач в разных сериях варьировался.

Наиболее высокие результаты были показаны при решении задач по МКТ и термодинамике, а также по механике. Хотя здесь использовалась одна серия из задач (формулировка задачи приведена ниже в примере 18), которая была существенно сложнее остальных, причем не столько в силу реальной трудности, сколько в силу нетрадиционности формулировки.

***Пример 18.***

*Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB. Угол между плоскостями $\alpha = 30°$. Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью $v_0 = 2$ м/с под углом $\beta = 60°$ к прямой AB. В ходе движения шайба съезжает на прямую AB в точке B. Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние AB.*



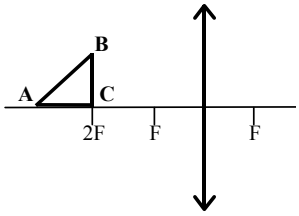

Образец решения этой задачи, приведенный в материалах для экспертов, был выполнен исходя из уравнений кинематики, многие же выпускники использовали для решения задачи закон сохранения энергии. К сожалению, при выполнении этих задач очень распространенными были ошибки в геометрических преобразованиях и записи проекций векторов на выбранные оси, что существенно повлияло на общие результаты выполнения.

Среди заданий по электростатике и постоянному току затруднения вызвала задача на колебания заряженного шарика над заряженной плоскостью. При этом к ее выполнению приступало в среднем 32% тестируемых, но 17% получили по результатам проверки 0 баллов (т.е. не смогли понять, каким образом заряженная плоскость влияет на колебание данного маятника), 9% смогли записать уравнение для периода колебаний маятника и силу, действующую на заряд в электростатическом поле, за что и получили по 1 баллу, и лишь 6%, набравших 2 и 3 балла, смогли с разной степенью успешности довести эти преобразования до ответа.

Как и в предыдущие годы, наименее привлекательными для выпускников оказались задачи по оптике. Причем среди задач С4 две относились к известным сюжетам (интерференция и изображение в линзе), а одна была сформулирована таким образом, что требовалось сначала самостоятельно выделить явление полного внутреннего отражения. При этом все три типа заданий имели примерно одинаковый объем и сложность математических преобразований. Таким образом, невысокие результаты выполнения были вполне запланированы для задачи на полное внутреннее отражение, но оказались гораздо ниже для задачи по геометрической оптике, пример которой приведен ниже.

***Пример 19.***

*Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 см$^2$ расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы 50 см. Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.*



Эту серию задач выбирало для решения чуть более половины учащихся, что говорит о ее достаточно большой привлекательности. Однако 27% в результате получили 0 баллов, т.е. не сумели справиться с построением треугольника в линзе. Поскольку с построением изображений для отрезков типа СВ успешно справляется порядка 75% тестируемых (это видно из результатов подобных заданий с выбором ответа), то «камнем преткновения» оказалось построение изображения вершины А. Можно предположить, что сокращение часов на изучение физики в школе не дает возможности даже при подготовке к ЕГЭ показать приемы построения в линзе изображения точек, лежащих на оптической оси, при помощи побочной оптической оси. Как правило, после верного построения изображения треугольника применение формулы линзы и нахождение площади треугольника – изображения не вызывало существенных трудностей. Но довести решение до «идеала» удалось лишь 8% тестируемых.

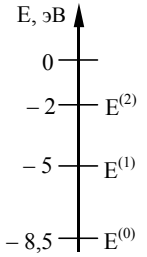
Второй год подряд в варианты включаются задачи на интерференцию в тонком клине. Так, в 2006 году использовалась задача на интерференцию света в мыльной пленке, имеющей форму клина, с которой справилось лишь 3% тестируемых. В этом году присутствовала аналогичная задача на интерференцию в клине из стеклянных пластинок, с которой справилось 4% выпускников. Надо сказать, что повторяемость сюжета не слишком сильно сказалась на популярности задачи. Если в прошлом году ее выбирало порядка 15%, то в этом – около 18%, но примерно с теми же результатами. Поскольку для решения задачи необходимо знать лишь условие для наблюдения максимума (или минимума) интерференции и соотношения для прямоугольного треугольника, то столь низкий результат вызван не математическими трудностями, а отсутствием у учащихся опыта по решению задач подобного типа.

Следует отметить, что описанные выше задачи (на построение изображения в линзе, колебания заряженного маятника в электростатическом поле и интерференцию света в клине) являются «типовыми» для профильного изучения физики с соответствующим количеством часов, поскольку только в этом случае есть достаточное количество учебного времени на отработку такого типа задач. Те учащиеся, которые изучали курс физики на базовом уровне, оказываются в ситуации практически полной новизны, так как им, конечно, известны основные законы, которые должны быть применены в этих задачах, но абсолютно новыми являются, например, построение в линзе изображений предметов, лежащих на оптической оси, или характер интерференции в клине.

Среди заданий по квантовой физике наиболее сложными оказались задачи на применение законов сохранения энергии при взаимодействии атома с электроном. Одна из таких задач приведена ниже.

***Пример 20.***

*Предположим, что схема энергетических уровней атомов некоего вещества имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, отскочил, приобретя некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения с покоящимся атомом оказался равным $1{,}2\cdot10^{-24}$ кг·м/с. Определите кинетическую энергию электрона до столкновения. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.*

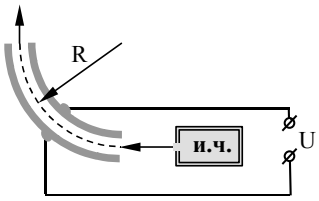



К решению этой задачи приступило лишь 26%, из которых 9% смогли записать отдельные элементы решения (изменение кинетической энергии электрона и переход

атома на другой энергетический уровень или взаимосвязь импульса с кинетической энергией) и лишь 3% выпускников сумели привести полное правильное решение этой задачи.

Некоторые из перечисленных в таблице серий задач относились к заданиям, в которых необходимо было самостоятельно предложить физическую модель, поскольку в тексте в явном виде ее описание отсутствовало. Это, например, задачи на колебание груза на пружине, соединенной посредством неподвижного блока с бруском, скользящим по столу; на дифракцию электронов на кристалле и на движение заряженной частицы по окружности под действием кулоновской силы. Во всех случаях объективная сложность новизны ситуации существенно влияет на результаты выполнения, которые для этих задач колеблются в пределах 4-7%. Ниже приведен пример одной из таких задач.

***Пример 21.***




*На рисунке показана схема устройства для предварительного отбора заряженных частиц для последующего детального исследования. Устройство представляет собой конденсатор, пластины которого изогнуты дугой радиуса $R \approx 50$ см. Предположим, что в промежуток между обкладками конденсатора из источника заряженных частиц (и.ч.) влетают ионы с зарядом – e, как показано на рисунке. Напряженность электрического поля в конденсаторе по модулю равна 50 кВ/м. Скорость ионов $2 \cdot 10^5$ м/с. Ионы с каким значением массы пролетят сквозь конденсатор, не коснувшись его пластин? Считать, что расстояние между обкладками конденсатора мало, напряженность электрического поля в конденсаторе всюду одинакова по модулю, а вне конденсатора электрическое поле отсутствует. Влиянием силы тяжести пренебречь.*

Эти задачи решаются практически «в одну формулу», нужно лишь понять, что центростремительное ускорение создается кулоновской силой. Как правило, задачи с неявно заданной физической моделью выбирает наименьшее число тестируемых, и для этого типа заданий характерно отличное от типовых задач распределение среднего процента по первичным баллам. Например, для стандартной задачи по механике на применение закона сохранения энергии и импульса распределение таково: 0 баллов – 19%, 1 балл – 16%, 2 балла – 7%, 3 балла – 9%. Понятно, что более половины тестируемых «узнали» условие задачи, а из тех, кто еще и умел применять законы сохранения к неупругому удару, часть сделали ошибки в записи основных уравнений, а часть не справилась с математическими трудностями. Для задачи же с нестандартной формулировкой условия распределение по баллам выглядит несколько иначе. Например, для задачи, которая приведена в примере 4.21, 0 баллов набрали 6%, 1 балл – 3%, 2 балла – 2% и 3 балла – 13%. То есть немногие рискнули начать решать задачу, но те, кто разобрался в описанных процессах, практически «без потерь» сумели довести решение до успешного конца.

### 4.4.4. Динамика выполнения заданий ЕГЭ в 2002-2007 гг. по отдельным видам деятельности

В контрольных измерительных материалах по физике 2007 г. использовалось до 40% заданий прошлых лет. Сравнение результатов выполнения этих групп заданий в ЕГЭ разных лет позволяет выявить динамику усвоения отдельных видов деятельности и элементов содержания.

1. Около 20% заданий базового уровня направлены на проверку узнавания различных законов и формул, а также применения их для анализа несложных процессов на качественном уровне. Ниже приведено два примера таких заданий.

***Пример 22*** *(количество теплоты, базовый уровень).* 2002 г. – 68%, 2003 г. – 70%, 2006 г. – 80%, 2007 г. – 83%.

*При нагревании твердого тела массой m его температура повысилась на ΔT. Какое из приведенных ниже выражений определяет количество переданной телу теплоты Q, если удельная теплоемкость вещества этого тела c?*

*1)* $c \cdot m \cdot \Delta T$ *2)* $\frac{m \cdot \Delta T}{c}$ *3)* $\frac{c \cdot m}{\Delta T}$ *4)* $\frac{c \cdot \Delta T}{m}$

*Ответ: 1*

***Пример 23*** *(центростремительное ускорение, базовый уровень).* 2004 г. – 54%, 2007 г. – 68%.

*Шарик движется по окружности радиусом r со скоростью v. Как изменится центростремительное ускорение шарика, если радиус окружности уменьшить в 3 раза, оставив скорость шарика прежней?*

*1) уменьшится в 9 раз*
*2) уменьшится в 3 раза*
*3) увеличится в 9 раз*
*4) увеличится в 3 раза*

*Ответ: 4*

По таким заданиям наблюдается положительная динамика качества выполнения, что говорит о том, что основной «перечень формул» курса физики на репродуктивном уровне усваивается достаточно хорошо. Единственным исключением стала в этом году формула для зависимости плоского конденсатора от площади пластин и расстояния между обкладками: для проверяющих ее заданий процент выполнения несколько снизился.

2. Другой тип заданий с выбором ответа на проверку того же перечня законов и формул – это расчетные задания, в которых необходимо применить одну формулу, определив значение одной из входящих в нее величин. Для этих заданий характерен либо «застой» среднего процента выполнения (т.е. не прослеживается значимых изменений при повторных применениях), либо наблюдается небольшое снижение качества выполнения.

***Пример 24*** *(гидростатическое давление, базовый уровень).* 2005 г. – 68%, 2007 г. – 68%.

*В сосуд глубиной 20 см налита вода, уровень которой ниже верхнего края сосуда на 2 см. Чему равно давление столба воды на дно?*

*1)* $2 \cdot 10^5$ *Па* *2) 2000 Па* *3) 1800 Па* *4) 180 Па*

*Ответ: 3*

***Пример 25*** *(механическая работа, базовый уровень).* 2003 г. – 69%, 2007 г. – 63%.
*Мальчик везет своего друга на санках по горизонтальной дороге, прикладывая силу 60 Н. Скорость санок постоянна. Веревка санок составляет с горизонталью угол 30°. На некотором участке пути механическая работа силы упругости веревки равна 6000 Дж. Какова длина этого участка пути?*

1) $180000\sqrt{3}$ м  2) $\frac{200}{\sqrt{3}}$ м  3) $50\sqrt{3}$ м  4) $\frac{\sqrt{3}}{200}$ м

*Ответ: 2*

Поскольку по контролируемым элементам содержания эти задания пересекаются с перечисленными в п.1, то здесь, скорее всего, сказываются проблемы с вычислительными навыками. Причем следует отметить, что снижение результатов идет, в основном, за счет группы слабых учащихся.

3. В целом некоторый рост качества выполнения наблюдается и по самому сложному из проверяемых в ЕГЭ по физике виду деятельности – решению задач, который занимает больше 30% от всего объема экзаменационного варианта. Причем рост среднего процента выполнения наблюдается как по отдельным задачам повышенного уровня с выбором ответа и с кратким ответом, так и по сложным задачам с развернутым ответом. Здесь сложно выделить какие-либо общие тенденции – темы или отдельные типы задач – в силу недостатка статистических данных, так как во второй и третьей частях работы ежегодно происходит максимальное обновление заданий и используется лишь по 1-2 старых задачи.

***Пример 26*** *(закон сохранения энергии, повышенный уровень).* 2005 г. – 37%, 2007 г. – 41%.
*Автомобиль, движущийся с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 30 м/с. Затем автомобиль стал перемещаться вверх по склону горы под углом 30° к горизонту. Какой путь он должен пройти по склону, чтобы его скорость уменьшилась до 20 м/с? Трением пренебречь.*
*1) 12,5 м  2) 25 м  3) 50 м  4) 100 м*

*Ответ: 3*

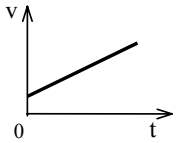
***Пример 27*** *(формула тонкой линзы, повышенный уровень).* 2004 г. – 59%, 2007 г. – 65%.
*Фокусное расстояние собирающей линзы равно 60 см. На каком расстоянии от линзы находится мнимое изображение предмета, который расположен на расстоянии 40 см от линзы? Ответ выразите в сантиметрах (см).*

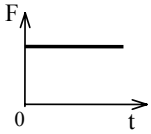
*Ответ: 120*

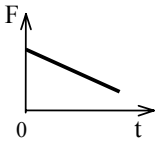
4. К сожалению, как и в прошлом году, наиболее проблемными оказываются качественные вопросы, проверяющие понимание смысла различных понятий, величин и законов, контролирующие умения объяснять физические явления, выделять условия их протекания или различать проявления этих явлений в окружающей жизни. Для заданий такого рода характерны не только достаточно низкий уровень выполнения и отсутствие положительной динамики качества их выполнения, но и в некоторых случаях наблюдается снижение результатов.

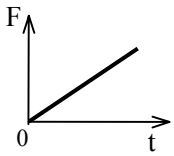
***Пример 28*** *(равноускоренное движение, повышенный уровень).* 2003 г. – 52%, 2005 г. – 54%, 2007 г. – 54%.

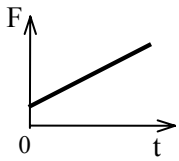
*На рисунке справа приведен график зависимости скорости тела от времени при прямолинейном движении. Какой из графиков выражает зависимость модуля равнодействующей всех сил, действующих на тело, от времени движения? Систему отсчета считать инерциальной.*




1) 


2) 


3) 


4) 


*Ответ: 1*

***Пример 29*** *(постулаты СТО, базовый уровень).* 2003 г. – 52%, 2007 г. – 40%.

*Какие из приведенных ниже утверждений являются постулатами специальной теории относительности?*

***А.*** *Принцип относительности – равноправность всех инерциальных систем отсчета.*

***Б.*** *Инвариантность скорости света в вакууме – неизменность ее при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую.*

*1) только А* *2) только Б* *3) и А, и Б* *4) ни А, ни Б*

*Ответ: 3*

Наиболее четко тенденция некоторого снижения качества выполнения заданий проявляется для тех вопросов, на которые в первую очередь сокращают время изучения при общем уменьшении количества учебных часов, отводимых на преподавание физики (например, свойства электромагнитных волн, элементы СТО, ток в различных средах, элементы геометрической оптики и т.п.).

### 4.5. Анализ результатов выполнения экзаменационной работы по физике выпускниками с различным уровнем подготовки

Задания разного уровня сложности КИМ ЕГЭ по физике играют различную роль при дифференциации разных групп учащихся. Если выделить четыре основных группы, имеющих разные уровни подготовки (получившие по результатам экзамена отметки «5», «4», «3» и «2»), то задания базового уровня первой части работы четко дифференцируют учащихся с неудовлетворительным уровнем подготовки и тех, кто получил по результатам экзамена удовлетворительную отметку. Результаты выполнения заданий повышенного уровня (А8, А9, А15, А23, А24 в первой части и В1 – В4 во второй части) демонстрируют существенные различия в подготовке «отличников», «хорошистов» и «троечников». А задания высокого уровня сложности (С1 – С6) хорошо дифференцируют тех, кто получил «4», и тех, кто показал отличные результаты. Эти положения наглядно демонстрирует рис. 4.2, на котором показаны результаты выполнения заданий разных частей работы учащимися с различным уровнем подготовки.

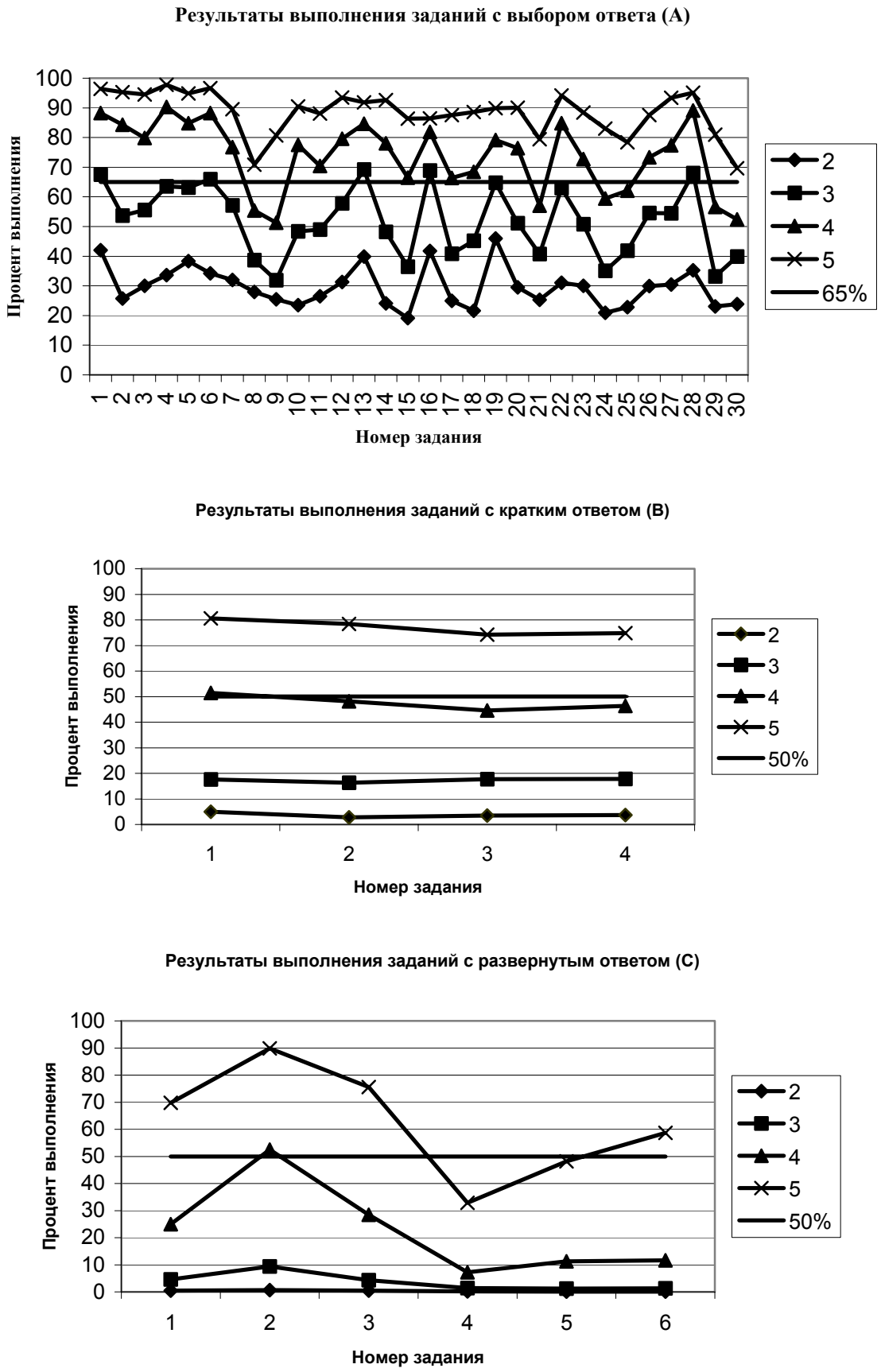



**Рис. 4.2 Результаты выполнения экзаменационной работы учащимися, имеющими различные уровни подготовки.**

В таблице 4.15 приведено описание уровня подготовки выпускников, получивших различные отметки по результатам ЕГЭ. Группа учащихся считается усвоившей тот или иной элемент знаний или умений, если средний процент выполнения задания (или группы заданий), которое проверяет данный элемент, составляет не менее 65% для вопросов с выбором ответа и 50% для заданий с кратким и развернутым ответом.

**Таблица 4.15**

**Описание уровня подготовки выпускников общеобразовательных учреждений, получивших различные отметки на экзамене**

| Характеристика выпускников | Описание уровня подготовки выпускников |
|---|---|
| Отметка «2».<br>Первичный балл – 0-11<br>тестовый балл – 0-34<br>Число экзаменуемых – 8 626 человек – 12,3% | Для данного уровня подготовки отсутствуют полностью усвоенные контролируемые элементы содержания. Лишь для отдельных заданий базового уровня сложности процент выполнения выше 65%:<br>• определение скорости по графику зависимости пути от времени для равномерного движения;<br>• закон сохранения импульса (определение направления результирующего импульса при неупругом ударе);<br>• определение силы упругости;<br>• взаимодействие зарядов. |
| Отметка «3».<br>Первичный балл – 12-22<br>тестовый балл – 35-51<br>Число экзаменуемых – 30 273 человек – 43,2% | Дополнительно к элементам знаний и умений, освоенным выпускниками предыдущей группы, данная группа продемонстрировала владение следующим материалом:<br>*Задания базового уровня сложности*<br>• определение ускорения по графику зависимости скорости от времени;<br>• применение формулы для силы трения;<br>• применение формулы для силы упругости;<br>• условие равновесия рычага;<br>• применение формулы для кинетической энергии;<br>• зависимость длины волны от частоты колебаний и скорости;<br>• применение уравнения Менделеева–Клапейрона;<br>• количество теплоты при нагревании и охлаждении (расчет);<br>• принцип суперпозиции для кулоновских сил (направление)<br>• мощность электрического тока (график силы тока от напряжения);<br>• сравнение мощности, выделяющейся на резисторах при их последовательном и параллельном соединении;<br>• закон отражения света;<br>• линейчатые спектры;<br>• уравнения ядерных реакций;<br>• α- и β-распады; |
| Отметка «4».<br>Первичный балл – 23-35<br>тестовый балл – 52-68<br>Число экзаменуемых –22 777 человек – 32,5% | Дополнительно к элементам знаний и умений, освоенным выпускниками предыдущих групп, данная группа продемонстрировала владение следующим материалом:<br>*Задания базового уровня сложности*<br>• расчет механической работы;<br>• расчет скорости, пути и времени движения при свободном падении;<br>• зависимость центростремительного ускорения от радиуса и линейной скорости;<br>• понимание третьего закона Ньютона (равенство сил и их направление);<br>• закон всемирного тяготения; |

| | |
|---|---|
| | • потенциальная энергия деформированной пружины;<br>• зависимость периода колебаний математического маятника от длины нити и независимость от массы груза;<br>• гидростатическое давление жидкости;<br>• механические волны (график, разность фаз);<br>• зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры;<br>• графики изопроцессов;<br>• применение первого закона термодинамики (график);<br>• определение влажности воздуха (фотография психрометра);<br>• относительная влажность воздуха (расчет);<br>• особенности теплопередачи;<br>• работа в термодинамике (график);<br>• определение знака зарядов по результирующей напряженности в точке;<br>• зависимость электроемкости конденсатора от площади пластин и расстояния между ними;<br>• применение закона Ома для участка цепи и формулы для удельного сопротивления;<br>• применение закона Джоуля-Ленца;<br>• магнитный поток;<br>• энергия магнитного поля катушки с током;<br>• определение направления силы Ампера;<br>• построение изображения в линзе;<br>• энергия и импульс фотона;<br>• период полураспада;<br>• закон радиоактивного распада (расчет);<br>• инвариантность скорости света;<br>• постулаты Бора;<br>• закон радиоактивного распада (график).<br>*Задания повышенного уровня сложности*<br>• определение вида графика зависимости силы от времени по графику скорости от времени;<br>• применение уравнения состояния газа;<br>• применение закона Ома для полной цепи;<br>• явление электромагнитной индукции (условия возникновения ЭДС индукции);<br>• определение направления силы Лоренца;<br>• применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта;<br>• задача на превращение энергии при гармонических колебаниях груза на пружине;<br>• кинетическая и потенциальная энергия, превращение энергии при совершении работы (задача);<br>• задача на применение уравнения Менделеева-Клапейрона;<br>• задача на применение формулы собирающей линзы;<br>• действие силы Ампера на проводник в магнитном поле (задача).<br>*Задания высокого уровня сложности*<br>• применение законов сохранения импульса и энергии при неупругом ударе, работа силы трения;<br>• использование газовых законов, определение работы и количества теплоты (график процесса);<br>• применение уравнения Менделеева-Клапейрона и первого закона термодинамики. |

| | |
|---|---|
| Отметка «5».<br>Первичный балл – 36-52<br>тестовый балл – 69-100<br>Число экзаменуемых – 8 376 человек – 12,0% | Дополнительно к элементам знаний и умений, освоенным выпускниками предыдущих групп, данная группа продемонстрировала владение следующим материалом:<br>*Задания базового уровня сложности*<br>• изменение внутренней энергии в различных изопроцессах;<br>• применение первого закона термодинамики (расчет);<br>• диэлектрики в электрическом поле;<br>• принцип суперпозиции для напряженности электростатического поля;<br>• применение закона Ома для участка цепи и смешанное соединение проводников (схема);<br>• характеристики электромагнитных волн различных диапазонов;<br>• свойства электромагнитных волн;<br>• принцип относительности Эйнштейна;<br>• построение графика по результатам эксперимента и расчет коэффициента;<br>• выводы по результатам эксперимента (таблица).<br>*Задания повышенного уровня сложности*<br>• задача на движение связанных тел;<br>• задача на применение закона сохранения импульса (выстрел);<br>• задача на применение законов сохранения энергии и импульса (шар ударяется в груз на нити);<br>• применение закона сохранения энергии и формулы для работы силы трения;<br>• изменение параметров идеального газа в произвольном процессе (график);<br>• применение формулы Томсона;<br>• зависимость показателя преломления среды от скорости света;<br>• условие возникновения фотоэффекта (красная граница);<br>• задача на применение первого закона термодинамики к изопроцессам;<br>• равномерное движение заряженной капли в конденсаторе (задача);<br>• связь абсолютного показателя преломления среды с длиной волны (задача);<br>• движение тела под действием силы упругости;<br>• задача на применение уравнения теплового баланса (нагревание и плавление);<br>• изменение кинетической энергии заряженной частицы при движении в электростатическом поле (задача).<br>*Задания высокого уровня сложности*<br>• применение закона сохранения импульса, превращение энергии, движение тела, брошенного горизонтально;<br>• движение тел под углом к горизонту (тело скользит под углом к горизонту по наклонной плоскости);<br>• применение первого закона термодинамики к изопроцессам;<br>• задача по фотографиям реального эксперимента (движение каретки под действием электродвигателя);<br>• конденсатор в цепи постоянного тока, применение закона Ома для полной цепи и участка цепи;<br>• нагревание воды электромагнитным излучением;<br>• колебания заряженного шарика на нити в электростатическом поле;<br>• движение фотоэлектронов в магнитном и электрическом поле (применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, формул для силы Лоренца и кулоновской силы);<br>• движение заряженной частицы по окружности, действие кулоновской силы. |

Тестируемые с неудовлетворительным уровнем подготовки показали крайне низкий уровень знаний даже основного понятийного аппарата школьного курса физики. Для выпускников этой группы средний процент выполнения заданий разных частей работы составляет:

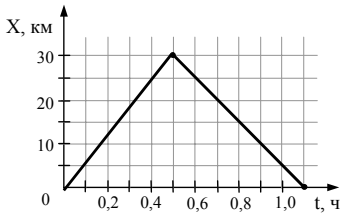
- 29% для заданий с выбором ответа;
- 5% для заданий с кратким ответом;
- 0% для заданий с развернутым ответом.

Таким образом, эта группа учащихся выполняет лишь отдельные задания базового уровня, не приступает к выполнению заданий высокого уровня сложности, но иногда решает несложные расчетные задачи из второй части работы. Тестируемые, имеющие неудовлетворительный уровень подготовки, показали лишь отрывочные знания отдельных формул и некоторых явлений, причем результаты выполнения даже однотипных заданий (например, проверяющих формулу для какой-либо величины) сильно различаются в зависимости от необходимости использования тех или иных математических операций. Например, для приведенного ниже графика зависимости пути от времени скорость на участке АБ находит 70% учащихся этой группы, а на участке БА – только 45%. В примере силу упругости рассчитывают 73% выпускников, получивших на ЕГЭ неудовлетворительную отметку, а с аналогичным заданием, но на расчет удлинения, справляется лишь 48%.

Ниже приведены примеры типичных заданий, с которыми справляются учащиеся данной группы:

***Пример 30*** *(базовый уровень)*

*На рисунке представлен график движения автобуса из пункта А в пункт Б и обратно. Пункт А находится в точке x = 0, а пункт Б – в точке x = 30 км. Чему равна скорость автобуса на пути из А в Б?*




*1) 40 км/ч 2) 50 км/ч 3) 60 км/ч 4) 75 км/ч*

*Ответ: 3*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 86 | 71 | 87 | 93 | 97 |

***Пример 31*** *(базовый уровень)*

*Пружина жесткости $k = 10^4$ Н/м растягивается на 0,1 м под действием силы*

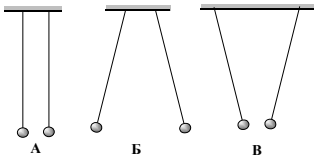
*1) 10 Н 2) 100 Н 3) 1000 Н 4) 10 000 Н*

*Ответ: 3*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 84 | 73 | 83 | 94 | 100 |

***Пример 32*** *(базовый уровень)*

*Два легких одинаковых шарика подвешены на шелковых нитях. Шарики зарядили разноименными зарядами. На каком из рисунков изображены эти шарики?*




*1) А 2) Б 3) В 4) Б и В*

*Ответ: 3*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 91 | 65 | 87 | 97 | 99 |

Группа выпускников с удовлетворительным уровнем подготовки продемонстрировала владение основными законами и формулами школьного курса физики. Средний процент выполнения заданий разных частей работы для этой группы распределяется следующим образом:

- 51% для заданий с выбором ответа;
- 18% для заданий с кратким ответом;
- 4% для заданий с развернутым ответом.

В этой группе не наблюдается большого разрыва в результатах выполнения однотипных заданий на проверку законов и формул, т.е. влияние математических трудностей при простых расчетах гораздо меньше, чем у предыдущей группы. Например, для серии заданий, проверяющих силу трения (при равномерном движении расчет коэффициента трения, массы тела, силы трения, силы нормального давления) проценты выполнения составили от 55 до 67%.

Практически все усвоенные элементы содержания (см. таблицу 4.15) для этой группы представляют собой наиболее «прорабатываемые» на уроках физики законы и формулы. Что же касается вопросов качественного характера, то здесь результаты, как правило, составляют порядка 50%. Так, с применением правила левой руки справляется 49% выпускников этой группы, различают диапазоны электромагнитных излучений (по максимальной или минимальной длине волны или частоте) около 45%, узнают закономерности явления электромагнитной индукции порядка 57% и т.п.

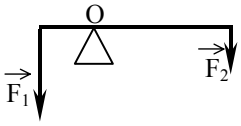
Таким образом, учащиеся с удовлетворительным уровнем подготовки в среднем успешно справляются лишь с заданиями базового уровня сложности, они пытаются приступать к выполнению отдельных задач с кратким и развернутым ответом, но, к сожалению, не могут довести их решение до конца. По сравнению с прошлым годом результаты «троечников» по выполнению заданий с кратким и развернутым ответом несколько улучшились, эти учащиеся стали чаще браться за решение задач высокого уровня.

Анализ бланков ответов к заданиям третьей части работы выпускников, набравших по результатам ЕГЭ 40-50 баллов, показывает, что они, как правило, приступают к решению одной-двух задач, правильно записывают условие задачи и отдельные уравнения для ее решения. Приоритетами здесь являются задачи по механике и запись законов сохранения энергии и импульса, задач по электродинамике и запись закона Ома для полной цепи и формулы для силы Лоренца.

Примеры типичных заданий, с которыми справляются учащиеся данной группы подготовки, приведены ниже:

***Пример 33*** *(базовый уровень)*

*На рычаг, находящийся в равновесии, действуют силы $F_1$ = 10 Н и $F_2$ = 4 Н (см. рисунок). С какой силой рычаг давит на опору? Массой рычага пренебречь.*




*1) 14 Н 2) 10 Н 3) 6 Н 4) 4 Н*

*Ответ: 1*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 77 | 34 | 83 | 91 | 98 |

***Пример 34*** *(базовый уровень)*

*Чугунная деталь массой 10 кг при понижении ее температуры на 200 К отдает количество теплоты, равное*

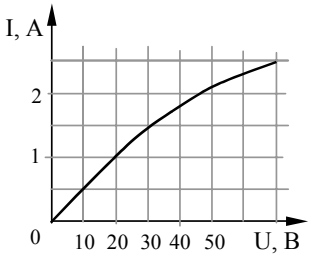
*1) 25 МДж 2) 100 кДж 3) 25 кДж 4) 1000 кДж*

*Ответ: 4*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 68 | 33 | 72 | 95 | 98 |

***Пример 35*** *(базовый уровень)*

*На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 1,5 А мощность тока в лампе равна*




*1) 135 Вт*
*2) 67,5 Вт*
*3) 45 Вт*
*4) 20 Вт*

*Ответ: 3*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 64 | 34 | 66 | 95 | 100 |

Участники экзамена с хорошим уровнем подготовки показали систематические знания школьного курса физики при выполнении заданий базового и повышенного уровней сложности. Средние проценты выполнения заданий разных частей работы для этой группы таковы:

- 74% для заданий с выбором ответа;
- 48% для заданий с кратким ответом;
- 22% для заданий с развернутым ответом.

Выпускники этой группы показали усвоение большинства содержательных элементов школьного курса физики при выполнении заданий на базовом уровне. Они существенно опережают предыдущую группу не только по объему усвоенного материала, но и по качеству усвоения. Так, они справляются с большинством вопросов качественного характера, проверяющих особенности протекания явлений. Слишком сложными для «хорошистов» (средний процент выполнения меньше 50%) оказались лишь две серии заданий базового уровня: поведение диэлектрика в электрическом поле

и изменение количества фотоэлектронов при изменении энергии падающего света со значений, меньших красной границы, до энергии, превышающей этот уровень.

Учащиеся с хорошим уровнем подготовки довольно успешно выполняют ряд заданий повышенного уровня как с выбором ответа, так и с кратким ответом. Так, в среднем половина выпускников этой группы справляется с заданиями повышенного уровня первой части работы, а результаты решения задач с кратким ответом лежат в пределах от 20 до 75%.

По сравнению с прошлым годом улучшились результаты выполнения заданий высокого уровня сложности. Как правило, тестируемые с хорошим уровнем подготовки приступают к решению 3-4 задач с развернутым ответом, правильно записывают основные законы и формулы и не испытывают серьезных математических трудностей при решении систем уравнений. Поэтому им обычно удается довести до правильного ответа решения задач по механике (С1), молекулярной физике (С2) или электродинамике. Однако они предпочитают либо вообще не приступать к решению задач с нестандартной формулировкой (например, на дифракцию электронов или взаимодействие электронов с атомом), либо решение этих задач оказывается «брошенным на полпути» в силу непонимания описанных в них процессов.

Примеры типичных заданий, с которыми справляются учащиеся данной группы подготовки, приведены ниже:

***Пример 36*** *(базовый уровень)*

*Земля и ракета, стоящая на пусковой площадке, взаимодействуют гравитационными силами. Каково соотношение между модулями сил $F_1$ действия Земли на ракету и $F_2$ действия ракеты на Землю?*

*1) $F_1 > F_2$ 2) $F_1 >> F_2$ 3) $F_1 = F_2$ 4) $F_1 < F_2$*

*Ответ: 3*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 64 | 27 | 54 | 80 | 95 |

***Пример 37*** *(повышенный уровень)*

*Работа выхода для материала катода вакуумного фотоэлемента равна 1,5 эВ. Катод освещается монохроматическим светом, у которого энергия фотонов равна 3,5 эВ. Каково запирающее напряжение, при котором фототок прекратится?*

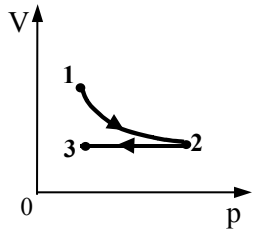
*1) 1,5 В 2) 2,0 В 3) 3,5 В 4) 5,0 В*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 55 | 29 | 43 | 72 | 94 |

*Ответ: 2*

***Пример 38*** *(высокий уровень)*

*Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически сжали ($T_1$ = 300 К). Затем газ изохорно охладили, понизив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 2 – 3?*




| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 32 | 0 | 10 | 52 | 92 |

Выпускники с отличным уровнем подготовки показали владение всеми контролируемыми элементами содержания курса физики при выполнении широкого спектра заданий базового уровня сложности, при решении стандартных задач повышенного уровня, а также продемонстрировали умение комплексного применения знаний при выполнении заданий высокого уровня сложности. Для этой группы тестируемых средние проценты выполнения заданий разных частей работы распределяются следующим образом:

- 88% для заданий с выбором ответа;
- 77% для заданий с кратким ответом;
- 62% для заданий с развернутым ответом.

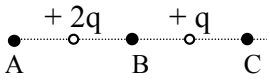
Таким образом, выпускники, получившие по результатам ЕГЭ отличные отметки, не испытывают затруднений при выполнении заданий базового и повышенного уровней, их «запас» по сравнению с предыдущей группой заключается не в объеме знаний, а в полноценности их усвоения, способности свободно оперировать понятийным аппаратом школьного курса физики, понимания особенностей протекания достаточно сложных процессов и явлений.

Для группы лидеров характерно выполнение на уровне выше 60% в среднем четырех из шести заданий третьей части работы. При решении задач с развернутым ответом наиболее значительно проявляется разница между группами с хорошим и отличным уровнями подготовки. Особенно это касается задач с нетрадиционными формулировками, при решении которых необходимо представить себе происходящие процессы и явления, а не только вспомнить один из типов разбиравшихся на уроках задач.

Примеры типичных заданий, с которыми справляются учащиеся данной группы подготовки, приведены ниже:

***Пример 39*** *(базовый уровень)*

*На рисунке изображено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов +2q и +q и обозначены три точки A, B и C.*




*Модуль вектора напряженности суммарного электрического поля этих зарядов имеет*

1) *наибольшее значение в точке A*
2) *наибольшее значение в точке B*
3) *наибольшее значение в точке C*
4) *одинаковые значения во всех трех точках*

*Ответ: 1*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 33 | 16 | 20 | 43 | 80 |

***Пример 40*** *(повышенный уровень)*

*Электромагнитная волна от некоторого источника распространяется в бензоле, при этом длина волны составляет 1,2 мм. Определите период колебаний источника. Показатель преломления бензола 1,5. Ответ выразите в пикосекундах ($10^{-12}$ с).*

*Ответ: 6*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 17 | 1 | 8 | 47 | 80 |

***Пример 41*** *(высокий уровень)*

*Полый металлический шарик массой 2 г подвешен на шелковой нити и помещен над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное вертикальное электрическое поле напряженностью $10^6$ В/м. Шарик имеет положительный заряд $10^{-8}$ Кл. Период малых колебаний шарика 1 с. Какова длина нити?*

| Средний % выполнения | Процент выполнения | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *отметка «2»* | *отметка «3»* | *отметка «4»* | *отметка «5»* |
| 5 | 0 | 2 | 13 | 61 |

### 4.6. Выводы и рекомендации

**1.** В Едином государственном экзамене по физике в 2007 г. принимало участие 70 052 выпускника из 65 регионов страны. По сравнению с предыдущим годом число участников уменьшилось и оказалось примерно на уровне позапрошлого года (2005 г. – 68 916 чел., 2006 г. – 90 389 чел.). Почти половина выпускников, сдававших ЕГЭ по физике, живут в крупных городах и лишь 20% – это учащиеся, закончившие сельские школы. Экзамен по физике выбирают преимущественно юноши, и лишь четверть от общего числа участников составляют девушки.

**2.** В контрольных измерительных материалах по физике 2007 г. в целом была сохранена структура предыдущего года, но внесено два изменения: распределение заданий в первой части работы по тематическому признаку и введение заданий, проверяющих сформированность методологических умений (одно задание с выбором ответа). В экзаменационной работе были представлены задания трех типов (с выбором ответа, с кратким ответом и с развернутым ответом) и разного уровня сложности: базового, повышенного и высокого. В КИМ 2007 г. были включены задания по всем основным содержательным разделам курса физики: «Механика» (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны); «Молекулярная физика. Термодинамика»; «Электродинамика» (электростатика, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика); «Квантовая физика» (элементы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра). Кроме того, при разработке содержания экзаменационной работы учитывалась необходимость проверки овладения учащимися различными видами деятельности.

**3.** Первичные баллы, полученные участниками экзамена, переводились в аттестационную отметку и тестовые баллы по 100-балльной шкале. По сравнению с 2006 г. уменьшилось число учащихся, получивших на экзамене неудовлетворительные отметки (16,0% в 2006 г.; 12,3% в 2007 г.), 44% тестируемых продемонстрировали хороший и отличный уровни подготовки. В 2007 г. несколько уменьшилось количество выпускников, получивших по результатам ЕГЭ 100 баллов: в 2006 г. – 33 чел. (0,04%), в 2007 г. – 28 чел. (0,04%).

**4.** Анализ результатов ЕГЭ по физике показал, что выпускниками усвоены на базовом уровне основные понятия, модели, явления, формулы и законы кинематики, динамики, статики, термодинамики, оптики, физики атома и атомного ядра, а также следующих тем: «Законы сохранения в механике», «Механические колебания и волны», «Постоянный ток». На базовом уровне отмечены пробелы в усвоении элементов молекулярно-кинетической теории, электростатики, темы «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные волны», «Элементы СТО», «Корпускулярно-волновой дуализм» и «Методы научного познания». На повышенном

уровне осуществлялся контроль лишь 11 содержательных тем, и наиболее проблемными оказались вопросы по оптике, электростатике и термодинамике.

Для заданий с кратким ответом полноценное усвоение продемонстрировано по темам «Магнитное поле», «Геометрическая оптика» и «МКТ». Наиболее сложными здесь оказались задачи по электростатике и волновой оптике. При решении задач высокого уровня сложности третьей части работы выпускники успешно справлялись с заданиями по молекулярной физике и термодинамике, по электростатике, а также с задачами на применение законов сохранения импульса и механической энергии. Существенные затруднения вызвали задачи по волновой оптике и задания комплексного характера, требующие применения знаний из разных разделов физики в новой ситуации.

**5.** Анализ результатов выполнения экзаменационной работы по физике учащимися, имеющими различные уровни подготовки, выявил следующее:

- Выпускники, показавшие по результатам единого экзамена неудовлетворительный уровень подготовки по физике (8 626 чел./12,3%), выполняют лишь отдельные задания базового уровня сложности и демонстрируют крайне низкий уровень владения даже основным понятийным аппаратом школьного курса физики.
- Выпускники с удовлетворительным уровнем подготовки (30 273 чел./43,2%) показали владение основными законами и формулами при выполнении заданий базового уровня сложности. На результаты выполнения отдельных заданий для этой группы учащихся сильное влияние оказывает недостаточный уровень математической подготовки. В целом эти выпускники успешно справляются с несложными заданиями на применение законов физики на качественном и расчетном уровнях, но демонстрируют непонимание физической ситуации при решении задач, крайне плохо справляются с заданиями на объяснение физических явлений.
- Выпускники с хорошим уровнем подготовки (22 777 чел./32,5,%) показали систематические знания школьного курса физики при выполнении заданий базового и повышенного уровней сложности. Эта часть выпускников существенно опережает предыдущую группу не только по объему усвоенного материала, но и по качеству усвоения, достаточно успешно выполняя задания повышенного уровня сложности. Выпускники, получившие по результатам экзамена отметку «4», демонстрируют умения решать достаточно объемные с точки зрения математических выкладок задачи высокого уровня сложности, но не проявляют способностей действовать в ситуации новой физической модели в нестандартных заданиях третьей части работы.
- Выпускники с отличным уровнем подготовки (8 376 чел./12,0%) показали владение всеми контролируемыми элементами содержания курса физики при выполнении широкого спектра заданий базового уровня сложности, при решении стандартных задач повышенного уровня, а также продемонстрировали умение комплексного применения знаний при выполнении заданий высокого уровня сложности. Учащиеся этой группы способны свободно оперировать понятийным аппаратом школьного курса физики, понимают особенности протекания достаточно сложных процессов и явлений.

**6.** Анализ выполнения заданий, использовавшихся в КИМ в 2002–2007 гг., позволяет выявить динамику усвоения отдельных видов деятельности. Положительная динамика наблюдается для заданий, проверяющих на репродуктивном уровне усвоение основных формул и законов школьного курса физики, а также решения задач как повышенного, так и высокого уровней сложности. Для заданий, проверяющих понимание смысла различных понятий, величин и законов, контролирующих умения объяснять физические явления, не фиксируется рост качества выполнения. Наблюдается некоторое снижение качества выполнения заданий по тем элементам

содержания, для которых в первую очередь сокращают время изучения при общем уменьшении количества учебных часов, отводимых на преподавание физики.

При сравнении результатов ЕГЭ по физике трех последних лет отмечается постепенное увеличение разницы в объеме и качестве знаний между группами выпускников с удовлетворительным и высоким уровнями подготовки. К сожалению, не обладая информацией об используемых в процессе преподавания учебно-методических комплектах и об учебной нагрузке, отводимой на изучение физики в школах, где обучались участники единого экзамена, сложно делать обоснованные выводы о причинах постепенного уменьшения объема и качества знаний по конкретным элементам содержания для отдельных групп учащихся. Однако можно предположить, что постепенно увеличивается доля выпускников, изучавших физику на базовом уровне с минимальной учебной нагрузкой 2 часа в неделю. Базовый уровень изучения физики не рассчитан на подготовку учащихся к продолжению образования в вузах физико-технического профиля, а соответствующая учебная нагрузка не может обеспечить как усвоение необходимого объема знаний, так и формирование умения решать задачи по физике. Следовательно, группа учащихся, изучавших физику на базовом уровне, не может продемонстрировать в рамках ЕГЭ по физике уровень подготовленности, необходимый для получения хороших и отличных отметок.

**7.** Анализ результатов единого экзамена позволяет сформулировать основные направления совершенствования контрольных измерительных материалов ЕГЭ по физике:

- Контрольные измерительные материалы ЕГЭ пока не обеспечивают проверку всех видов деятельности, предусмотренных требованиями к уровню подготовки стандарта образования по физике, поэтому целесообразно постепенно расширять спектр видов деятельности, на проверку которых направлены задания единого экзамена.
- Экзаменационные варианты по физике содержат избыточное количество заданий, в которых необходимо использовать те или иные математические преобразования или расчеты. Необходимо увеличить долю качественных вопросов по физике на проверку понимания явлений, смысла законов, величин и т.п., которые не требуют расчетов.
- Варианты по физике практически не содержат вопросов на прямое воспроизведение формулировок различных определений, законов, узнавание формул и т.п., в силу невозможности конструирования качественных заданий такого вида с выбором ответа. Рекомендуется провести апробационные исследования по введению в контрольные измерительные материалы по физике заданий репродуктивного характера других форм, например, на соответствие.
- Обобщенная система оценивания заданий с развернутым ответом недостаточно хорошо работает для заданий, требующих введения дополнительных условий и предполагающих различные подходы к решению. Рекомендуется в экспериментальном режиме проверить возможность использования двух-трех обобщенных систем оценивания, рассчитанных на различное число баллов.

**Приложение 4.**

## План экзаменационной работы ЕГЭ 2007 года по физике

*Обозначение заданий в работе и бланке ответов: А – задания с выбором ответа, В – задания с кратким ответом, С – задания с развернутым ответом.*
*Уровни сложности задания: Б – базовый, П – повышенный, В – высокий.*

| № | Обозначение задания в работе | Проверяемые элементы содержания | Коды проверяемых элементов содержания | Коды проверяемых Умений | Уровень сложности задания | Макс. балл за выполнение задания | Примерное время выполнения задания (мин.) | Средний % выполнения | Мин. % выполнения | Макс. % выполнения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Часть 1** | | | | | | | | | | |
| 1 | А1 | Свободное падение | 1.1.5 | 4 | Б | 1 | 2 | 67 | 48 | 86 |
| 2 | А2 | Центростремительное ускорение | 1.1.7 | 3 | Б | 1 | 2 | 55 | 47 | 76 |
| 3 | А3 | Третий закон Ньютона | 1.2.8 | 2 | Б | 1 | 2 | 63 | 56 | 64 |
| 4 | А4 | Сила упругости | 1.2.12 | 4 | Б | 1 | 2 | 83 | 61 | 89 |
| 5 | А5 | Условия равновесия твердого тела | 1.3.2 | 4, 7 | Б | 1 | 2 | 80 | 67 | 86 |
| 6 | А6 | Потенциальная энергия | 1.4.7 | 3 | Б | 1 | 2 | 50 | 39 | 64 |
| 7 | А7 | Длина волны, звук | 1.5.8, 1.5.9 | 4 | Б | 1 | 2 | 78 | 64 | 83 |
| 8 | А8 | Второй закон Ньютона, равноускоренное движение | 1.2.7, 1.1.4 | 3, 7 | П | 1 | 4 | 53 | 42 | 69 |
| 9 | А9 | Законы сохранения импульса и механической энергии | 1.4.3, 1.4.8 | 7, 8 | П | 1 | 4 | 31 | 27 | 44 |
| 10 | А10 | Уравнение состояния идеального газа | 2.1.10 | 3, 7 | Б | 1 | 2 | 57 | 51 | 59 |
| 11 | А11 | Внутренняя энергия | 2.2.1 | 2 | Б | 1 | 2 | 53 | 45 | 70 |
| 12 | А12 | Влажность воздуха | 2.1.13 | 4, 7 | Б | 1 | 2 | 56 | 36 | 69 |
| 13. | А13 | Количество теплоты, изменения агрегатного состояния вещества | 2.2.4, 2.1.14 - 2.1.16 | 2 | Б | 1 | 2 | 80 | 70 | 83 |
| 14 | А14 | Первое начало термодинамики | 2.2.6 | 4 , 7 | Б | 1 | 2 | 64 | 37 | 75 |
| 15 | А15 | КПД тепловой машины | 2.2.8 | 8 | П | 1 | 4 | 47 | 30 | 59 |
| 16 | А16 | Действие электрического поля на электрические заряды | 3.1.5 | 3 | Б | 1 | 2 | 73 | 63 | 80 |
| 17 | А17 | Конденсатор | 3.1.13 | 3 | Б | 1 | 2 | 62 | 54 | 71 |
| 18 | А18 | Закон Ома для участка цепи, электрическое сопротивление | 3.2.3, 3.2.4 | 3 | Б | 1 | 2 | 67 | 61 | 76 |
| 19 | А19 | Работа и мощность тока | 3.2.7-3.2.10 | 4, 7 | Б | 1 | 2 | 72 | 46 | 91 |
| 20 | А20 | Энергия магнитного поля | 3.4.3 | 3 | Б | 1 | 2 | 58 | 43 | 66 |
| 21 | А21 | Электромагнитные волны | 3.5.5, 3.5.6, | 2 | Б | 1 | 2 | 46 | 35 | 54 |
| 22 | А22 | Построение изображения, даваемого собирающей линзой | 3.6.8 | 2, 7 | Б | 1 | 2 | 74 | 46 | 87 |
| 23 | А23 | Сила Лоренца | 3.3.4 | 2, 7 | П | 1 | 4 | 49 | 35 | 61 |
| 24 | А24 | Дисперсия света | 3.6.13 | 8 | П | 1 | 4 | 49 | 38 | 60 |
| 25 | А25 | Принцип относительности Эйнштейна | 4.2 | 3 | Б | 1 | 2 | 50 | 35 | 60 |
| 26 | А26 | Линейчатые спектры | 5.2.3 | 2, 7 | Б | 1 | 2 | 76 | 62 | 85 |
| 27 | А27 | Закон радиоактивного распада | 5.3.5 | 3 | Б | 1 | 2 | 59 | 42 | 70 |
| 28 | А28 | Ядерные реакции | 5.3.10 | 3 | Б | 1 | 2 | 68 | 64 | 74 |
| 29 | А29 | Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта | 5.1.4, | 4 | П | 1 | 4 | 59 | 33 | 77 |
| 30 | А30 | Построение графика по результатам эксперимента | 6.2, 1.2.12 | 5, 7 | Б | 1 | 2 | 35 | 17 | 52 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Часть 2** | | | | | | | | | | |
| 31 | B1 | Закон сохранения энергии | 1.4.3 –1.4.8 | 8 | П | 1 | 6 | 35 | 27 | 44 |
| 32 | B2 | Уравнение Менделеева-Клапейрона | 2.1.7 – 2.1.16 | 8 | П | 1 | 6 | 45 | 32 | 54 |
| 33 | B3 | Сила Ампера | 3.3.3 | 8 | П | 1 | 6 | 52 | 30 | 60 |
| 34 | B4 | Дифракционная решетка | 3.6.11 –3.6.12 | 8 | П | 1 | 6 | 9 | 4 | 16 |
| **Часть 3** | | | | | | | | | | |
| 35 | C1 | Механика | 1.1 | 7, 8 | В | 3 | 19 | 10 | 7 | 12 |
| 36 | C2 | Молекулярная физика. Термодинамика | 2.2 | 7, 8 | В | 3 | 19 | 25 | 16 | 33 |
| 37 | C3 | Электростатика, постоянный ток | 3.1, 3.2 | 7, 8 | В | 3 | 19 | 23 | 11 | 41 |
| 38 | C4 | Геометрическая оптика | 3.6 | 7, 8 | В | 3 | 19 | 11 | 6 | 14 |
| 39 | C5 | Атомная физика | 5.2, 1.4.8 | 7, 8 | В | 3 | 19 | 6 | 3 | 9 |
| 40 | C6 | Комплексная задача (электродинамика и механика) | 1.1, 1.2, 3.1 | 7, 8 | В | 3 | 21 | 10 | 3 | 15 |
| ИТОГО | | | | | | | | | | |
| | А–30<br>В–4<br>С–6 | | | | Б – 24<br>П – 10<br>В – 6 | 52 | 210 | | | |