

4. ФИЗИКА

4.1. Характеристика контрольных измерительных материалов по физике 2006 года

Экзаменационная работа по физике для ЕГЭ-2006 содержала 40 заданий: 30 заданий с выбором ответа (часть 1), 4 задания с кратким ответом (часть 2), 6 заданий с развернутым ответом (часть 3). В первой части к каждому заданию приводилось четыре варианта ответа, из которых верным был только один. Вторая часть включала расчетные задачи, после решения которых требовалось дать краткий ответ в виде числа. Третья часть – это задачи, 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 года № 56) и учитывали Федеральный компонент государственного стандарта среднего (полного) образования по физике, профильный уровень (Приказ МО от 5 марта 2004 года № 1089). Поскольку введение Федерального компонента государственного стандарта осуществляется постепенно, по мере готовности образовательных учреждений, то в 2006 году из кодификатора ЕГЭ были исключены те элементы содержания, которые представлены в Обязательном минимуме, но не вошли в новый стандарт. С другой стороны, новые по сравнению с Обязательным минимумом 1999 года элементы стандарта предполагается вводить в кодификатор ЕГЭ постепенно, и в версии 2006 года такие элементы отсутствовали.

В экзаменационной работе были представлены задания разного уровня сложности: базового, повышенного и высокого. Задания базового уровня контролировали, в основном, знание основных физических явлений, величин или законов на репродуктивном уровне или применения знаний в знакомых ситуациях. Повышенному уровню сложности соответствовали задания, направленные на проверку умений использовать различные физические понятия и законы для анализа достаточно сложных процессов или решать типовые расчетные задачи на применение одной-двух формул. Задания высокого уровня сложности проверяли умение использовать законы и теории физики в измененной или новой ситуации при решении расчетных задач, в том числе и задачах, сочетающих материал из разных разделов курса физики.

В 2006 году была сохранена структура контрольно-измерительных материалов, использовавшихся при проведении ЕГЭ в 2005 году. Внесено лишь одно изменение, состоящее в перераспределении заданий с выбором ответа по уровню сложности (5 заданий повышенного уровня в 2005 году, 6 заданий – в 2006 году).

В КИМ 2006 года 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» и «Основы специальной теории относительности», (электростатика, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика, элементы СТО);
- 4) «Квантовая физика» (корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра).

Общее количество заданий в варианте по каждому из разделов приблизительно пропорционально его содержательному наполнению и учебному времени, отводимому на изучение данного раздела в школьном курсе физики. В таблице 4.1 показано распре-

деление заданий по перечисленным выше 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 (с развернутым ответом)	
		Кол-во заданий	%	Кол-во заданий	%	Кол-во заданий	%	Кол-во заданий	%
1	Механика	11-12	27,5-30,0	9	22,5	1	2,5	1-2	2,5-5,0
2	МКТ и термодинамика	9-10	22,5-25,0	7	17,5	1	2,5	1-2	2,5-5,0
3	Электродинамика и СТО	13-14	32,5-35,0	9	22,5	2	5,0	2-3	5,0-7,5
4	Квантовая физика	5	12,5	4	10,0	–	–	1-2	2,5-5,0

Уровень сложности заданий также равномерно распределялся по всем разделам в соответствии с их содержательным объемом. 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	11-12	27,5-30,0	7	17,5	3	7,5	1-2	2,5-5,0
2	МКТ и термодинамика	9-10	22,5-25,0	6	15,0	2	5,0	1-2	2,5-5,0
3	Электродинамика и СТО	13-14	32,5-35,0	8	20,0	3	7,5	2-3	5,0-7,5
4	Квантовая физика	5	12,5	3	7,5	1	2,5	1-2	2,5-5,0

При разработке содержания экзаменационной работы учитывалась необходимость контроля не только усвоения элементов знаний, представленных в кодификаторе, но, в равной мере, проверки овладения учащимися основными умениями. Распределение заданий по видам умений (отдельно для заданий с выбором ответа и для задач части 2 и 3) представлено в таблицах 4.3а и 4.3б

Экзаменационный вариант по физике составлялся таким образом, чтобы в заданиях использовались различные способы представления информации: графики, таблицы, схемы, схематичные рисунки, фотографии реальных экспериментов. При выполнении таких заданий тестируемые должны были дополнительно к умениям, перечисленным выше, продемонстрировать также умения работать с информацией различного типа.

Таблица 4.3а

Распределение заданий по видам умений (часть 1)

№	Умения	Часть 1 (с выбором ответа)	
		Кол-во заданий	%
1	Понимать смысл физических моделей	1	2,5
2	Узнавать аналитические формулы, законы или их графические интерпретации	1-2	2,5-5,0
3	Применять физические формулы, законы для анализа процессов на качественном уровне	6-8	15,0-20,0
4	Применять физические формулы, законы для анализа процессов на расчетном уровне	10-12	25,0-30,0
5	Выявлять причинно-следственные связи между величинами, входящими в закон (формулу), в том числе графическую интерпретацию зависимости величин	1-2	2,5-5,0
6	Различать проявления явлений в природе или их использования в технических устройствах и повседневной жизни	1-2	2,5-5,0
7	Различать условия протекания явления или влияние различных факторов на протекание явлений	2-3	5,0-7,5
8	Объяснять (находить объяснение) явлений на основе научной теории	2-4	5,0-10,0
9	Узнавать (по рисункам и фотографиям) измерительные приборы, определять цену деления и показания приборов	1	2,5

Таблица 4.3б

Распределение заданий по видам умений (части 2 и 3)

№	Умения	Часть 2 (с кратким ответом)		Часть 3 (с развернутым ответом)	
		Кол-во заданий	%	Кол-во заданий	%
1	Решать задачи с использованием одной формулы (закона)	2	5,0	–	–
2	Решать задачи с использованием не менее двух формул (законов) по одной теме курса физики	2	5,0	3	7,5
3	Решать задачи с использованием не менее двух формул (законов) по двум или более темам курса физики	–	–	3	7,5

Все задания первой и второй частей экзаменационной работы оценивались в 1 первичный балл. Решения задач третьей части (С1-С6) оценивались 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.

По физике система пересчета набранных учащимися первичных баллов в «тестовые» баллы по 100-балльной шкале и в отметки по пятибалльной шкале на протяжении последних трех лет варьируется незначительно, что отражено в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Соотношение первичных и тестовых баллов и школьных отметок

Отметка Годы, баллы		2	3	4	5
		2006	первичные	0-9	10-19
	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
2004	первичные	0-10	11-19	20-33	34-50
	тестовые	0-34	35-51	52-70	71-100

Небольшие изменения интервалов первичных тестовых баллов при выставлении аттестационных отметок связаны с некоторым перераспределением соотношения количества заданий разного уровня сложности в КИМах различных лет.

Для проведения ЕГЭ 2006 года было разработано 40 вариантов (5 серий по 8 параллельных вариантов по единой спецификации). Содержание всех вариантов определялось обобщенным планом экзаменационной работы (см. Приложение 4). В разных сериях задания, стоящие на одинаковых местах, отличались друг от друга кодами проверяемых элементов содержания, а также умениями, которые необходимо было продемонстрировать при выполнении данных заданий.

4.2. Характеристика участников ЕГЭ по физике 2006 года

Общее число участников ЕГЭ по физике год от года растет, и в 2006 году составило 90 389 человек, причем две трети тестируемых по физике традиционно составляют юноши (см. таблицу 4.5). Увеличилось и число регионов, участвующих в проведении ЕГЭ по физике. Количество тестируемых сильно варьировалось по различным регионам: от 9 до 20 992 человек. В 23 регионах в ЕГЭ по физике принимало участие до 500 человек, в 17 регионах – от 500 до 1500 выпускников, в 15 регионах – от 1500 до 3500 человек и в 6 регионах было более 3500 тестируемых.

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	29 266	32,4	61 123	67,6

Среди участников экзамена по физике – школьники всех типов населенных пунктов (см. таблицу 4.6), причем из года в год порядка 20% от всех тестируемых составляют выпускники сельских школ.

Таблица 4.6

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

№	Тип населенного пункта	2005 год		2006 год	
		Число выпускников	% выпускников	Число выпускников	% выпускников
1	Населенный пункт сельского типа (село, деревня, хутор и пр.)	13 767	20,0	14 107	20,0
2	Населенный пункт городского типа	4 780	6,9	8 325	9,2
3	Город населением <50 тыс. чел.	7 427	10,8	10 810	12,0
4	Город населением 50-100 тыс. чел.	6 063	8,8	8 757	9,7
5	Город населением 100-450 тыс. чел.	16 195	23,5	17 673	19,6
6	Город населением 450-680 тыс. чел.	7 679	11,1	11 799	13,1
7	Город населением > 680 тыс. чел.	13 005	18,8	14 283	15,8
8	г. Санкт-Петербург	–	–	72	0,1
9	г. Москва	–	–	224	0,2
	Нет данных			339	0,4
	Итого:	68 916	100%	90 389	100%

Из года в год остается стабильным состав тестируемых по отношению к типам образовательных учреждений. Подавляющее большинство (95,5%) участников экзамена этого года обучалось в средних общеобразовательных школах или образовательных учреждениях повышенного образовательного уровня (гимназия, лицей, школа с углубленным изучением предмета). Из них 72,2% – выпускники средних общеобразовательных школ и 23,3% – учащиеся школ повышенного образовательного уровня. Лишь не-

большое количество экзаменуемых (4,5%) заканчивали вечерние (сменные) школы, школы-интернаты различных видов, кадетские школы, профессиональные училища, лицеи, техникумы и колледжи.

Количество участников ЕГЭ по физике в зависимости от формы собственности образовательного учреждения распределялось следующим образом: 91,6% от всего числа тестируемых – обучалось в муниципальных образовательных учреждениях, 5,7% – в государственных образовательных учреждениях, 1,6% – в ГОУ субъекта Федерации и лишь 0,7% выпускников заканчивали негосударственные образовательные учреждения.

4.3. Основные результаты экзамена по физике 2006 года

Как было сказано в части 4.1 первичные баллы, полученные участниками экзамена, переводились в аттестационную оценку и тестовые баллы по 100-балльной шкале. В таблицах 4.7, 4.8, 4.9, а также на рисунке 4.1 приведены итоги ЕГЭ по физике в 2006 году по этим двум шкалам в сравнении с предыдущими годами.

Таблица 4.7

Распределение участников экзамена по (процент от общего числа) по уровням подготовки

Годы	Отметки по 5-ти балльной шкале			
	«2»	«3»	«4»	«5»
2004	14,6%	42,2%	34,6%	8,5%
2005	10,5%	40,7%	38,1%	10,7%
2006	16,0%	41,4%	31,1%	11,5%

Таблица 4.8

Распределение участников экзамена по тестовым баллам в 2006 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	Итого
Процент учащихся	0,10%	0,19%	6,91%	23,65%	23,28%	19,98%	15,74%	7,21%	2,26%	0,68%	100%
Число учащихся	90	175	6 242	21379	21 042	18 058	14 230	6 514	2 042	617	90 389

Здесь важно отметить, что при использовании тестовых баллов ЕГЭ (по 100-балльной шкале) необходимо оценить не только процентное выполнение тестируемым отдельных частей работы, но и объем, и сложность контрольно-измерительных материалов, и, кроме того, помнить, что школьная аттестационная отметка «4» начинается с 52 баллов, а отметка «5» с 70 баллов. Чтобы набрать, например, 65 баллов учащемуся необходимо было правильно выполнить не менее 22 заданий (из 34) частей А и В и правильно решить 3-4 задачи части С (набрав 9 баллов). Для получения же 90 баллов следовало, например, правильно выполнить не менее 32 заданий частей А и В (т.е. допустить лишь 2 ошибки) и «идеально» решить пять из шести задач части С.

Таблица 4.9

Распределение участников экзамена по полученным тестовым баллам в 2004-2006 годах

Год	Интервал шкалы тестовых баллов										Число участников
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	
2004	0,06%	0,40%	6,59%	22,24%	23,57%	25,76%	12,81%	6,33%	1,82%	0,42%	71 964
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

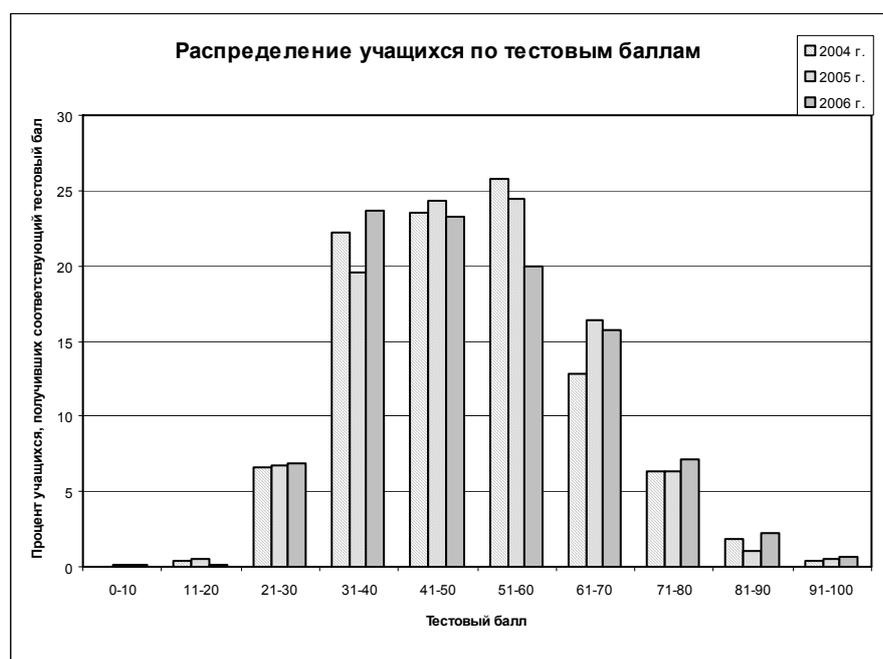


Рис. 4.1. Распределение участников экзамена по полученным тестовым баллам

Год от года растет и число выпускников, идеально справившихся с выполнением экзаменационного варианта по физике и получивших максимально возможный балл: в 2004 году – 6 чел., в 2005 году – 23 чел., в 2006 году – 33 чел. В этом году среди 100-балльников 30 юношей и 3 девушки. Двадцать шесть человек из числа получивших на экзамене максимальный балл обучались в школах с углубленным изучением предмета, гимназиях и лицеях. Среди выпускников лицея № 153 г. Уфы оказалось сразу два учащихся, набравших по 100 баллов.

Анализ результатов экзамена, выполненный *с учетом типа населенного пункта*, показал, что в целом качество выполнения КИМ выпускниками школ крупных городов выше, чем в сельских школах. Так в населенных пунктах сельского типа средний тестовый балл участников ЕГЭ составил 46,9 баллов, в городах населением 50-100 тыс. человек – 49,0 баллов, а в крупных городах населением более 680 тыс. человек он достигает 56,4 балла. Такие результаты обусловлены, вероятно, более широкими, по сравнению с селом, кадровыми возможностями городских школ, наличием специализированных классов, дающих профильную подготовку по физике, а также привлечением в крупных городах к подготовке выпускников вузовских преподавателей. Следует отметить, что «разрыв» средних баллов между сельскими школьниками и выпускниками крупных городов увеличился по сравнению с прошлым годом: в 2005 году результаты были соответственно 47,9 и 51,6 баллов.

Учащиеся сельских школ достаточно хорошо (на том же уровне, что и городские школьники) справляются с заданиями, в которых требуется применить при несложных расчетах различные формулы и законы. Однако они испытывают существенные затруднения при ответе на вопросы, которые довольно часто встречаются в различных сборниках тестовых заданий, но отсутствуют в типовых сборниках задач, входящих в комплектацию школьных кабинетов физики. Кроме того, выпускники сельских школ показывают значительно более низкие результаты при решении задач высо-

кого уровня: здесь проценты выполнения для отдельных оригинальных заданий различаются в 2-3 раза.

Учащиеся **различных типов образовательных учреждений** также отличаются по уровню подготовки. Здесь можно говорить о разбросе результатов между выпускниками средних общеобразовательных школ и школ, обеспечивающих повышенный образовательный уровень (школы с углубленным изучением предмета, гимназии, лицеи, гимназии-интернаты и лицеи-интернаты). К сожалению, малое количество участников ЕГЭ из других типов образовательных учреждений (вечерних (сменных) школ, кадетских школ, ОУ начального и среднего профессионального образования) не позволяет делать обоснованные выводы об отличиях в результатах их выпускников от учащихся СОУ или гимназий и лицеев.

На рисунке 4.2 приведены средние тестовые баллы групп тестируемых, обучавшихся в образовательных учреждениях различного типа.

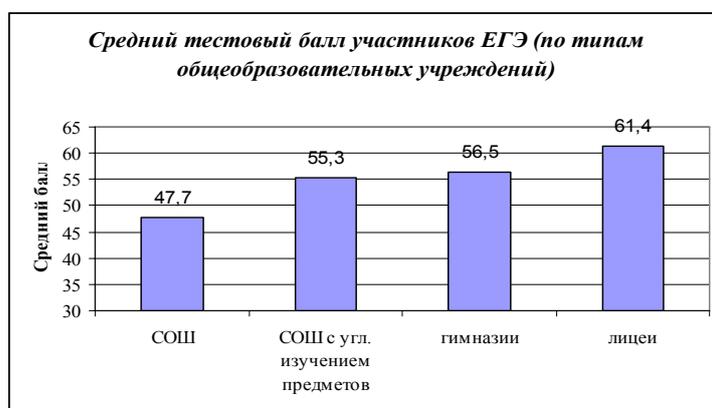


Рис. 4.2. Распределение среднего тестового балла учащихся в зависимости от типа общеобразовательного учреждения

К сожалению, в получаемых от участников ЕГЭ личных данных не отражается профиль класса, который они заканчивали, или объем учебных часов программы по физике, по которой они обучались. Поэтому, например, школа с углубленным изучением предмета могла быть ориентирована на профильное изучение физики, а могла оказаться и с углубленным изучением иностранного языка. Несмотря на это, можно говорить о том, что профильное обучение, реализуемое в гимназиях, лицеев или школах с углубленным изучением предметов, и повышенный уровень требований, предъявляемый, как правило, к учащимся в таких школах существенно сказываются на их уровне знаний и обеспечивают более успешные результаты при выполнении заданий ЕГЭ.

Анализ, проведенный по всем вариантам ЕГЭ-2006, показывает, что выпускники гимназий и лицеев демонстрируют более высокую математическую культуру при выполнении расчетных заданий, более свободно оперируют основными формулами и понятиями школьного курса физики. Для заданий базового уровня наибольшие отличия проявляются в заданиях по темам, которые, как правило, при жестком лимите времени остаются недостаточно проработанными при изучении общеобразовательного курса (элементы статики, потенциал электростатического поля, свойства электромагнитных волн, типы ядерных реакций, закон радиоактивного распада). Особенно сильный «отрыв» выпускники школ повышенного образовательного уровня демонстрируют при выполнении достаточно сложных комплексных заданий с выбором ответа или с кратким ответом, а также при решении задач с развернутым ответом.

Хотя экзамен по физике преимущественно выбирают юноши, число девушек, участвующих в ЕГЭ по этому предмету, постепенно растет (см. таблицу 4.5). Результа-

ты, демонстрируемые девушками, остаются несколько ниже, чем у юношей. Так в 2006 году средний тестовый балл у юношей составил 51,5 баллов, а у девушек – 47,5 баллов. «Разрыв» результатов между этими двумя группами выпускников наиболее значителен для сельских школ и практически не проявляется в крупных городах (здесь у девушек результаты даже несколько выше, чем у юношей).

В целом результаты девушек по выполнению различного типа заданий несколько отличаются от достижений юношей. Девушки демонстрируют более тщательную подготовку к ЕГЭ, связанную с проработкой публикуемой литературы и открытых вариантов прошлых лет, поскольку они показывают лучший средний процент выполнения для тех заданий (в том числе и сложных задач с развернутым ответом), аналоги которых уже встречались в ЕГЭ по физике. Они реже допускают арифметические ошибки при расчетах в типовых вопросах базового уровня, лучше отвечают на вопросы, направленные на проверку знания основных определений.

Однако их результаты в среднем ниже при выполнении заданий, направленных на применение знаний в измененной ситуации или сформулированных в нетрадиционной для типовых задачников форме. Кроме того, девушки, к сожалению, хуже справляются с заданиями, в которых используются те или иные технические объекты, особенно, если часть информации содержится в схематичном рисунке (рычаги, наклонная плоскость, шестерни, нестандартные оптические схемы).

4.4. Анализ выполнения экзаменационной работы по физике

Варианты ЕГЭ по физике содержали в первой и второй частях задания двух типов и различных уровней сложности (базовый и повышенный) по семнадцати основным темам всех разделов школьного курса физики. Исключение составляли темы «Статика» и «Элементы СТО», по которым предлагались лишь задания базового уровня.

Задачи с развернутым ответом высокого уровня сложности требовали применения знаний либо из различных тем одного раздела, либо из двух разделов курса физики одновременно. Однако по содержательной принадлежности их, как правило, относят к одной из тем по принципу «темы с наибольшим номером». (Например, если в задаче движение заряженной частицы под действием силы Лоренца, то ее относят к теме «Магнитное поле»). В таблице 4.10 представлены результаты выполнения заданий по основным темам в зависимости от их уровня¹.

Наибольший процент выполнения, как на базовом, так и на повышенном уровне имеют задания по теме «Механические колебания и волны. Звук». Наиболее сложными на базовом уровне оказались задания по статике, электромагнитной индукции и электромагнитным волнам, а на повышенном – по термодинамике и волновой оптике. Более подробно содержание заданий, вызвавших затруднения, рассмотрено ниже.

¹ Для анализа были выбраны варианты, которые выполняли сравнимые между собой группы экзаменуемых.

Таблица 4.10

№	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
<i>Механика</i>							
1	Кинематика	60	33-95	35	25-81	–	–
2	Динамика	59	33-87	41	24-71	–	–
3	Статика	46	29-76	–	–	–	–
4	Законы сохранения	62	30-87	45	27-80	22	17-41
5	Механические колебания и волны	71	68-73	59	41-72	5	3-6
<i>МКТ и термодинамика</i>							
6	Молекулярная физика	59	47-88	44	8-73	13	5-24
7	Термодинамика	59	34-92	21	16-24	10	7-14
<i>Электродинамика и элементы СТО</i>							
8	Электростатика	54	27-80	29	17-49	8	3-13
9	Постоянный ток	61	35-91	38	27-68	16	7-33
10	Магнитное поле	58	33-81	29	17-46	–	–
11	Электромагнитная индукция	51	40-74	38	28-73	15	11-20
12	Электромагнитные колебания и волны	46	38-69	35	33-40	–	–
13	Оптика	55	29-83	25	10-43	16	11-31
14	СТО	52	22-64	–	–	–	–
<i>Квантовая физика</i>							
15	Корпускулярно-волновой дуализм	62	42-81	33	22-42	14	6-31
16	Физика атома	63	43-78	–	–	15	8-23
17	Физика атомного ядра	60	33-90	32	20-63	2	1-2

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

Механика

Каждый вариант по физике содержал семь заданий базового уровня и два задания повышенного уровня с выбором ответа, которые проверяли различные элементы содержания по всем темам раздела «Механика». На уровне 65% выполнения и выше усвоены элементы знаний, проверяемые следующими заданиями базового уровня:

- определение скорости по графику зависимости пути от времени;
- определение ускорения по графику зависимости скорости от времени;
- определение пути по графику зависимости скорости от времени;
- третий закон Ньютона;
- проверка знания формулы второго закона Ньютона;
- закон Гука (сравнение жесткости или удлинения пружин);
- закон всемирного тяготения;
- проверка формулы для силы трения;
- проверка формулы для импульса тела;
- изменение импульса под действием постоянной силы;
- превращение потенциальной энергии в кинетическую (и обратно);
- условие плавания тел;
- чтение графика зависимости амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы;

- чтение графика зависимости координаты колеблющегося тела от времени;
- уравнения скорости и координаты тела, совершающего колебательное движение;
- звуковые волны (определение длины волны, частоты, периода колебаний);
- движение по окружности с постоянной скоростью (определение ускорения, скорости, периода, частоты).

На повышенном уровне успешно выполнялись задания на расчет параметров равноускоренного движения; применение закона Гука, формулы для силы трения, на движение искусственных спутников, на применение закона сохранения импульса к неупругому удару, закона сохранения энергии. В качестве примера приведем задание повышенного уровня, с которым справилось 52% учащихся.

Пример 4.1

Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной 0,4. Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

- 1) 9 Н 2) 7 Н 3) 5 Н 4) 4 Н

Наиболее проблемными были следующие задания:

1) Узнавание графика зависимости проекции ускорения от времени для соответствующего участка графика зависимости проекции скорости от времени. Основная ошибка здесь – выбор знака проекции ускорения.

2) Расчет времени, максимальной высоты подъема или начальной скорости для тел, брошенных вертикально вверх;

3) Направление векторов ускорения и равнодействующей силы.

4) Первый закон Ньютона (инерциальные системы отсчета).

Пример 4.2

Парашиютист спускается по вертикали с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчета, связанную с Землей, считают инерциальной. В этом случае

- 1) на него не действуют никакие силы
- 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю
- 3) сумма сил, приложенных к парашютисту, равна нулю
- 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю

В этом задании 49% учащихся выбрали правильный ответ, а 41% – четвертый дистрактор.

5) Независимость силы трения от площади опоры.

6) Определение веса тела в движущемся с ускорением лифте. Например, задание, в котором требовалось определить массу груза по показаниям динамометра (динамометр укреплен в лифте, движущемся с заданным ускорением) выполнили лишь 28% школьников.

7) Импульс тела и сложение скоростей. Например, с заданием, приведенном в примере 4.3, справились лишь 48% тестируемых.

Пример 4.3

Два автомобиля одинаковой массы m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем?

- 1) $3mv$ 2) $2mv$ 3) mv 4) 0

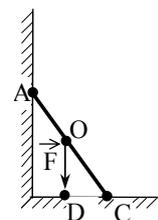
8) Условие равновесия рычага.

9) Момент силы.

Пример 4.4

На рисунке схематически изображена лестница AC , прислоненная к стене. Каков момент силы тяжести \vec{F} , действующей на лестницу, относительно точки C ?

- 1) $F \cdot OC$
- 2) $F \cdot OD$
- 3) $F \cdot AC$
- 4) $F \cdot DC$



Средний процент выполнения этой серии заданий – 42%.

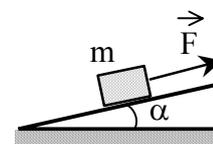
10) Равновесие разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах. С этой серией заданий хорошо справились лишь учащиеся с отличным уровнем подготовки.

11) КПД наклонной плоскости. Задания этой серии правильно выполняли не более 45% учащихся.

Пример 4.5

Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . Вверх по этой плоскости тащат ящик массой 90 кг, прикладывая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 600 Н. Коэффициент полезного действия наклонной плоскости равен

- 1) 67%
- 2) 75%
- 3) 80%
- 4) 100%



Два последних пункта касаются материала, который изучается в рамках курса физики основной школы. Столь низкий уровень выполнения этих заданий еще раз подтверждает значимость обобщающего повторения в 11 классе в процессе подготовки к экзаменам.

12) Формула для периода колебаний математического маятника. С заданиями, в которых необходимо было определить, как изменится период (или частота) колебаний маятника при изменении его длины, например, в 2 раза, справилось в среднем 46% выпускников. Та же закономерность снижения результатов выполнения наблюдается и в других заданиях, где необходимо извлекать квадратный корень.

При выполнении заданий повышенного уровня затруднения вызвали следующие элементы:

13) Расчет параметров равноускоренного движения при движении каретки по наклонной плоскости (на основе фотографии реального эксперимента).

14) Применение закона сохранения импульса и энергии к частично неупругому удару. Например, задание, где требовалось определить какая часть кинетической энергии перешла во внутреннюю, выполнили 35% школьников.

МКТ и термодинамика

По этому разделу в каждый вариант было включено семь заданий (6 – базового уровня и 1 – повышенного). Учащиеся продемонстрировали освоение следующих элементов знаний:

- строение газов, жидкостей и твердых тел;
- количество теплоты при нагревании (охлаждении) тела (формула, расчет, график);
- узнавание графиков изопроцессов;
- зависимость средней кинетической энергии хаотического движения молекул от температуры;
- давление идеального газа;
- применение уравнения состояния газа;

- графики зависимости температуры от времени при плавлении (кристаллизации), кипении (конденсации);
 - постоянство температуры кипения, плавления;
 - тепловое равновесие;
 - изменение внутренней энергии (график);
 - определение работы газа (или внешних сил) по графику зависимости давления от объема;
 - соотношение работы газа и полученного (отданного) количества теплоты на различных участках циклических процессов;
 - относительная влажность воздуха (формула);
- Сложными оказались задания, проверяющие следующие элементы знаний:
- особенности протекания диффузии и броуновского движения и их теоретическое объяснение;
 - определение вида изопроцесса по его описанию (например, вертикальную пробирку медленно опускают в воду);
 - изменение параметров газа при изменении температуры в различных процессах (например, неизменность средней энергии хаотического движения молекул газа в процессе его сжатия при постоянной температуре);
 - насыщенный и ненасыщенный пар;
 - направление теплопередачи (в тексте заданий были приведены температуры тел, а на рисунке указаны направления теплопередачи между ними, нужно было определить одно из тел заданной температуры);
 - первый закон термодинамики.

Например, приведенное ниже задание базового уровня правильно выполнили лишь 51% учащихся.

Пример 4.6

В сосуде под поршнем находится ненасыщенный пар. Его можно сделать насыщенным,

- 1) *повышая температуру*
- 2) *уменьшая объем сосуда*
- 3) *увеличивая внутреннюю энергию*
- 4) *добавляя в сосуд другой газ*

Электродинамика

Электродинамика – один из самых объемных разделов школьного курса физики. В первой части работы содержалось 8 заданий базового уровня и 2 задания повышенного уровня по всем темам электродинамики. Наиболее успешно учащиеся справились с заданиями, проверяющими следующие элементы содержания:

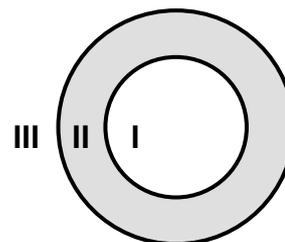
- закон сохранения заряда;
- закон Кулона;
- движение заряженной частицы в однородном электростатическом поле;
- связь работы и разности потенциалов электрического поля;
- емкость конденсатора;
- закон Ома для участка цепи;
- работа электрического тока;
- закон Джоуля-Ленца;
- последовательное и параллельное соединения проводников;
- взаимодействие полюсов магнита;
- магнитный поток;
- сила Ампера;

- формула Томсона;
- емкостное и индуктивное сопротивление;
- условия наблюдения интерференционных максимумов и минимумов;
- закон отражения света;
- закон преломления света;
- линза (основные лучи, построение изображений);
- дисперсия света.

Крайне низкими являются результаты выполнения заданий по теме «Проводники в электростатическом поле». Так, например, с заданием примера 4.7 справилось 27% учащихся.

Пример 4.7

На рисунке изображено сечение уединенного заряженного проводящего полого шара. I – область полости, II – область проводника, III – область вне проводника. Напряженность электрического поля, созданного этим шаром, равна нулю



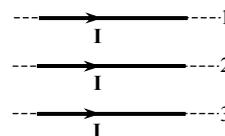
- 1) только в области I
- 2) только в области II
- 3) в областях I и II
- 4) в областях II и III

Анализ выполнения заданий по электродинамике показывает, что учащиеся плохо ориентируются в том, какие частицы являются носителями заряда при протекании тока в различных средах. Особенно это касается тех вопросов, в которых речь идет о примесной проводимости полупроводников. Сложными оказались также задания на определение направления силы Лоренца, на понимание основных свойств электромагнитных волн и условий их излучения; узнавание оптических явлений (интерференция, дифракция) и условия их наблюдения; электромагнитную индукцию;

На повышенном уровне одни из самых низких средних процентов выполнения имеют задания на условия возникновения тока в рамке, вращающейся в постоянном магнитном поле; на определение энергии свободных электромагнитных колебаний, а также задания на определение направления для силы Ампера. Одно из таких заданий (26% выполнения) приведено ниже.

Пример 4.8

На проводник №3 со стороны двух других проводников действует сила Ампера (см. рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы, I – сила тока. Сила Ампера в этом случае



- 1) направлена вверх ↑
- 2) направлена вниз ↓
- 3) направлена к нам ⊙
- 4) равна нулю

Квантовая физика

К этому разделу относилось три вопроса базового уровня и одно задание повышенной сложности. Результаты выполнения этих заданий говорят об усвоении следующих элементов содержания:

- энергия фотонов различных диапазонов электромагнитных излучений;
- линейчатые спектры;

- импульс фотона;
- уравнение Эйнштейна для фотоэффекта;
- виды радиоактивных излучений;
- строение ядра атома различных изотопов;
- закон сохранения заряда и массового числа в ядерных реакциях.

В качестве примера ниже приведено задание по данной теме, с которым справились 88% участников экзамена.

Пример 4.9

При распаде ядра изотопа лития ${}^8_3\text{Li}$ образовались два одинаковых ядра и β -частица. Два одинаковых ядра – это ядра
 1) водорода 2) гелия 3) бора 4) дейтерия

Две серии заданий базового уровня по этому разделу вызвали затруднения. Так лишь около 46% выполнения имели вопросы на энергию покоя. Только 42% справились с выполнением заданий на закон радиоактивного распада. В них необходимо было определить точку, через которую пройдет график зависимости числа нераспавшихся ядер от времени для данного радиоактивного элемента.

Среди вопросов повышенного уровня наиболее сложными оказались задания на определение энергетического выхода ядерной реакции (26% выполнения) и определение постоянной Планка по результатам опыта по фотоэффекту (30%). Одно из таких заданий приведено ниже.

Пример 4.10

В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, назвали задерживающим напряжением.

В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины.

Задерживающее напряжение $U, В$	0,4	0,6
Частота $\nu, 10^{14} Гц$	5,5	6,1

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1) $4,6 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$ 2) $5,3 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$ 3) $7,0 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$ 4) $6,3 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$

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

В вариантах единого экзамена в настоящее время используется лишь один тип заданий с кратким ответом: расчетные задачи повышенного уровня сложности по различным разделам курса физики. Ниже перечислена тематика заданий с кратким ответом, включенных в варианты 2006 года, и приведены средние проценты выполнения каждой серии задач.

- В1 – движение по окружности – 65%; потенциальная энергия и работа силы трения – 40%; равноускоренное движение (скорость и перемещение) – 29%; движение тела под углом к горизонту – 21%; закон сохранения импульса при неупругом ударе – 34%.
- В2 – уравнение теплового баланса – 45%; относительная влажность воздуха – 18%; применение первого закона термодинамики к изопроцессам – 20%.
- В3 – движение заряженной частицы в электростатическом поле – 29%; движение по окружности заряженной частицы в магнитном поле – 29%.

В4 – линза (основные лучи, схема) – 32%; формула для дифракционной решетки – 34%; геометрическая оптика (площадь тени, полутени) – 21%; закон преломления света (призма) – 30%; формула линзы – 25%.

В разделе «Механика» наибольшие затруднения вызвали задания на движение тел под углом к горизонту. Например, с нахождением начальной скорости камня, брошенного под углом к горизонту, при известных значения времени подъема до максимальной высоты и скорости камня в верхней точке траектории справляется 23% школьников.

Традиционно сложными являются для выпускников задачи по теме «Влажность воздуха». Здесь в варианты были включены два типа заданий: определение массы воды, сконденсировавшейся при охлаждении воздуха, и работа с таблицей зависимости давления водяного пара от температуры.

Анализ спектров ответов учащихся на задания В1-В4 показывает, что выпускники подчас используют значения физических величин и постоянных, отличные от приведенных в справочной таблице варианта, не всегда справляются с округлением чисел или переводом величин в заданные единицы. Все это создает дополнительные трудности при проверке заданий с кратким ответом.

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

В третьей части экзаменационной работы содержались задачи высокого уровня сложности по всем разделам школьного курса физики. По принятым критериям оценивания заданий с развернутым ответом полное правильное решение задачи должно было содержать следующие элементы:

- 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;
- 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

Проверка выполнения заданий с развернутым ответом проводилась региональными предметными комиссиями по обобщенным критериям оценки. В системе оценивания по возможности были учтены наиболее типичные ошибки или недочеты, допускаемые учащимися, и определено их влияние на оценивание. Для каждого задания, в качестве справки и для контроля правильности требуемого ответа, приводился авторский способ решения. Однако предлагаемый разработчиками КИМов способ (метод) решения не являлся определяющим для построения шкалы оценивания работ учащихся.

В некоторых случаях в обобщенную систему оценивания включались дополнительные требования. Так в КИМах встречался ряд задач (например, по геометрической оптике), при решении которых обязательно *наличие рисунка*. В этом случае отсутствие рисунка в работе учащегося приводит к снижению оценки на один балл. Оценивание задач, в условиях которых приводились фотографии реальных экспериментов, учитывало необходимость *правильной записи показаний приборов*. Если показания приборов в работе экзаменуемого были записаны неверно, и отклонение в записи превышало цену деления прибора, то эксперт имел право снизить оценку на один балл.

В материалах для подготовки экспертов региональных предметных комиссий дополнительно оговаривались недочеты, которые не влияли на оценивание. Например, если в решении задачи были записаны законы или формулы, которые затем не использовались в ходе решения, то ошибки в записях этих законов не являлись основанием для снижения оценки.

К выполнению заданий с развернутым ответом в среднем приступало 61,3% от общего числа тестируемых. Причем это число сильно варьировалось по регионам: от 90% до 34%. Количество учащихся, получивших за решение задач третьей части, один и более баллов составляет в среднем 48%.

Ниже перечислена тематика задач из разных серий вариантов ЕГЭ 2006 года и средние проценты выполнения каждой серии заданий (суммарный процент набравших за решение задачи 2 или 3 балла).

- C1 – применение законов сохранения импульса и энергии при упругом и неупругом ударе (пуля пробивает подвешенный на нити шар – 35%, брусок соскальзывает с наклонной плоскости и сталкивается с другим бруском – 44%, разрыв снаряда на два осколка – 19%); движение тел под углом к горизонту – 24%.
- C2 – использование уравнения состояния идеального газа и условий плавания тел в жидкости или газе (воздушный шар – 13%, водонепроницаемый мешок в воде – 17%); использование уравнения Менделеева-Клапейрона (определение числа молекул, график – 66%, параметров для смеси газов – 14%).
- C3 – нагревание проводника при протекании постоянного тока – 51%; конденсатор в цепи постоянного тока – 22%; задача по фотографиям реального эксперимента (движение каретки под действием электродвигателя) – 54%; нагревания сосуда с воздухом электрическим нагревателем – 41%; отклонение подвешенного на пружинках проводника с током в магнитном поле – 17%.
- C4 – ЭДС индукции в движущемся проводнике (катушка поворачивается вокруг оси в магнитном поле – 28%, проводник равноускоренно движется в магнитном поле – 43%, изменение магнитного потока, пронизывающего проводящий контур – 42%); применение закона преломления света (свая, погруженная в воду, отбрасывает тень) – 38%; интерференция света в мыльной пленке, имеющей форму клина – 3%.
- C5 – явление фотоэффекта (уравнение Эйнштейна, движение электронов в электрическом поле) – 53%; применение постулатов Бора и формулы для энергии фотона – 28%; применение законов сохранения энергии и импульса к продуктам ядерной реакции – 16%; дифракция электронов (формула дифракционной решетки и взаимосвязь импульса и длины волны) – 14%.
- C6 – гармонические колебания под действием силы Архимеда (например, поплавков в воде) – 17%; движение заряженных частиц в электрическом поле плоского конденсатора – 34%; превращение механической энергии во внутреннюю энергию идеального газа (пуля попадает в поршень цилиндра с газом) – 28%; равноускоренное движение под действием силы давления при зеркальном отражении света – 23%; возникновение индукционных токов при движении проводящей рамки между полюсами постоянного магнита – 12%.

Наиболее успешно участники экзамена справлялись с задачами по разделу «Механика», по теме «Постоянный ток», а также на применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта.

Низкий уровень выполнения заданий по разделу «МКТ и термодинамика» объясняется комплексным характером большей части задач. Здесь, например, необходимо было применить знания по гидростатике и разобраться с процессами, происходящими с газами. Как правило, в стандартном курсе физики такие задания предлагаются как две отдельные задачи в разных разделах.

Из всех предлагавшихся на экзамене задач по электродинамике самой сложной оказалась задача, в которой горизонтальный подвешенный на пружинках проводник с током отклонялся на некоторый угол в магнитном поле. Необходимо было, например, определить коэффициент упругости пружинки, зная длину и площадь поперечного се-

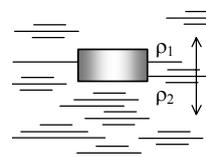
чения проводника, плотность материала проводника, силу тока, индукцию магнитного поля и удлинение пружинок. Приступали к решению этих задач около 44% тестируемых, 27% школьников удалось только понять смысл описанных в задаче процессов и записать необходимые уравнения, получив при этом лишь 1 балл, довести же решение до логического конца сумели лишь 17% от числа выполнявших эти варианты.

Самой трудной из всех заданий высокого уровня сложности оказалась задача на интерференцию света в мыльной пленке, имеющей форму клина. Хотя для решения этих задач необходимо было применить лишь условие для наблюдения максимума (или минимума) интерференции и простейшие тригонометрические соотношения для прямоугольного треугольника, приступить к их решению рискнули в среднем не более 15% учащихся. Большая часть из них (примерно 3%) набрали за решение по 1 баллу.

Среди задач, стоящих в вариантах под номером С6, наибольшие затруднения вызвали задачи на гармонические колебания и движение рамки в магнитном поле. Пример задачи первого типа приведен ниже.

Пример 4.11

Однородный цилиндр с площадью поперечного сечения 10^{-2} м^2 плавает на границе несмешивающихся жидкостей с плотностью 800 кг/м^3 и 1000 кг/м^3 (см. рисунок). Пренебрегая сопротивлением жидкостей, определите массу



цилиндра, если период его малых вертикальных колебаний $\frac{\pi}{5} \text{ с}$.

Полностью довести до конца решение таких заданий удалось примерно 9% учащихся.

С задачами на движение металлической рамки в поле постоянного магнита пыталось справиться около 34% учащихся, но большинству из них (примерно 22%) удалось набрать лишь 1 балл, полностью же решить задачу, получив 3 балла, сумели только 3% от общего числа выполнявших данную серию вариантов.

Представляет интерес и распределение учащихся по баллам (0, 1, 2 или 3 балла) при решении различных задач с развернутым ответом, поскольку оно отражает динамику выполнения отдельных заданий. На рисунке 4.3 для одного из вариантов показано для каждой задачи С1-С6 распределение ответов тестируемых, приступивших к решению задач, по баллам.



Рис. 4.3. Распределение экзаменуемых, выполнявших задания с развернутым ответом, по полученным первичным баллам за каждое из заданий с развернутым ответом

Практически в любом варианте наиболее привлекательными для решения оказываются задачи по механике. В приведенном примере к решению задачи на применение закона сохранения импульса и энергии приступило 68% учащихся из числа выполнивших данный вариант. Текст задачи приведен ниже.

Пример 4.12

Брусок массой $m_1 = 500$ г соскальзывает по наклонной поверхности с высоты $h = 0,8$ м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300$ г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите изменение кинетической энергии первого бруска в результате столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

Полностью справились с ее решением 20% тестируемых, 10% допустили в процессе решения ошибки (в основном, в математических преобразованиях) и получили по 2 балла, около 19% смогли записать лишь основные законы, необходимые для решения задачи, и получили по 1 баллу. Такого типа задачи при среднем проценте выполнения 30-40% правильно решают от 70 до 80% учащихся, относящихся к сильной группе.

Обманчиво простой оказалась учащимся задача С2, требующая применения знаний из механики и МКТ.

Пример 4.13

Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. Он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха 17 °С, а давление 10^5 Па, груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

К решению этой задачи приступало около 43% учащихся, но 29% получивших 0 баллов сумели справиться лишь с «механической» частью задачи. Решить же задачу удалось лишь 3,8% выпускников. В результате задачи такого типа, встречавшиеся в трех из пяти сериях вариантов, оказались одними из самых сложных среди заданий с развернутым ответом.

Задача С3 по разделу «Электродинамика» в данном варианте содержала фотографию экспериментальной установки, в которой электродвигатель с помощью нити равномерно перемещает каретку. При движении каретки фиксируется время и пройденный путь. Кроме необходимых формул, здесь нужно было правильно записать показания амперметра, вольтметра, секундомера и определить пройденный путь. Приступало к решению этой задачи 36% учащихся, полностью решило 16,1%, хотя 3,9% максимальная оценка была снижена до двух баллов за счет недочетов, в том числе и связанных с неверным определением цены деления приборов и снятием показаний.

В задаче С4 по геометрической оптике в качестве дополнительного требования необходимо было привести рисунок, поясняющий ход лучей.

Пример 4.14

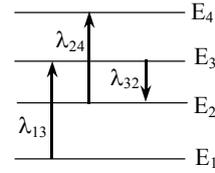
В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

С задачами этого типа справлялось от 17 до 28% учащихся (набирали 2-3 балла). Поскольку единственным физическим законом, необходимым для решения этих задач был закон преломления света, то основная масса недочетов и ошибок была связана с неверным использованием тригонометрических формул и геометрических соотношений.

Приведенная ниже задача С5 оказалась вполне «решаемой» 43% учащихся.

Пример 4.15

На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова длина волны для фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 , если $\lambda_{13} = 400$ нм, $\lambda_{24} = 500$ нм, $\lambda_{32} = 600$ нм?

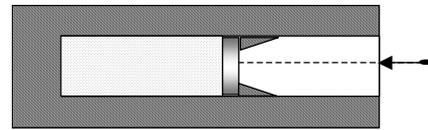


Однако 9% получили за ее решение 0 баллов, а 12% смогли лишь записать выражения для энергии фотона и связи длины волны с частотой света, не справившись с математическими выкладками. Наиболее «типичной» ошибкой в этих задачах являлось сложение или вычитание величин для длин волн, аналогично тому, как можно оперировать с частотами, излучаемыми или поглощаемыми при переходах с одного энергетического уровня на другой.

В качестве заданий С6 использовались комплексные задачи по разным разделам физики. В этом варианте для решения последней задачи требовалось использовать знания по механике и термодинамике.

Пример 4.16

В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится 0,1 моль гелия, запертого поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нем. Как изменится температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с сосудом и поршнем.



В силу оригинальности этой серии задач к их решению приступало не более 30% учащихся, а 3 балла набирали от 6 до 12% выпускников.

В настоящее время при решении заданий с развернутым ответом не требуется записи каких-либо комментариев об используемых законах или формулах, перевода всех заданных в условии задачи физических величин в СИ и проверки полученного ответа «в общем виде» по единицам измерения входящих в неё величин. Однако следует отметить, что работы учащихся с высоким уровнем подготовки и, в частности, получивших на экзамене 100 баллов, отличает наличие комментариев и обоснований выбранной физической модели. Ниже в качестве примера приведено решение одной из задач (аналогичной примеру 4.16) выпускником, набравшим в едином экзамене 100 баллов.

Св: Дано:

$$m_{\text{пули}} = 90 \text{ г} = 0,09 \text{ кг}$$

$$m_{\text{пушки}} = 10 \text{ кг} = 0,01 \text{ кг}$$

$$\Delta T = 64 \text{ К}$$

$$v_{\text{пули}} = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найти:
 v - ?

Решение:

Будем считать, что удар пули в поршень происходит ~~очень~~ очень быстро т.е. за время удара поршень не успевае^т сместиться

Тогда по закону сохранения импульса:
 $m_{\text{пули}} \cdot v_{\text{пули}} = (m_{\text{пули}} + m_{\text{пушки}}) v$, где v - скор. поршня сразу после удара

$$v = \frac{m_{\text{пули}}}{m_{\text{пули}} + m_{\text{пушки}}} v_{\text{пули}}$$

Кинетич. энергия поршня с пулей сразу после удара:

$$E_{k1} = \frac{(m_{\text{пули}} + m_{\text{пушки}}) v^2}{2} = \frac{m_{\text{пули}}^2 v_{\text{пули}}^2}{2(m_{\text{пули}} + m_{\text{пушки}})}$$

П.к. теплообмена ^с окружающей средой нет, то выполняется закон сохр. энергии для системы газ - поршень с пулей:

$$E_{k1} + U_1 = E_{k2} + U_2, \text{ где } E_{k2} - \text{кин. энергия поршня с пулей в момент остановки (} E_{k2} = 0 \text{)}$$

U_1 и U_2 - внутр. энергии газа до удара пули и в момент остановки соответственно.

$$E_{k1} = U_2 - U_1 = \Delta U_{12}, \text{ где } \Delta U_{12} - \text{измен. внутр. энергии газа в результате данного процесса}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T, \text{ т.к. газ - одноат. газ}$$

$$\frac{m_{\text{пули}}^2 v_{\text{пули}}^2}{2(m_{\text{пули}} + m_{\text{пушки}})} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow v = \frac{m_{\text{пули}} v_{\text{пули}}}{3(m_{\text{пули}} + m_{\text{пушки}}) R \Delta T} = \frac{0,09^2 \cdot 400^2}{3 \cdot (0,09 + 0,01) \cdot 9,31 \cdot 64} \text{ м/с} \approx 0,1 \text{ м/с}$$

Ответ: $v \approx 0,1 \text{ м/с}$

4.4.4. Динамика выполнения отдельных заданий ЕГЭ в 2002-2006 годах

На протяжении пяти лет в ЕГЭ по физике используется ряд заданий, анализ выполнения которых позволяет говорить о некоторых тенденциях в изменении качества знаний выпускников. Ниже приведены примеры таких заданий с выбором ответа, которые направлены на проверку различных умений, и показаны средние проценты выполнения этих заданий при их использовании в экзаменационных вариантах различных лет.

Пример 4.17 Применение закона всемирного тяготения (базовый уровень, расчетное задание). 2002 год – 67%, 2006 год – 78%.

Расстояние между центрами двух шаров равно 1 м, масса каждого шара 1 кг. Сила всемирного тяготения между ними примерно равна

- 1) 1 Н 2) 0,001 Н 3) $7 \cdot 10^{-5}$ Н 4) $7 \cdot 10^{-11}$ Н

Пример 4.18 Изменение импульса тела (базовый уровень, расчетное задание). 2005 год – 69%, 2006 год – 73%.

Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы величиной 4 Н за 2 с импульс тела увеличился и стал равен 20 кг·м/с. Первоначальный импульс тела равен

- 1) 4 кг·м/с 2) 8 кг·м/с 3) 12 кг·м/с 4) 28 кг·м/с

Пример 4.19 Применение уравнения Менделеева-Клапейрона (базовый уровень, расчетное задание). 2004 год – 55%, 2006 год – 64%.

В резервуаре находится 20 кг азота при температуре 300 К и давлении 10^5 Па. Каков объем резервуара?

- 1) $17,8 \text{ м}^3$ 2) $1,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ 3) $35,6 \text{ м}^3$ 4) $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$

Пример 4.20 Сила тока (базовый уровень, расчетное задание). 2005 год – 75%, 2006 год – 77%.

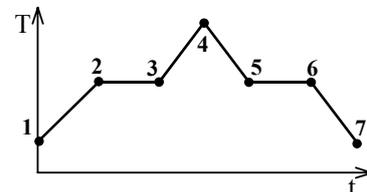
Сила тока, текущего по проводнику, равна 2 А. Какой заряд пройдет по проводнику за 10 с?
 1) 0,2 Кл 2) 5 Кл 3) 20 Кл 4) 2 Кл

Приведенные в примерах 4.17-4.20 задания проверяют умение применять физические формулы и законы в простейших расчетных задачах. Для такого типа заданий наблюдаются стабильные результаты выполнения, соответствующие экспертному уровню сложности. Анализ выбираемых дистракторов показывает, что ошибки в этих вопросах связаны, прежде всего, с арифметическими недочетами или погрешностями при переводе единиц в СИ (если в задании величины приводятся, например, в см, кН и т.п.).

В примерах 4.21-4.24 приведены задания, в которых используются графики, несущие дополнительную информацию.

Пример 4.21 Агрегатные превращения веществ (базовый уровень, чтение графика). 2003 год – 73%, 2006 год – 79%.

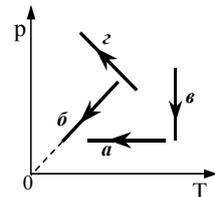
На рисунке показан график зависимости температуры T вещества от времени t . В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какая из точек соответствует началу процесса плавления вещества?



- 1) 5 2) 2 3) 3 4) 6

Пример 4.22 Изопроцессы (базовый уровень, чтение графика). 2004 год – 53%, 2006 год – 73%.

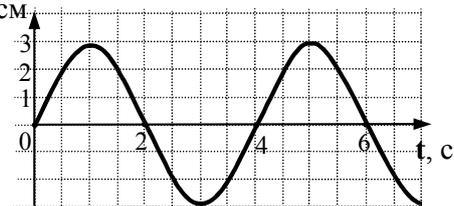
На рисунке показаны графики четырех процессов изменения состояния идеального газа. Изотермическим расширением является процесс



- 1) а 2) б 3) в 4) г

Пример 4.23 Гармонические колебания (базовый уровень, чтение графика). 2003 год – 54%, 2006 год – 73%.

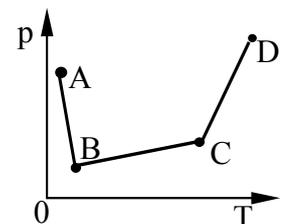
На рисунке дан график зависимости координаты x , см, тела от времени. Частота колебаний тела равна



- 1) $\approx 0,12$ Гц
 2) 0,25 Гц
 3) 0,5 Гц
 4) 4 Гц

Пример 4.24 Изменение параметров газа в изопроцессах (повышенный уровень, чтение графика). 2004 год – 35%, 2006 год – 41%.

В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. На рисунке показана зависимость давления газа от температуры при изменении его состояния. Какому состоянию газа соответствует наибольший его объем?



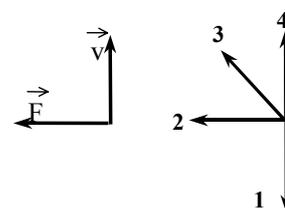
- 1) А 2) В 3) С 4) D

Следует отметить, что задания с использованием графиков за последнее время показывают наиболее быстрый темп роста среднего процента выполнения. Если в 2002-2004 гг. выпускники хорошо справлялись (средний процент выполнения больше 60%) лишь с заданиями базового уровня по графикам равномерного и равноускоренного движения и графикам изопроцессов, то результаты 2005-2006 гг. показывают достаточно хороший уровень понимания графиков практически по всем разделам курса физики. Например, с графиком зависимости кулоновской силы от расстояния в 2002 году справлялось лишь 50% тестируемых, а в этом году уже 72%.

Примеры 4.25 и 4.26 являются частью целой серии заданий, направленных на проверку понимания смысла основных понятий, законов и теорий школьного курса физики. По своей формулировке и контролируемому элементу знаний они относятся к заданиям базового уровня.

Пример 4.25 Второй закон Ньютона. Сонаправленность векторов силы и ускорения (базовый уровень, качественный вопрос). 2004 год – 47%, 2006 год – 49%.

На левом рисунке представлены вектор скорости и вектор равнодействующей всех сил, действующих на тело. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора ускорения этого тела в инерциальных системах отсчета?



- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

Пример 4.26 Электромагнитные волны (базовый уровень, качественный вопрос). 2002 год – 45%, 2006 год – 45%.

При распространении электромагнитной волны в вакууме

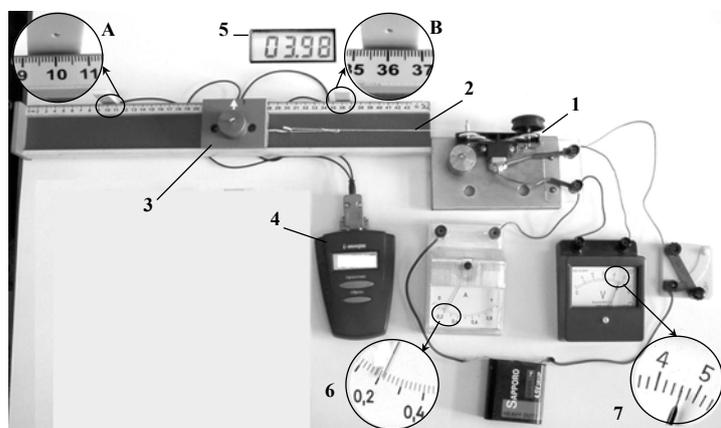
- 1) происходит только перенос энергии
- 2) происходит только перенос импульса
- 3) происходит перенос и энергии, и импульса
- 4) не происходит переноса ни энергии, ни импульса

Как видно из приведенных примеров, средний процент выполнения таких заданий крайне редко превышает 50%. К сожалению, в этом случае можно говорить о некотором формализме в изучении физики, заучивании всевозможных формул и законов без должного понимания сути физических процессов и явлений, которые они описывают.

В течение трех последних лет в ЕГЭ по физике используются задания по фотографиям реальных опытов. Такие задания бывают как с выбором ответа, так и с развернутым ответом.

Пример 4.27 КПД электродвигателя (высокий уровень, использование фотографии реального эксперимента). 2004 год – 12%, 2005 год – 25%, 2006 год – 27%.

На фотографии представлена установка, в которой электродвигатель (1) с помощью нити (2) равномерно перемещает каретку (3) вдоль направляющей горизонтальной линейки. При прохождении каретки мимо датчика А секундомер (4) включается, а при прохождении каретки мимо датчика В секундомер выключается.



После измерения силы тока (6), напряжения (7) и времени (дисплей 5) ученик с помощью динамометра измерил силу трения скольжения каретки по направляющей. Она оказалась равной 0,4 Н. Рассчитайте отношение α работы силы упругости нити к работе электрического тока во внешней цепи.

Такие задания кроме соответствующих формул и законов проверяют еще и некоторые практические умения, которые в школьном курсе физики формируются при выполнении лабораторных работ. Как правило, использование фотографии существенно увеличивает трудность задания. Сравнение результатов выполнения заданий, однотипных по содержанию, но различных по способу представления информации (например, фотография экспериментальной установки и схема электрической цепи), позволяет говорить о необходимости уделять больше внимания формированию практических умений, более полно использовать практические работы на реальном оборудовании при изучении физики.

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

Экзаменационный тест по физике построен по принципу постепенного увеличения сложности заданий и, следовательно, должен хорошо дифференцировать группы учащихся с различным уровнем подготовки. На рисунке 4.4² показаны результаты выполнения заданий всех трех частей экзаменационной работы учащимися с различным уровнем подготовки.

² Смысл показателя «процент выполнения» для разного типа заданий различен. Для заданий с выбором ответа и кратким ответом он соответствует проценту экзаменуемых, правильно выполнивших задание; для заданий с развернутым ответом – проценту от максимального балла за выполнение задания.

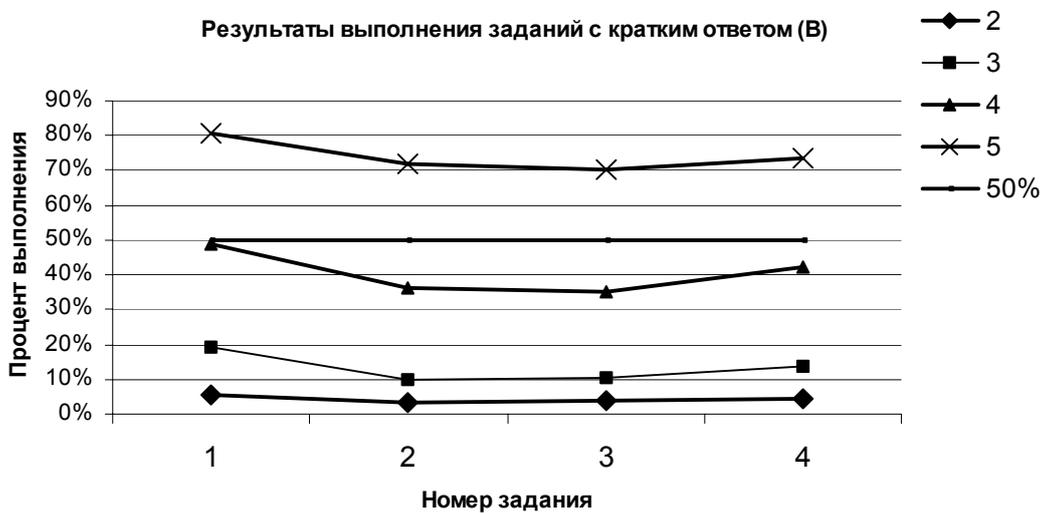
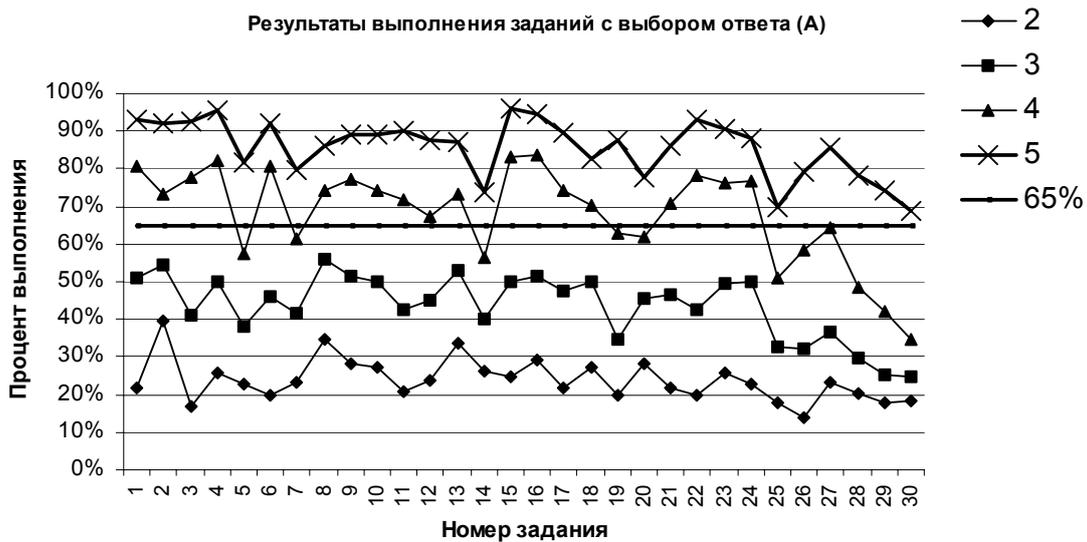


Рис. 4.4. Результаты выполнения экзаменационной работы выпускниками с различным уровнем подготовки

На рисунке 4.5 показано распределение качества выполнения заданий различного типа и сложности группами тестируемых, имеющими разные уровни подготовки.



Рис. 4.5. Диаграмма, демонстрирующая качество выполнения заданий всех частей работы разного уровня сложности учащимися, имеющими различный уровень подготовки

Данные, представленные на рисунках 4.4 и 4.5 показывают, что дифференциация по всем четырем группам учащихся наиболее эффективно идет при выполнении заданий с выбором ответа (часть 1). Для заданий базового уровня разница в среднем проценте выполнения между группами с неудовлетворительной, удовлетворительной и хорошей подготовкой составляет примерно 24%. Меньшую разницу показывают на этих заданиях «отличники» и «хорошисты»: средний процент выполнения отличается на 15%. При решении задач повышенной сложности (часть 2) идет существенная дифференциация учащихся, получивших отметки «3», «4» и «5». Решение задач высокого уровня сложности третьей части работы служит для выявления «лучших из лучших», т.е. успешно дифференцирует тестируемых с хорошей и отличной подготовкой.

В таблице 4.11 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 развернутым ответом.

Таблица 4.11

Описание уровня подготовки выпускников школ, получивших различные отметки на экзамене

Описание категорий участников экзамена	Описание уровня подготовки категорий участников экзамена
<p>Неудовлетворительный уровень подготовки</p> <p>Отметка – «2»</p> <p>Тестовый балл – 0-34</p> <p>Первичный балл – 0-9</p> <p>Число выпускников в данной группе – 14 417 (16,0%)</p>	<p>Освоены лишь некоторые вопросы из различных разделов школьного курса физики:</p> <p style="text-align: center;"><i>Задания базового уровня сложности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • определение ускорения по графику зависимости модуля скорости от времени при равноускоренном движении; • расчет пути при равномерном движении по графику зависимости скорости от времени; • расчет центростремительного ускорения (при заданной скорости и радиусе) при движении по окружности; • второй закон Ньютона (расчет ускорения или силы);

	<ul style="list-style-type: none"> • тепловое равновесие (равенство температур); • расчет силы постоянного тока по известному пройденному заряду и времени; • расчет последовательного соединения проводников; • применение закона сохранения заряда в ядерных реакциях.
<p>Удовлетворительный уровень подготовки Отметка – «3» Тестовый балл – 35-51 Первичный балл – 10-19 Число выпускников в данной группе – 37 439 (41,4%)</p>	<p>Дополнительно к элементам знаний и умений, освоенным выпускниками предыдущей группы, данная группа продемонстрировала владение следующим материалом:</p> <p style="text-align: center;"><i>Задания базового уровня сложности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • определение скорости равномерного движения по графику зависимости пути от времени; • определение пути при равноускоренном движении по графику зависимости скорости от времени; • закон Гука (формула, расчет); • чтение графика зависимости амплитуды установившихся колебаний от частоты вынуждающей силы; • условия плавания тел; • закон сохранения механической энергии при свободном падении тел (формула, расчет); • особенности строения кристаллических тел; • узнавание графиков изопроцессов; • КПД идеальной тепловой машины (формула, расчет); • взаимодействие зарядов; • закон сохранения заряда; • закон Кулона (формула, расчет); • определение работы при перемещении заряда в электрическом поле (формула, расчет); • определение емкости конденсатора по известным заряду обкладок и напряжению между ними (формула, расчет); • закон Ома для полной цепи (формула, расчет); • взаимодействие полюсов магнита; • сила Ампера (формула); • закон отражения света; • применение законов сохранения заряда и массового числа к ядерным реакциям.
<p>Хороший уровень подготовки Отметка – «4» Тестовый балл – 52-69 Первичный балл – 20-33 Число выпускников в данной группе – 28 111 (31,1%)</p>	<p>Дополнительно к элементам знаний и умений, освоенным выпускниками предыдущей группы, данная группа продемонстрировала владение следующим материалом:</p> <p style="text-align: center;"><i>Задания базового уровня сложности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • кинематика (основные формулы, расчет, графики); • инерциальная система отсчета; • сила трения (формула, независимость от площади опоры); • закон всемирного тяготения; • импульс тела (формула, расчет); • закон сохранения импульса; • условие равновесия рычага (формула, расчет); • гармонические колебания (формула, чтение графика); • скорость звука; • период колебаний математического маятника; • движение по окружности с постоянной скоростью (ускорение, скорость, расчет); • давление твердых тел; • основные свойства кристаллических и аморфных тел; • средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа; • связь температуры со средней квадратичной скоростью теплового движения молекул; • давление идеального газа;

	<ul style="list-style-type: none"> • первый закон термодинамики; • насыщенный и ненасыщенный пары, относительная влажность воздуха; • удельная теплоемкость, фазовые переходы (графики, изменение энергии); • уравнение Менделеева-Клапейрона; • тепловое равновесие, теплопередача; • электризация тел; • зависимость емкости плоского конденсатора от площади обкладок и расстояния между ними; • определение сопротивления смешанных соединений проводников; • закон Ома для участка цепи (фотография реального эксперимента); • закон Джоуля-Ленца; • магнитный поток; • вектор магнитной индукции (направление); • ЭДС индукции; • формула Томсона; • емкостное и индуктивное сопротивления (графики); • геометрическая оптика (зеркала, линзы); • энергия и импульс фотона; • уравнение для фотоэффекта; • энергия покоя; • постулаты Бора; • виды радиоактивных излучений; • строение ядра атома. <p style="text-align: center;"><i>Задания повышенного уровня сложности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • применение второго закона Ньютона и закона Гука; • применение закона сохранения импульса при неупругом взаимодействии; • применение закона сохранения энергии, кинетическая и потенциальная энергии; • применение уравнения состояния газа; • напряженность электростатического поля (графическая задача); • энергия электрического поля конденсатора или магнитного поля в катушке колебательного контура; • задачи на уравнение теплового баланса; • задачи по геометрической оптике (прямолинейное распространение света (тень), формула линзы); • задачи на движение заряженной частицы в магнитном поле.
<p>Отличный уровень подготовки Отметка – «5» Тестовый балл – 70-100 Первичный балл – 34-52 Число выпускников в данной группе – 10 422 (11,5%)</p>	<p>Дополнительно к элементам знаний и умений, освоенным выпускниками предыдущей группы, данная группа продемонстрировала владение следующим материалом:</p> <p style="text-align: center;"><i>Задания базового уровня сложности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • второй закон Ньютона (сонаправленность векторов ускорения и равнодействующей силы); • понимание смысла третьего закона Ньютона; • изменение веса тела (в ускоренно движущемся лифте); • элементы статики (момент силы); • равновесие разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах; • условия плавания тел; • КПД простых механизмов; • изопрцессы (узнавание процесса в описанной ситуации); • проводники и диэлектрики в электростатическом поле; • носители электрического заряда при протекании тока в различных средах; • определение показателя преломления (задания по фотографиям реального опыта);

	<ul style="list-style-type: none"> • особенности наблюдения интерференции и дифракции. <i>Задания повышенного уровня сложности</i> • применение второго закона Ньютона и формулы для силы трения; • определение параметров идеального газа в изопроцессах (расчет, графики); • мощность электрического тока при последовательном и параллельном соединении проводников; • расчет электрических цепей (закон Ома для полной цепи и смешанные соединения проводников); • определение ЭДС индукции по графику зависимости магнитного потока от времени; • закон радиоактивного распада (графики, расчет); • задачи на движение заряженной частицы в электрическом поле; • задачи на применение закон Ома для полной цепи и закона Джоуля-Ленца; • задачи на преломление света в призме. <i>Задачи высокого уровня сложности</i> • на движение тела под углом к горизонту; • на применение законов сохранения импульса и энергии при неупругом ударе; • на нагревание проводника при протекании постоянного тока; • на определение ЭДС индукции (при движении проводника в магнитном поле); • на применение закона преломления света;
--	--

Участники экзамена с неудовлетворительным уровнем подготовки продемонстрировали лишь отрывочные бессистемные знания и крайне низкий уровень владения материалом. Выпускники этой группы, как правило, не приступали к выполнению заданий с развернутым ответом, для задач с кратким ответом средневзвешенный процент выполнения составляет около 5%, а по заданиям с выбором ответа – колеблется от 17 до 39%.

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

Пример 4.28 (базовый уровень)

В инерциальной системе отсчета сила 80 Н сообщает некоторому телу ускорение 8 м/с². Какое ускорение сообщит этому телу сила 40 Н?

- 1) 2 м/с² 2) 4 м/с² 3) 8 м/с² 4) 16 м/с²

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
95	78	92	98	99

Пример 4.29 (базовый уровень)

Воздух в комнате состоит из смеси газов: водорода, кислорода, азота, водяных паров, углекислого газа и др. При тепловом равновесии у этих газов обязательно одинаковы

- 1) температуры
- 2) парциальные давления
- 3) концентрации молекул
- 4) плотности

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
84	65	73	87	99

Пример 4.30 (базовый уровень)

Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$ и $3r$. Каким должно быть сопротивление четвертого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым трем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 2 раза?

- 1) $12r$ 2) $2r$ 3) $3r$ 4) $6r$

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
90	66	87	93	99

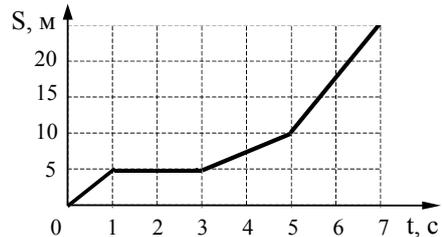
Выпускники с удовлетворительным уровнем подготовки показали владение отдельными базовыми знаниями и умениями. Для учащихся, получивших на экзамене отметку «3», средневзвешенный процент выполнения заданий базового уровня колеблется в пределах от 35 до 56%, заданий повышенного уровня с выбором ответа составляет в среднем 30%, а с кратким ответом – 13%. Лишь каждому сотому из них (порядка 1%) удалось решить одну из задач с развернутым ответом.

Школьники данной группы наиболее успешно выполняют, как правило, задания, проверяющие основные формулы и законы курса физики на уровне воспроизведения или применения в простейших расчетах, а также отвечают на стандартные качественные вопросы. Примеры типичных заданий, с которыми справляются учащиеся данной группы подготовки, приведены ниже:

Пример 4.31 (базовый уровень)

На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда велосипедист двигался со скоростью 5 м/с.

- 1) от 5 с до 7 с
2) от 3 с до 5 с
3) от 1 с до 3 с
4) от 0 до 1 с



Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
68	17	66	78	92

Пример 4.32 (базовый уровень)

Два точечных заряда действуют друг на друга с силой 12 Н. Какой будет сила взаимодействия между ними, если уменьшить величину каждого заряда в 2 раза, не меняя расстояния между ними?

- 1) 3 Н 2) 6 Н 3) 24 Н 4) 48 Н

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
69	22	65	88	99

Пример 4.33 (базовый уровень)

В результате реакции ядра ${}_{13}^{27}\text{Al}$ и α -частицы ${}_{2}^4\text{He}$ появился протон ${}_{1}^1\text{H}$ и ядро

- 1) ${}_{14}^{30}\text{Si}$ 2) ${}_{16}^{32}\text{S}$ 3) ${}_{14}^{28}\text{Si}$ 4) ${}_{17}^{35}\text{Cl}$

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
88	36	88	96	99

Участники экзамена с хорошим уровнем подготовки продемонстрировали усвоение системы основных знаний и умений школьного курса физики, владение материалом на уровне применения знаний в знакомой ситуации и при решении типовых задач повышенного уровня сложности. Для учащихся, получивших на экзамене отметку «4», средневзвешенный процент выполнения заданий базового уровня колеблется в пределах от 57 до 84%, заданий повышенного уровня с выбором ответа составляет в среднем 50%, а с кратким ответом – 42%.

Как правило, школьники данной группы приступают к решению задач с развернутым ответом, средневзвешенный процент выполнения для заданий высокого уровня колеблется от 1 до 16%. При этом эти учащиеся хорошо решают « типовые », хотя и достаточно объемные в плане математических расчетов, задачи (аналогичные которым часто встречаются в школьных задачниках), но плохо ориентируются в том случае, если в оригинальной задаче необходимо вычленить физическую модель. Примеры типичных заданий, с которыми справляются учащиеся данной группы подготовки, приведены ниже:

Пример 4.34 (базовый уровень)

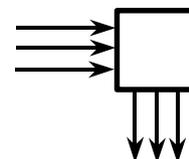
Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок увеличить в 2 раза, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) не изменится
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 4 раза

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
54	17	30	66	89

Пример 4.35 (базовый уровень)

Пройдя некоторую оптическую систему, параллельный пучок света поворачивается на 90° (см. рисунок). Оптическая система представляет собой



- 1) собирающую линзу
- 2) рассеивающую линзу
- 3) плоское зеркало
- 4) матовую пластинку

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
57	17	47	65	87

Пример 4.36 (повышенный уровень)

В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в сосуде 330 г, а в конце процесса таяния масса воды увеличилась на 84 г. Какой была начальная температура воды в калориметре? Ответ выразите в градусах Цельсия (°C).

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
48	4	18	52	80

Участники экзамена с отличным уровнем подготовки показали усвоение всех включенных в единый экзамен тем школьного курса физики на базовом и повышенном уровнях сложности, умение применять знания в нетрадиционной ситуации, решать

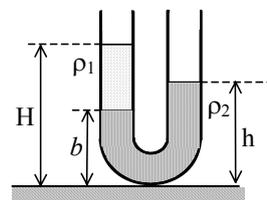
комплексные задачи высокого уровня сложности. Для учащихся данной группы средневзвешенный процент выполнения заданий базового уровня колеблется в пределах от 74 до 96%, заданий повышенного уровня с выбором ответа и с кратким ответом составляет в среднем 75%, а для задач С1-С6 высокого уровня сложности изменяется в пределах 19%-60%.

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

Пример 4.37 (базовый уровень)

В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты керосин плотностью

$\rho_1 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (см. рисунок). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Расстояние h равно

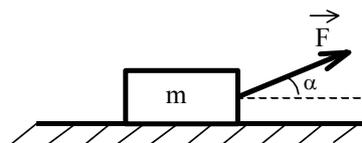


- 1) 16 см 2) 20 см 3) 24 см 4) 26 см

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
29	5	7	35	78

Пример 4.38 (повышенный уровень)

Брусок массой 1 кг движется равноускоренно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10 \text{ Н}$, как показано на рисунке. Коэффициент трения скольжения равен 0,4, а угол $\alpha = 30^\circ$. Модуль силы трения равен



- 1) 8,5 Н 2) 2 Н 3) 3,4 Н 4) 6 Н

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
50	36	39	46	79

Пример 4.39 (повышенный уровень)

Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны $\lambda_{кр} = 600 \text{ нм}$. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 3 раза меньше энергии падающих фотонов?

- 1) 133 нм 2) 300 нм 3) 400 нм 4) 1200 нм

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
41	16	22	42	77

Пример 4.40 (высокий уровень)

К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 40 м приложили разность потенциалов 10 В. Каким будет изменение температуры проводника ΔT через 15 с? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.)

Средний % выполнения	Процент выполнения			
	отметка «2»	отметка «3»	отметка «4»	отметка «5»
22	0	2	16	68

Из приведенных в этом разделе примеров наглядно видно, что между группами учащихся, продемонстрировавших при выполнении ЕГЭ по физике различные уровни

подготовки, наблюдаются существенные различия как в объеме знаний, так и в уровне их усвоения, а также в умении решать задачи по физике.

Группа учащихся с удовлетворительным уровнем подготовки отличается от выпускников, имеющих бессистемные отрывочные знания и получивших отметку «2», наличием системы фактических знаний об основных понятиях, формулах и законах школьного курса физики, а следовательно, и способностью выполнять различного рода задания на простое воспроизведение этих знаний или применение формул и законов в простейших расчетных задачах. Учащиеся с хорошим уровнем подготовки отличаются от предыдущей группы как знанием большего объема материала, так и сформированностью умения решать стандартные задачи повышенного уровня сложности. Школьники с отличным уровнем подготовки свободно оперируют содержанием всех основных тем школьного курса физики при выполнении заданий как базового, так и повышенного уровня, достаточно успешно справляются с решением комплексных задач части С.

4.5. Выводы и рекомендации

1. В 2006 году в едином государственном экзамене по физике участвовало 90389 человек из 61 региона. В 2005 году ЕГЭ по физике проводился в 54 регионах, общее число тестируемых составило 68 916. Две трети участников экзамена – юноши: 61123 человек или 67,6%. Выпускники сельских школ составляют 20% от общего числа тестируемых, а выпускники, проживающие в городах населением более 100 тыс. человек, – около 49%. Подавляющее большинство (95,5%) участников экзамена обучалось в средних общеобразовательных школах или образовательных учреждениях повышенного образовательного уровня (гимназия, лицей, школа с углубленным изучением предмета).

2. В 2006 году сохранена структура контрольно-измерительных материалов, использовавшихся при проведении ЕГЭ в 2005 года. В экзаменационной работе представлены задания трех типов (с выбором ответа, с кратким ответом и с развернутым ответом) и разного уровня сложности: базового, повышенного и высокого. В КИМ 2006 года включены задания по всем основным содержательным разделам курса физики: «Механика», «Молекулярная физика. Термодинамика», «Электродинамика» и «Основы специальной теории относительности», «Квантовая физика». Кроме того, учитывалась необходимость проверки овладения различными умениями: понимание смысла основных понятий, законов и теорий, применение законов для анализа процессов на качественном и количественном уровнях, объяснять физические явления, решать задачи. Комплексный характер экзаменационной работы обеспечил проверку уровня овладения учащимися основным содержанием курса физики и сформированности различных видов учебной деятельности.

3. Первичные баллы, полученные участниками экзамена, переводились в аттестационную отметку и тестовые баллы по 100-балльной шкале. 84% тестируемых набрали от 35 до 100 баллов, что обеспечило им получение положительной отметки. По сравнению с предыдущим годом в 2006 году увеличилось число неудовлетворительных отметок (16,0% в 2006 году; 10,5% в 2005 году). Год от года возрастает и количество учащихся, получивших за работу 100 баллов: в 2006 году – 33 чел. (0,04%), в 2005 году – 23 чел. (0,03%), в 2004 году – 6 чел. (0,01%).

4. Выпускниками усвоены на базовом уровне основные понятия, формулы и законы кинематики, динамики, МКТ, термодинамики, электростатики, геометрической оптики, физики атома и атомного ядра, а также следующих тем: «Законы сохранения в механике», «Механические колебания и волны», «Постоянный ток», «Магнитное поле», «Корпускулярно-волновой дуализм». Анализ выявил пробелы в усвоении элементов статики, темы «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные волны», «Вол-

новая оптика». На повышенном уровне отмечены недостатки в усвоении знаний на уровне применения в измененной ситуации по темам «Термодинамика», «Электростатика», «Волновая оптика».

При выполнении заданий с развернутым ответом участники экзамена наиболее успешно справлялись с задачами по разделу «Механика», по темам «Постоянный ток» и «Фотоэффект». Наибольшие затруднения вызвали задачи по разделу «МКТ и термодинамика», по темам «Гармонические колебания», «Интерференция света», «Магнитное поле» и «Электромагнитная индукция».

Анализ динамики выполнения отдельных заданий в 2002-2006 гг. показывает стабильные результаты при проверке фактического знания основных формул и законов курса физики и умения применять их в простейших расчетных задачах; положительную динамику выполнения заданий с использованием графиков зависимости физических величин; но демонстрирует недостаточный уровень выполнения учащимися заданий, проверяющих понимание физического смысла основных законов и явлений.

5. Анализ результатов ЕГЭ по физике показал, что существующие в настоящее время структура и содержание контрольно-измерительных материалов позволяют получить объективные данные о качестве освоения участниками экзамена всех основных тем школьного курса физики, о степени сформированности у них умения решать различного типа задачи. Экзаменационный тест по физике хорошо дифференцирует группы учащихся с различным уровнем подготовки как с целью аттестации выпускников за курс средней школы, так и с целью отбора учащихся для поступления в высшие учебные заведения.

6. Анализ результатов выполнения экзаменационной работы по физике учащимися, имеющими различные уровни подготовки, показал следующее:

- Участники экзамена с неудовлетворительным уровнем подготовки (14417 чел./16,0%) продемонстрировали лишь отрывочные бессистемные знания и крайне низкий уровень владения материалом.

- Школьники с удовлетворительным уровнем подготовки (37439 чел./41,4%) показали владение отдельными базовыми знаниями и умениями, наиболее успешно они выполняют задания, проверяющие основные формулы и законы на уровне воспроизведения или применения в простейших расчетах, а также отвечают на стандартные качественные вопросы.

- Учащиеся с хорошим уровнем подготовки (28111 чел./31,1%) продемонстрировали усвоение системы основных знаний и умений школьного курса физики, владение материалом на уровне применения знаний в знакомой ситуации и при решении типовых задач повышенного уровня сложности.

- Выпускники с отличным уровнем подготовки (10422 чел./11,5%) показали усвоение всех включенных в единый экзамен тем школьного курса физики на базовом и повышенном уровнях сложности, умение применять знания в нетрадиционной ситуации, решать комплексные задачи высокого уровня сложности.

7. Качество выполнения КИМ выпускниками школ крупных городов в целом выше, чем в сельских школах: в населенных пунктах сельского типа средний тестовый балл участников ЕГЭ составил 46,9 баллов, а в крупных городах населением более 680 тыс. человек – 56,4 балла. (В 2005 году результаты были соответственно 47,9 и 51,6 баллов).

8. Существует и разброс результатов между выпускниками средних общеобразовательных школ (средний балл – 47,7) и школ, обеспечивающих повышенный образовательный уровень: школы с углубленным изучением предмета (средний балл – 55,3), гимназии (средний балл – 56,5), лицеи (средний балл – 61,4). Выпускники школ повышенного образовательного уровня более свободно оперируют основными форму-

лами, законами и понятиями школьного курса физики, демонстрируют более высокий уровень знаний и умений при выполнении достаточно сложных комплексных заданий, а также при решении задач с развернутым ответом.

9. Анализ результатов ЕГЭ по физике позволяет предложить некоторые меры по совершенствованию процесса преподавания физики и подготовке к проведению экзамена:

- В процессе преподавания курса физики и проведении тематического контроля знаний рекомендуется шире использовать тестовые задания, направленные на проверку всех содержательных особенностей изучаемого элемента знаний. В частности, следует обращать особое внимание на задания, направленные на проверку понимания смысла понятий, физических величин и законов, причинно-следственных связей между физическими величинами, графических интерпретаций этих зависимостей, условий протекания различных опытов и явлений, а также их проявления в природе и применения в технических устройствах.

- При планировании обобщающего повторения и подготовке к экзамену желательно проводить отбор содержания, опираясь на кодификатор ЕГЭ, обращая внимание на те вопросы курса физики основной школы, которые являются частью тематических разделов курса средней школы, но, как правило, не повторяются в учебно-методических материалах для старших классов.

- Необходимо включить в систему подготовки экспертов региональных предметных комиссий не только освоение системы оценивания заданий с развернутым ответом и выполнение тренировочных работ, но и содержательную работу по разбору задач высокого уровня сложности, предполагающих различные способы решения.

- Нуждается в улучшении информационное обеспечение сельских школ в процессе подготовки к ЕГЭ. Например, оснащение кабинетов физики сборниками тестовых заданий и материалами для подготовки к ЕГЭ на бумажных и электронных носителях, более широкое использование дистанционных форм консультационной поддержки как учителей, так и учащихся сельских школ.

10. Результаты единого экзамена, а также анализ федерального компонента стандарта среднего (общего) образования по физике и программно-методических документов, определяющих перспективы развития методики преподавания предмета, позволяют сформулировать основные направления совершенствования контрольно-измерительных материалов ЕГЭ по физике:

- обеспечить постепенное введение в содержание кодификатора ЕГЭ всех содержательных элементов раздела «Обязательный минимум содержания образования» профильного уровня стандарта среднего (общего) образования по физике;

- при конструировании заданий ЕГЭ обеспечить проверку максимально возможного количества видов деятельности, выделенных в разделе «Требования к уровню подготовки выпускников» стандарта среднего (общего) образования по физике;

- ввести в структуру контрольно-измерительных материалов задания, направленные на проверку методологических умений;

- осуществить постепенный переход к единой тематической компоновке частей 1 и 2 в КИМ по физике: от механики до физики атомного ядра независимо от уровня сложности заданий (базовый или повышенный);

- провести апробационные исследования по введению в третью часть работы заданий нового типа: задач-оценок и качественных вопросов на объяснение явлений, наблюдений и опытов;

- обеспечить параллельность различных серий вариантов с учетом не только средней трудности по варианту в целом, но и средней трудности по каждой из частей работы.

**План
экзаменационной работы ЕГЭ 2006 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.

Коды проверяемых элементов содержания и умений даются в соответствии с кодификатором элементов содержания для составления контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2006 года по физике.

№	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	Макс. % выполнения	Мин. % выполнения
Часть 1										
1	A1	Равномерное и равноускоренное движение	1.1.2 – 1.1.5	2, 5, 8	Б	1	2	61	95	33
2	A2	Законы Ньютона	1.2.1 – 1.2.8	3 – 5, 7	Б	1	2	62	96	42
3	A3	Силы в механике	1.2.9 – 1.2.13	2, 4, 5	Б	1	2	55	82	33
4	A4	Законы сохранения в механике	1.4.1 – 1.4.3, 1.4.8	5 – 7	Б	1	2	62	87	30
5	A5	Статика	1.3.1 – 1.3.6,	3 – 5	Б	1	2	46	76	29
6	A6	Механические колебания и волны.	1.5.1 – 1.5.9	4 – 6	Б	1	2	71	87	68
7	A7	Относительность движения, движение по окружности, импульс тела, механическая энергия, работа, мощность, простые механизмы, давление	1.1.1, 1.1.6, 1.1.7, 1.2.14, 1.4.4 – 1.4.7, 1.4.9	1, 2, 4, 5	Б	1	2	54	93	46
8	A8	Модели строения газа, жидкости и твердого тела	2.1.1 – 2.1.5	1, 2, 7	Б	1	2	62	88	47
9	A9	Теплопередача, количество теплоты, изменения агрегатного состояния вещества	2.1.14 – 2.1.16, 2.2.4	4, 5, 6, 8	Б	1	2	60	82	34
10	A10	Уравнение состояния идеального газа, влажность воздуха	2.1.10, 2.1.12, 2.1.13	1, 2, 5, 8	Б	1	2	59	79	47
11	A11	Идеальный газ, абсолютная температура, ее связь с кинетической энергией поступательного движения молекул	2.1.6, 2.1.8, 2.1.9, 2.1.11	4, 5	Б	1	2	58	90	46
12	A12	Работа в термодинамике, первое начало термодинамики	2.2.1, 2.2.5, 2.2.6, 2.1.11	4 – 6	Б	1	2	54	79	30
13.	A13	Преобразования энергии при изменениях агрегатного состояния вещества, внутренняя энергия идеального газа, КПД тепловой машины, связь между давлением и средней кинетической энергией молекул идеального газа	2.1.7, 2.1.14 – 2.1.16 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.8	4 – 6	Б	1	2	61	92	34
14	A14	Взаимодействие зарядов, электрическое поле, проводники и диэлектрики в электрическом поле	3.1.1 – 3.1.3, 3.1.5, 3.1.11 – 3.1.12	1, 2, 4, 5, 9	Б	1	2	53	81	27
15	A15	Закон Кулона, характеристики электрического поля, конденсатор	3.1.4, 3.1.6 – 3.1.10, 3.1.13, 3.1.14	5, 6, 8	Б	1	2	62	80	29
16	A16	Законы постоянного тока, работа и мощность тока	3.2.1 – 3.2.6, 3.2.9, 3.2.10	4, 5,	Б	1	2	64	90	50
17	A17	Соединения проводников, электрический ток в разных средах	3.2.3, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.11 – 3.2.13	4, 5, 8	Б	1	2	59	91	35
18	A18	Магнитное поле, сила Ампера, сила Лоренца	3.3.1 – 3.3.5, 3.4.6	3 – 5	Б	1	2	58	81	33
19	A19	Электромагнитная индукция, свободные и вынужденные электромагнитные колебания	3.4.1 – 3.4.7, 3.5.1, 3.5.2, 3.5.4	1, 2, 6, 8	Б	1	2	49	74	28

20	A20	Электромагнитные волны, волновая оптика	3.5.5, 3.5.6 3.6.1 – 3.6.9	1, 2, 4, 5	Б	1	2	52	75	29
21	A21	Геометрическая оптика	3.6.10 – 3.6.13	4, 5, 7, 8	Б	1	2	55	83	23
22	A22	Фотоэффект, фотоны, корпускулярно-волновой дуализм, СТО	4.1–4.4, 5.1.2, 5.1.4 – 5.1.9	2, 4 – 6	Б	1	2	60	81	22
23	A23	Постулаты Бора, линейчатые спектры, радиоактивность	5.2.2, 5.2.3, 5.3.1 – 5.3.5	2, 4 – 6	Б	1	2	60	78	30
24	A24	Протонно-нейтронная модель ядра, ядерные реакции	5.3.6 – 5.3.8, 5.3.11	3, 7, 8	Б	1	2	60	90	33
25	A25	Законы Ньютона, силы в природе	1.1.4 – 1.1.7, 1.2.1, 1.2.6 – 1.2.13	2, 4, 5	П	1	4	41	71	24
26	A 26	Законы сохранения импульса и механической энергии	1.4.1 – 1.4.8	2, 4 – 6, 9	П	1	4	45	80	27
27	A27	Уравнения состояния газа, насыщенные и ненасыщенные пары, первый закон термодинамики	2.1.10 – 2.1.15 2.2.5, 2.2.6	1 – 6	П	1	4	49	73	45
28	A28	Сила Лоренца, сила Ампера, соединения проводников, закон Ома для полной цепи	3.2.3 – 3.2.10, 3.3.3, 3.3.4	4, 5, 7	П	1	4	41	68	26
29	A29	Электромагнитная индукция, электромагнитные колебания	3.4.2 – 3.4.7 3.5.1 – 3.5.3	1, 2, 5, 6	П	1	4	38	73	28
30	A30	Квантовая физика: фотоэффект, ядерные реакции, энергия связи частиц в ядре	5.1.2 – 5.1.4, 5.3.5, 5.3.10, 5.3.11	2, 4, 5	П	1	4	32	63	20
Часть 2										
31	B1	Механика	1.1.4, 1.1.6, 1.2.1, 1.2.7, 1.2.8 – 1.2.14, 1.4.3 – 1.4.8	5, 8	П	1	6	42	81	35
32	B2	Молекулярная физика. Термодинамика	2.1.7 – 2.1.16 2.2.3 – 2.2.8	5, 8	П	1	6	21	43	8
33	B3	Электродинамика	3.1.3 – 3.1.10, 3.2.3 – 3.2.10, 3.3.3, 3.3.4, 3.4.3	5, 8	П	1	6	27	46	17
34	B4	Электромагнитные колебания и волны. Оптика	3.5.1 – 3.5.4 3.6.1 – 3.6.12	5, 8	П	1	6	25	65	10
Часть 3										
35	C1	Механика	1.1 – 1.4	5, 8, 9	В	3	19	22	41	17
36	C2	Молекулярная физика. Термодинамика	2.1 – 2.2	5, 8, 9	В	3	19	12	40	5
37	C3	Электростатика, постоянный ток, магнитное поле	3.1 – 3.3	5, 8, 9	В	3	19	18	33	5
38	C4	Электромагнитная индукция, оптика	3.4 – 3.6	5, 8, 9	В	3	19	15	31	11
39	C5	Квантовая физика	5.1 – 5.3	5, 8, 9	В	3	19	13	31	8
40	C6	Комплексная задача	1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 2.1, 2.2, 3.1 – 3.3, 3.6, 5.1	5, 8, 9	В	3	19	6	14	3
ИТОГО										
40	A – 30 B – 4 C – 6				Б – 24 П – 10 В – 6	52	210			