

КОМИТЕТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**Государственное бюджетное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Санкт-Петербургский центр оценки качества образования
и информационных технологий»**

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА
ПО ФИЗИКЕ В 2021 ГОДУ
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ
ПРЕДМЕТНОЙ КОМИССИИ**

**Санкт-Петербург
2021**

УДК 004.9

Р 34

Результаты единого государственного экзамена по физике в 2021 году в Санкт-Петербурге: Аналитический отчет предметной комиссии. – СПб: ГБУ ДПО «СПб ЦОКОиИТ», 2021. – 81 с.

Отчет подготовили:

И. Ю. Лебедева, председатель региональной предметной комиссии по физике, доцент кафедры естественнонаучного образования Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования;

С. С. Бокатова, заместитель председателя региональной предметной комиссии по физике, преподаватель кафедры естественнонаучного образования Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования;

С.А.Старовойтов, заместитель председателя региональной предметной комиссии по физике, доцент кафедры экспериментальной физики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Оглавление

1. Подготовка членов предметной комиссии к проведению ЕГЭ в 2021 году	4
2. Система мероприятий, направленных на повышение согласованности оценивания	6
3. Краткая характеристика контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2021 года.....	9
4. Анализ результатов экзамена 2021 года	11
4.1. Характеристика участников экзамена по физике 2021 года.....	11
4.2. Основные результаты ЕГЭ по физике в 2021 году	14
4.3. Результаты выполнения отдельных заданий и групп заданий .	22
4.4. Характеристики выявленных сложных для участников ЕГЭ заданий с указанием типичных ошибок и выводов о вероятных причинах затруднений при выполнении указанных заданий.....	32
4.5. Общие выводы об успешности выполнения экзаменационной работы по физике 2021 года в контексте результатов прошлых лет	47
5. Качество работы членов предметной комиссии	65
6. Анализ причин удовлетворения апелляций.....	69
7. Предложения по совершенствованию организации обучения физике в Санкт- Петербурге	71

1. ПОДГОТОВКА ЧЛЕНОВ ПРЕДМЕТНОЙ КОМИССИИ К ПРОВЕДЕНИЮ ЕГЭ В 2021 ГОДУ

Процесс подготовки членов предметной комиссии по физике в 2020–2021 учебном году был построен традиционно, на основе отработанного в течение ряда последних лет алгоритма. С 2016 года эксперты ежегодно повышают свою квалификацию по дополнительной профессиональной программе «Профессионально-педагогическая компетентность эксперта государственной итоговой аттестации выпускников 11 класса (по физике)».

По результатам обучения эксперты сдают квалификационный экзамен. С учетом его результатов эксперту присваивается определённый статус, и он допускается к работе на экзамене в текущем году.

Указанная выше программа ежегодно корректируется с целью учета возможных изменений в нормативно-правовой базе, регламентирующей работу региональных предметных комиссий (РПК). Коррективы могут быть также обусловлены конкретными проблемами, выявленными в работе РПК в ходе прошедшей проверки. В текущем году программа корректировалась в сторону увеличения доли занятий, реализуемых с помощью дистанционных образовательных технологий, а также в сторону расширения спектра используемого технологического инструментария.

Традиционно, все эксперты имеют возможность ознакомиться со сравнительным анализом результатов своей деятельности в течение ряда лет и получить индивидуальную консультацию на предмет возможной коррекции подходов к оцениванию. Эксперты, которые не смогли успешно справиться с квалификационным экзаменом, не приглашаются на проверку экзаменационных работ.

На обучение в 2020 году были приглашены 123 человека, к проверке на экзамене в итоге были допущены 110 экспертов, успешно прошедших обучение и сдавших квалификационные испытания.

Для организации обучения и для проведения квалификационных испытаний использовались:

- полученные из РЦОИ реальные экзаменационные работы открытого варианта 2020 года, ушедшие в регионе на третью проверку. В качестве эталонных баллов принимались согласованные результаты оценивания этих работ ведущими экспертами;

- презентации и другие методические материалы М.Ю.Демидовой и А.И.Гиголо, полученные в ходе обучения заместителя руководителя РПК на дистанционных курсах ФГБНУ "ФИПИ" осенью 2020 года.

Для проведения квалификационных испытаний создаются условия, максимально соответствующие реальным условиям работы на проверке работ ЕГЭ. В этом году в связи с эпидемиологической обстановкой экзамен проводился в течение 5 рабочих дней (20–25 человек в 1 день) в двух просторных аудиториях. Каждый эксперт сидел за отдельным столом с соблюдением необходимой дистанции, получал распечатку критериев оценивания, дополнительные рекомендации ведущих экспертов по проверяемым задачам, бланк для внесения результатов оценивания и 10 экзаменационных работ для проверки. Время выполнения квалификационной работы соответствует нормативу ФПК: 4 работы в час, то есть 2,5 часа.

По итогам квалификационных испытаний с учетом индивидуальных достижений при проверке экзаменационных работ двух прошлых лет всем экспертам был присвоен соответствующий статус: 3 эксперта, являющиеся руководителями предметной комиссии, получили статус «ведущий эксперт» (3 – в прошлом году), 24 – «старший эксперт» (33 – в прошлом году) и 83 – «основной эксперт» (84 – в прошлом году).

Таблица 1.

Критерии для присвоения статуса эксперту ЕГЭ по физике

Критерии присвоения статуса ВЕДУЩИЙ ЭКСПЕРТ	Руководители предметной комиссии (председатель и два заместителя) – организаторы ежегодного обучения членов предметной комиссии.
Критерии присвоения статуса СТАРШИЙ ЭКСПЕРТ	Результаты работы на экзамене за последние два года (процент ошибок по заданиям при осуществлении проверки не превышал единицы) и результаты квалификационных испытаний текущего года (в образовательной программе заложены следующие нормативы: общее кол-во расхождений с эталонным ответом не более 15%, кол-во расхождений в 2-3 балла и технических ошибок – не более 10%)
Критерии присвоения статуса ОСНОВНОЙ ЭКСПЕРТ	Сохранение членства в ПК после работы на экзамене, и успешная сдача квалификационных испытаний текущего года (в образовательной программе заложены следующие нормативы: общее кол-во расхождений с эталонным ответом не более 25%)

2. СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ

Состав комиссии по физике достаточно многочислен и разнообразен. Распределение экспертов по месту их основной работы представлено в таблице:

Таблица 2.

Состав предметной комиссии с точки зрения места их основной работы

Основное местот работы	Кол-во членов ПК	% от общего состава ПК
учителя общеобразовательных организаций	80	72,7 %
преподаватели вузов	21	19,1 %
преподаватели организаций СПО	3	2,7 %
специалисты учреждений ДПО	5	4,6%
другое	1 временно не работающий пенсионер	0,9 %

Многочисленность и разнообразие РПК по физике обусловлены рядом причин, из которых основными являются следующие:

- привлечение к работе на ЕГЭ представителей разных групп педагогического сообщества Санкт-Петербурга, что способствует формированию объективного и профессионального отношения к этой форме итоговой аттестации, позволяет и школьным учителям, и преподавателям вузов на функциональном уровне знакомиться с требованиями к оцениванию экзаменационных работ;
- многочисленность комиссии исключает техническую возможность организовать коррупционное взаимодействие между экспертами.

Для таких больших и разнообразных комиссий необходима целенаправленная системная работа по проведению согласования подходов к оцениванию. Такая работа тоже является традиционной и проводится на разных этапах подготовки к деятельности на экзамене, но в 2021 году она, конечно, имела ряд особенностей, обусловленных санэпидемиологической обстановкой в городе.

Важным элементом обучения экспертов и всей системы работы по повышению согласованности оценивания является опора на разносторонний анализ индивидуальных достижений членов РПК. Спектр используемых для анализа показателей индивидуальной работы экспертов достаточно широк: общее количество проверенных работ и заданий, доля работ, отправленных по вине этого эксперта на третью проверку, суммарное расхождение в баллах по работам, выявление допущенных экспертом технических ошибок и т.д. Как уже говорилось выше, индивидуальные результаты доводятся до сведения экспертов и оказывают влияние на организацию их образовательного маршрута в рамках дополнитель-

ной профессиональной программы «Профессионально-педагогическая компетентность эксперта государственной итоговой аттестации выпускников 11 класса (по физике)».

С 2014 года важным звеном в ежегодной работе по согласованию подходов к оцениванию стали очные установочные семинары ФГБНУ "ФИПИ" – для руководителей региональных предметных комиссий. Именно по результатам работы этих семинаров уточняются особенности применения обобщённых критериев оценивания в выявленных спорных ситуациях.

В этом году семинар для руководителей РПК был проходил 8 апреля, когда региональная предметная комиссия была уже сформирована. Тем не менее, содружательный отчет руководителя предметной комиссии о поездке и полный пакет полученных методических материалов были опубликованы на интернет-ресурсах РПК для ознакомления и обсуждения.

В течение последних четырёх лет непосредственно перед экзаменом Федеральная предметная комиссия на площадке ФГБНУ "ФИПИ" организует установочные предэкзаменационные вебинары для членов региональных предметных комиссий. Это мероприятие всегда рассматривалось нами как однозначно полезное, позволяющее членам РПК освежить в памяти наиболее важные моменты, которые обсуждались в ходе весеннего обучения, а также соотнести свой подход к разрешению неоднозначных ситуаций оценивания с позицией руководителей ФПК и позициями ПК других регионов. В этом году, как и в прошлом, предэкзаменационный вебинар ФПК был предложен экспертам в записи, выложенной на ресурсе региональной предметной комиссии. Публикация состоялась за две недели до экзамена, 26 мая, что позволило экспертам внимательно и в удобном для них режиме познакомиться с его содержанием, при необходимости задать уточняющие вопросы руководителям РПК.

В 2021 году региональная предметная комиссия по физике, как и в предыдущие годы, располагалась на двух этажах, для работы основных экспертов было выделено 13 аудиторий.

Эпидемиологическая обстановка не позволила внести изменения в схему работы экспертов-консультантов прошлого года. Как и в 2020 году в каждой из 13 аудиторий было оборудовано место для консультанта, который проводил консультирование по всем заданиям и по всем организационным вопросам. Таким образом, основным экспертам не было необходимости выходить за пределы своей аудитории для получения ответа на возникшие вопросы, что максимально сокращало круг очного общения экспертов, что оптимально в условиях пандемии.

Консультирование в аудиториях вели 10 экспертов-консультантов и 3 руководителя РПК.

Позиции руководителей ПК и всех экспертов-консультантов по конкретным заданиям, которые использовались на экзамене, первоначально согласовывались накануне проверки в ходе совместного анализа авторских решений и выявления возможных неоднозначно трактуемых ситуаций оценивания. При этом учитывались методические рекомендации на форуме ФПК, опубликованные в день экзамена. Кроме того, каждому участнику обсуждения распечатывались 10 случайно отобранных одинаковых работ с целью выявления типичных проблем оценивания для данных задач (пилотная «черновая» проверка, итоги аннулируются). Результатом предварительной работы явилась дополнительная инструкция, которая с 2017 года оформляется в виде таблиц-опор к каждому из проверяемых заданий. В этой таблице для качественных задач выделяются необходимые логические шаги, соответствующие полному правильному решению с указанием возможных вариантов ссылок на необходимые для объяснения явления и законы. Для расчетных задач уточняется количество и названия необходимых для решения формул. Именно эти элементы являются отправными точками для проведения оценивания. Таблицы-опоры были оперативно размножены, каждый эксперт получил перед проверкой свой экземпляр.

На основе разработанных накануне рекомендаций непосредственно перед началом проверки руководителями ПК и экспертами-консультантами как всегда был проведен подробный устный инструктаж.

До 2020 года на основном экзамене реализовывалась схема закрепления за консультантами конкретных задач, то есть сужения сферы консультирования. В 2020 и 2021 годах консультирование проводилось каждым консультантом по всем заданиям. Это повлекло за собой необходимость проведения регулярных оперативных совещаний для всех экспертов-консультантов, для чего на этажах была отведена специальная большая аудитория с выходом в Интернет для осуществления оперативной связи с РЦОИ. В первый день проверки такие «оперативки» проводились несколько раз с интервалом 1,5 – 2 часа с целью обсуждения проблем, проявившихся по ходу проверки и ранее не спрогнозированных. В ходе этих мероприятий происходило согласование рекомендаций для остальных экспертов по преодолению вновь выявленных затруднений или уточнение тех рекомендаций, которые были даны ранее.

В будущем, если позволит эпидемиологическая обстановка, возможен возврат к организационным схемам 2018 и 2019 годов с их незначительной корректировкой.

В общей сложности на основном экзамене к экспертам-консультантам было около тысячи обращений, из которых 20-30% составляли вопросы по качественной задаче № 27 и задаче № 30 по МКТ и термодинамике.

Количество обращений основных экспертов к экспертам-консультантам в 2021 году снизилось по сравнению с 2020 годом, но по-прежнему достаточно велико. Это, с одной стороны, приветствуется и рассматривается в качестве дополнительного ресурса повышения квалификации членов предметной комиссии, направленного на повышение согласованности в оценивании. С другой стороны, наблюдаемая в прошлые годы тенденция перекладывания ответственности по принятию решения на плечи эксперта-консультанта даже в стандартных ситуациях оценивания, была учтена при организации подготовки членов предметной комиссии. Целенаправленная работа в этом направлении привела к существенному сокращению обращений по применению критериев в ординарных, стандартных ситуациях.

3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЕГЭ 2021 ГОДА

Контрольно-измерительные материалы экзаменационной работы 2021 года структурно и по содержательному наполнению полностью идентичны КИМ 2020 года. Не претерпели изменения распределения заданий по проверяемым видам деятельности, типам, темам, уровню сложности. Осталось прежним примерное время выполнения отдельных типов заданий и всей работы в целом. Структура КИМ-2021 представлена в таблице.

Таблица 3.

Структура экзаменационной работы 2021 года

Часть работы	Количество заданий	Максимальный первичный балл (процент от максимального первичного балла за всю работу)	Тип заданий
1 часть	24	34 (64%)	С кратким ответом
2 часть	8	19 (36%)	Два задания с кратким ответом шесть заданий с развернутым ответом
ИТОГО	32	53	

Как видно из таблицы, первая часть работы содержала 24 задания с кратким ответом, в том числе задания с самостоятельной записью ответа в виде числа, двух чисел или слова, а также задания на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо было записать в виде последовательности цифр. Часть 2, как и в предыдущие годы, содержала 8 заданий, объединенных общим видом деятельности – решением задач.

По уровню сложности задания распределялись так, как показано в следующей таблице:

Таблица 4.
Распределение заданий по уровню сложности в КИМ 2021 года

Уровень сложности	Количество заданий	Процент от максимально возможного первичного балла	Распределение заданий по частям работы
Базовый	21	53	1-я часть: 21
Повышенный	7	24	1-я часть: 3 2-я часть: 4
Высокий	4	23	2-я часть: 4
ИТОГО	32	100	32

Используемые в Санкт-Петербурге варианты КИМ полностью соответствовали заявленной в спецификации и демоверсии структуре.

Значимых ошибок и неточностей в формулировках заданий экзаменационных работ основных и дополнительных экзаменов не выявлено.

Полный перечень проблем, возникших у экспертов при проверке заданий с развернутым ответом на основном экзамене, представлен в разделе отчета, посвящённом содержательному анализу выполнения заданий КИМ. Там же сформулированы предложения предметной комиссии по их устранению в дальнейшем.

Выявить статистически достоверные системные затруднения экспертов на дополнительных экзаменах не представляется возможным вследствие малого числа участников экзамена и, соответственно, проверенных работ.

4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКЗАМЕНА 2021 ГОДА

4.1. Характеристика участников экзамена по физике 2021 года

Экзамен по физике в 2021 году выбрали 5490 выпускников (5403 – в прошлом году). Это составляет 15,09% от общего числа сдававших ЕГЭ, что несколько меньше, чем в прошлом году (см. таблицу 5).

Таблица 5.

Количество участников ЕГЭ по физике за последние 3 года

2019		2020		2021	
чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников
5768	18,35%	5403	16,17%	5490	15,09%

Распределение участников экзамена по гендерному признаку, как и в прошлом году, слегка изменилось в пользу юношей:

Таблица 6.

Соотношение количества девушек и юношей

Пол	2019		2020		2021	
	чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников
Женский	1260	21,84%	1186	21,95%	1157	21,07%
Мужской	4508	78,16%	4217	78,05%	4333	78,93%

В таблице 7 показано распределение экзаменуемых по категориям:

Таблица 7.

Распределение участников ЕГЭ по физике по категориям

Всего участников ЕГЭ по предмету	5490
Из них:	4841
– выпускников текущего года, обучающихся по программам СОО	
– выпускников текущего года, обучающихся по программам СПО	216
– выпускников прошлых лет	431
– выпускник общеобразовательной организации, не завершивший среднее общее образование (не прошедший ГИА)	2

Среди экзаменуемых были 40 обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.

В таблице 8 дано распределение участников экзамена по физике в зависимости от типа образовательного учреждения

Таблица 8.

Распределение участников экзамена по физике по типам ОУ

Всего выпускников текущего года	4841
Из них:	
– выпускники средних общеобразовательных школ (СОШ)	2100
– выпускники СОШ с углублённым изучением отдельных предметов	842
– выпускники средних общеобразовательных школ-интернатов с углублённым изучением отдельных предметов	7
– выпускники лицеев	966
– выпускники гимназий	636
– выпускники кадетских (морских кадетских) военных корпусов	111
– выпускники кадетских школ	6
– выпускники Нахимовского военно-морского училища	46
– выпускники Суворовского военного училища	39
– выпускники академий, университетов, институтов	61
– выпускники центров образования	21
– выпускники специальных (коррекционных) школ-интернатов	3
– выпускники центров лечебной педагогики и дифференциированного обучения	2
– выпускники основной общеобразовательной школы	1

Распределение количества участников по районам Санкт-Петербурга представлено в таблице 9.

Таблица 9.

Распределение участников экзамена по физике по районам Санкт-Петербурга

№ п/п	Район подчинения ОО	Количество участников ЕГЭ по учебному предмету	% от общего числа участников в регионе
1.	Адмиралтейский	203	3,70%
2.	Василеостровский	265	4,83%
3.	Выборгский	462	8,42%
4.	Калининский	559	10,18%
5.	Кировский	319	5,81%
6.	Колпинский	158	2,88%
7.	Красногвардейский	290	5,28%
8.	Красносельский	369	6,72%
9.	Кронштадтский	72	1,31%

№ п/п	Район подчинения ОО	Количество участников ЕГЭ по учебному предмету	% от общего числа участников в регионе
10.	Курортный	39	0,71%
11.	Московский	300	5,46%
12.	Невский	402	7,32%
13.	Петроградский	180	3,28%
14.	Петродворцовый	195	3,55%
15.	Приморский	485	8,83%
16.	Пушкинский	291	5,30%
17.	Фрунзенский	338	6,16%
18.	Центральный	285	5,19%
19.	Комитет по образованию	203	3,70%
20.	Виртуальный ППОИ	75	1,37%
		5490	100%

Общие выводы:

Количество участников экзамена по физике по сравнению с прошлым годом несколько увеличилось, однако доля сдававших физику по отношению к общему числу участников ЕГЭ уменьшилась. Это снижение фиксируется в течение ряда последних лет и может рассматриваться как тенденция.

Процентное соотношение между юношами и девушками в целом соответствует аналогичным показателям прошлых лет.

Распределение участников экзамена по районам города достаточно стабильно в течение всех лет проведения ГИА в формате ЕГЭ, так как определяется в основном количеством образовательных учреждений и численностью обучающихся в районе.

Процентные соотношения между участниками экзамена, обучавшимися в образовательных организациях разных типов, тоже достаточно стабильны и в целом соответствуют аналогичным показателям прошлых лет.

Число и доля экзаменуемых, являющихся выпускниками системы СПО, как и число и доля выпускников прошлых лет среди участников экзамена в целом соответствуют показателям прошлого года.

Таблица 10.

Изменение количества сдававших физику выпускников прошлых лет и выпускников СПО за последние четыре года

Категория участников ЕГЭ по физике	2018	2019	2020	2021
Выпускники прошлых лет	555	541	432	431
Выпускники СПО	234	270	203	216

Анализ количественных показателей участия в экзамене по физике в Санкт-Петербурге за последние несколько лет позволяет выявить тенденцию уменьшения количества участников экзамена и их доли в общем количестве сдававших ЕГЭ. Эта тенденция может быть объективно объяснена возможностью замены вступительного экзамена по физике на экзамен по информатике. Распределение участников ЕГЭ по физике по разным категориям (ОО, районы, гендерные различия) оказывается достаточно стабильным, из года в год меняется незначительно, очевидных тенденций его изменения не прослеживается.

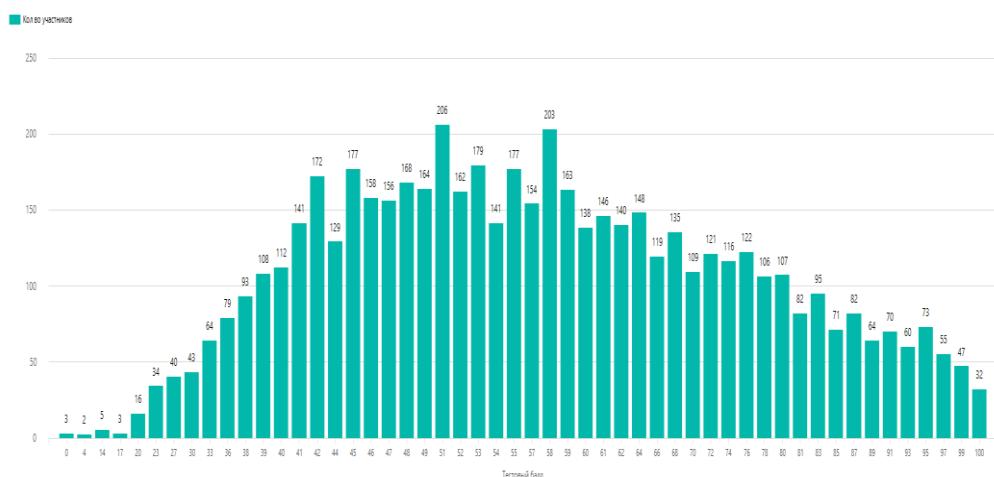
4.2. Основные результаты ЕГЭ по физике в 2021 году

Средний балл в текущем году за все этапы экзамена составил 58,8, что несколько выше, чем в прошлом году (57,6). Тридцать два человека получили максимальный балл, в прошлом году эта цифра была существенно ниже (21 человек).

Ниже представлена диаграмма распределения участников по тестовым баллам:

Диаграмма 1.

Распределение участников ЕГЭ по физике по тестовым баллам в 2021 г.



В таблице 11 представлена динамика основных результатов ЕГЭ по физике за последние три года:

Таблица 11.

Сравнение результатов ЕГЭ по физике за последние 3 года

	Субъект Российской Федерации		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Не преодолели минимального балла, %	4,35%	3,26%	3,83%
Средний тестовый балл	57,55	57,58	58,82
Получили от 81 до 99 баллов, %	12,45%	10,70%	12,73%
Получили 100 баллов, чел.	33	21	32

Результаты по группам участников экзамена с различным уровнем подготовки представлены ниже:

Таблица 12.

Распределение результатов для разных категорий участников экзамена

	Выпускники текущего года, обучающиеся по программам СОО	Выпускники текущего года, обучающиеся по программам СПО	Выпускники прошлых лет	Участники ЕГЭ с ОВЗ
Доля участников, набравших балл ниже минимального	0,02	0,19	0,14	0
Доля участников, получивших тестовый балл от минимального балла до 60 баллов	0,56	0,75	0,71	0,54
Доля участников, получивших от 61 до 80 баллов	0,27	0,05	0,10	0,36
Доля участников, получивших от 81 до 99 баллов	0,15	0,01	0,05	0,10
Итого	1,0	1,0	1,0	1,0
Количество участников, получивших 100 баллов	27	0	5	1

Наибольший процент по всем категориям экзаменуемых приходится на выпускников текущего года, что естественно, так как именно они составили подавляющее большинство участников экзамена.

Таблица 13.

Распределение результатов участников экзамена с учетом типа ОУ

	Доля участников, получивших тестовый балл					Количе- ство участни- ков, полу- чивших 100 баллов
	ниже мини- мально- го	от мини- мального до 60 баллов	от 61 до 80 бал- лов	от 81 до 99 баллов	Всего	
Лицей	0,01	0,33	0,33	0,33	1,00	16
Средняя общеобразова- тельная школа	0,03	0,67	0,23	0,07	1,00	7
Средняя общеобразова- тельная школа с углуб- ленным изучением от- дельных предметов	0,02	0,61	0,28	0,09	1,00	1
Средняя общеобразова- тельная школа-интернат с углубленным изучени- ем отдельных предметов	0	1,000	0	0	1,00	0
Гимназия	0,02	0,49	0,34	0,15	1,00	2
Кадетский (морской ка- деский) военный корпус	0,01	0,69	0,24	0,06	1,00	0
Кадетская школа	0	0,83	0,17	0	1,00	0
Нахимовское военно- морское училище	0	0,48	0,37	0,15	1,00	0
Суворовское военное училище	0	0,28	0,28	0,44	1,00	0
Профессиональный ли- цей	0,57	0,43	0	0	1,00	0
Колледж	0,20	0,74	0,06	0	1,00	0
Техникум	0,21	0,79	0	0	1,00	0
Академия	0,32	0,47	0,14	0,07	1,00	1
Университет	0	0,19	0,39	0,42	1,00	0
Институт	0	0,87	0,13	0	1,00	0
Специальная (коррекци- онная) школа-интернат	0	0,67	0,33	0	1,00	0
Основная общеобразова- тельная школа	0	1,00	0	0	1,00	0
Центр лечебной педаго- гики и дифференциро- ванного обучения	0	1,00	0	0	1,00	0
Центр образования	0,17	0,79	0,04	0	1,00	0
Иное	0,09	0,73	0,12	0,06	1,00	5

Подавляющее большинство экзаменуемых получили балл в диапазоне между минимальным баллом и 60 тестовыми баллами, что соответствует среднему баллу по региону. Наибольший процент высокобалльных работ и макси-

мальное количество «стобалльников» ожидаемо дают физико-математические лицеи.

Таблица 14.

Распределение результатов участников экзамена для разных районов Санкт-Петербурга

№	Административная принадлежность ОУ	Доля участников, получивших тестовый балл				Количество участников, получивших 100 баллов
		ниже минимального	от минимального до 60 баллов	от 61 до 80 баллов	от 81 до 99 баллов	
1.	Виртуальный ППОИ	0,40	0,60	0	0	1,00
2.	Комитет по образованию	0,21	0,74	0,04	0,01	1,00
3.	ОУ Адмиралтейского района	0,04	0,57	0,21	0,18	1,00
4.	ОУ Василеостровского района	0,01	0,45	0,29	0,25	1,00
5.	ОУ Выборгского района	0,01	0,64	0,25	0,10	1,00
6.	ОУ Калининского района	0,02	0,46	0,29	0,23	1,00
7.	ОУ Кировского района	0,04	0,58	0,28	0,10	1,00
8.	ОУ Колпинского района	0,02	0,67	0,25	0,06	1,00
9.	ОУ Красногвардейского района	0,03	0,56	0,29	0,12	1,00
10.	ОУ Красносельского района	0,05	0,65	0,20	0,10	1,00
11.	ОУ Кронштадтского района	0,01	0,77	0,18	0,04	1,00
12.	ОУ Курортного района	0,03	0,71	0,18	0,08	1,00
13.	ОУ Московского района	0,03	0,63	0,22	0,12	1,00

№	Административная принадлежность ОУ	Доля участников, получивших тестовый балл				Количество участников, получивших 100 баллов	
		ниже минимального	от минимального до 60 баллов	от 61 до 80 баллов	от 81 до 99 баллов		
14.	ОУ Невского района	0,02	0,60	0,26	0,12	1,00	4
15.	ОУ Петроградского района	0,03	0,49	0,35	0,13	1,00	0
16.	ОУ Петродворцового района	0,04	0,62	0,25	0,09	1,00	0
17.	ОУ Приморского района	0,03	0,62	0,25	0,10	1,00	0
18.	ОУ Пушкинского района	0,02	0,60	0,30	0,08	1,00	0
19.	ОУ Фрунзенского района	0,03	0,61	0,27	0,09	1,00	2
20	ОУ Центрального района	0,01	0,43	0,28	0,28	1,00	6

Лидерами по проценту двоечников в 2021 году, как и прошлые годы, стали выпускники ПОУ, выпускники прошлых лет и выпускники центров образования. Наибольший процент высокобалльных работ и «стобалльников» традиционно у статусных школ, известных не только в Санкт-Петербурге, но и в других регионах РФ.

В следующих таблицах приведены названия ОУ, показавших наилучшие и наихудшие результаты ЕГЭ по физике в 2021 году.

Список ОУ, показавших наилучшие результаты, формировался через учет следующих основных критериев:

- ✓ число сдававших экзамен по физике не менее 10;
- ✓ доля участников ЕГЭ, получивших от 81 до 100 баллов, имеет *максимальные значения* (по сравнению с другими ОО Санкт-Петербурга);
- ✓ доля участников ЕГЭ, не достигших минимального балла, равна нулю.

Таблица 15.

Образовательные организации, показавшие в 2021 году наилучшие результаты на ЕГЭ по физике

№	Наименование ОО	Доля участников, получивших от 81 до 100 баллов	Доля участников, получивших от 61 до 80 баллов	Доля участников, не достигших минимального балла
1.	Лицей ФТШ	0,89	0,11	0,00
2.	ГБНОУ Аничков лицей	0,78	0,17	0,00
3.	ГБОУ гимназия №116	0,67	0,25	0,00
4.	ГБОУ лицей №30	0,63	0,28	0,00
5.	ГБОУ "Президентский ФМЛ №239"	0,63	0,29	0,00
6.	Естественно-научный лицей СПбПУ	0,57	0,29	0,00
7.	ГБОУ лицей №366	0,47	0,16	0,00
8.	ГБОУ лицей №101	0,46	0,39	0,00
9.	ГБОУ лицей №150	0,44	0,33	0,00
10.	ФГКОУ СПб СВУ МО РФ	0,44	0,28	0,00
11.	ФГБОУ ВО СПбГУ	0,43	0,43	0,00
12.	ГБОУ лицей №488	0,42	0,33	0,00
13.	ГБОУ Гимназия №56	0,41	0,41	0,00
14.	ГБОУ Лицей №281	0,41	0,26	0,00
15.	ГБОУ СОШ №601	0,40	0,10	0,00
16.	ГБОУ СОШ №138	0,40	0,50	0,00
17.	ГБОУ лицей №344	0,39	0,33	0,00
18.	ГБОУ лицей №369	0,38	0,38	0,00
19.	ГБОУ лицей №470	0,38	0,56	0,00
20.	ГБОУ лицей №419	0,35	0,35	0,00
21.	ГБОУ СОШ №365	0,33	0,43	0,00
22.	ГБОУ гимназия №524	0,31	0,38	0,00
23.	ГБОУ лицей №393	0,28	0,50	0,00
24.	ГБОУ лицей №144	0,27	0,41	0,00
25.	ГБОУ СОШ №254	0,27	0,09	0,00
26.	ГБОУ лицей №410	0,26	0,32	0,00
27.	ГБОУ лицей №273	0,25	0,50	0,00
28.	ГБОУ СОШ №598	0,25	0,38	0,00
29.	ГБОУ СОШ №518	0,25	0,33	0,00

Основные критерии для формирования списка ОУ, показавших наихудшие результаты:

- ✓ число сдававших экзамен по физике не менее 10;
- ✓ доля участников ЕГЭ, не достигших минимального балла, имеет *максимальные значения* (по сравнению с другими ОО Санкт-Петербурга);
- ✓ доля участников ЕГЭ, получивших от 61 до 100 баллов, имеет *минимальные значения* (по сравнению с другими ОО Санкт-Петербурга).

Таблица 16.

Образовательные организации, показавшие в 2021 году наихудшие результаты на ЕГЭ по физике

№	Наименование ОО	Доля участников, не достигших минимального балла	Доля участников, получивших от 61 до 80 баллов	Доля участников, получивших от 81 до 100 баллов
1.	ГБОУ СОШ №588	0,20	0,10	0,00
2.	ГБОУ СОШ №595	0,20	0,20	0,10
3.	ГБОУ СОШ №501	0,20	0,20	0,10
4.	ГБОУ СОШ №630	0,14	0,14	0,00
5.	ГБОУ СОШ №604	0,12	0,24	0,06
6.	ГБОУ СОШ №12	0,10	0,10	0,00
7.	ГБОУ СОШ №235	0,09	0,00	0,00
8.	ГБОУ СОШ №580	0,08	0,00	0,08
9.	ГБОУ гимназия №196	0,08	0,08	0,15
10.	ГБОУ СОШ №54	0,07	0,07	0,00
11.	ГБОУ СОШ №362	0,07	0,14	0,07
12.	ГБОУ СОШ №145	0,06	0,00	0,00
13.	ГБОУ СОШ №547	0,06	0,18	0,00

Общие выводы:

Результаты экзамена в Санкт-Петербурге уже седьмой год по всем основным позициям превышают аналогичные результаты в среднем по РФ.

Сравнение результатов **основного** экзамена 2021 года в целом по Российской Федерации и в Санкт-Петербурге представлено в таблице:

Таблица 17.

Результаты основного экзамена 2021 года по физике в Санкт-Петербурге по сравнению со средними результатами в РФ

	Средний тестовый балл	Кол-во получивших максимальный балл	Процент не преодолевших минимальную границу	Процент высокобалльных (81-100 баллов) работ
РФ	55,06	430	6,48%	9,77%
Санкт-Петербург	59,12	31	3,57%	13,14%

Средний балл по всему основному периоду повысился на единицу по сравнению с прошлым годом (58,8 по сравнению с 57,6) и традиционно выше, чем в среднем по России. Тем не менее, у подавляющего большинства экзаменуемых практически всех категорий тестовый балл, как и прошлом году, находится в пределах от минимального до 60, что отражает усвоение выпускниками текущего года основных понятий, моделей, формул и законов школьного курса физики лишь на базовом уровне. Это ожидаемый результат, так как большинство (более 80%) выпускников текущего года в старшей школе изучали физику именно на этом уровне, как и в прошлом году. По сравнению с прошлым годом на 2% увеличилось число высокобалльных работ и почти в 1,5 раза увеличилось число стобалльников. Значения этих показателей соответствуют результатам 2019 года. Можно предположить, что их некоторое снижение в 2020 году было обусловлено эпидемиологической обстановкой, в том числе переходом весной 2020 года на дистанционное обучение, переносом сроков экзамена. В 2020/2021 учебном году в Санкт-Петербурге обучение проводилось преимущественно в традиционном формате, на дистанционное обучение переходили только отдельные классы (ученики) и на непродолжительное время. Некоторое увеличение процента не преодолевших пороговый балл не является существенным (0,5%) и связано, скорее всего, с особенностями контрольно-измерительных материалов 2021 года. Средний балл по региону отражает, прежде всего, результаты выпускников текущего года, обучавшихся по программам СОО. Таким образом, тенденция постоянного, хоть и не очень значительного, роста среднего балла по региону свидетельствуют о том, что подготовка учащихся к ЕГЭ в школах (то есть то, на что можно влиять путём целенаправленных методических действий) носит, как правило, системный и организованный характер.

Как и в прежние годы, среди выпускников текущего года наилучшие результаты ожидаемо показывают «статусные» естественнонаучные образовательные учреждения (лицеи) регионального или федерального подчинения. В течение последних трёх лет прослеживается тенденция улучшения результатов школ подчинения МО РФ. Например, в этом году результаты воспитанников Суворовского училища существенно выше средних по городу.

Выпускники текущего года, обучавшиеся по программам СОО, традиционно сдают экзамен существенно лучше выпускников текущего года, обучавшихся по программам СПО, и выпускников прошлых лет.

Самый высокий процент «двоичников» у выпускников ПОУ, в этом году он примерно такой же, как и в прошлом: 19% против 18%. Уровень подготовки

по предмету в ПОУ кардинально не меняется и по-прежнему не выдерживает конкуренции с уровнем подготовки в общеобразовательных школах.

В 2020 году существенно (с 17% до 5%) уменьшилась доля выпускников прошлых лет, не перешагнувших нижний порог. В этом году этот показатель вернулся практически к прежнему значению: 14%. Одновременно существенно увеличившаяся (с 15% до 26%) в прошлом году доля хороших и отличных работ у этой категории экзаменуемых, снова вернулась к показателю 2019 года. Как и в прошлом году среди выпускников прошлых лет есть участники экзамена, которые показали максимальный 100-балльный результат. Таким образом, среди выпускников прошлых лет в 2021 году наблюдается 14 % двоичников и 15% высокобалльников, что подтверждает существенную неоднородность этой категории экзаменуемых.

Среди школ, показавших наилучшие результаты по проценту высокобалльных работ при одновременном отсутствии «двоичников», ряд образовательных учреждений попадали в аналогичный список в течение последних трёх лет: это ГБОУ лицей №30, ГБОУ «Президентский ФМЛ №239», Лицей ФТШ, ГБОУ лицей №366, ГБОУ гимназия №116, естественно-научный лицей СПб ПУ, ФГБОУ ВО СПбГУ, ГБОУ лицей №150. В прошлом году в этом же списке присутствовали ГБНОУ Аничков лицей, ГБОУ гимназия №56, ГБОУ лицей №344. Результаты этих школ можно считать стабильно высокими и статистически подтвержденными.

Среди школ, показавших наихудшие результаты, нет школ, которые попали в аналогичный список в прошлом году. В списке не представлены ПОУ в силу того, что количество участников экзамена от этих ОУ не достигало 10 человек.

В целом, следует отметить, что основные статистические показатели экзамена по физике текущего года в целом несколько лучше показателей прошлого года при сохранении общих тенденций.

4.3. Результаты выполнения отдельных заданий и групп заданий

В таблице 18 представлены результаты выполнения заданий экзаменационной работы 2021 года, включающие в себя средний процент выполнения по всем экзаменационным работам, а также средние проценты выполнения по отдельным группам экзаменуемых.

Средний процент выполнения вычисляется по формуле $p = \frac{N}{nm} \cdot 100\%$, где N – сумма первичных баллов, полученных всеми участниками группы за

выполнение задания, n – количество участников в группе, m – максимальный первичный балл за задание.

Для заданий, требующих самостоятельную запись ответа и оцениваемых в один первичный балл, средний процент выполнения совпадает со средним арифметическим значением.

Таблица 18.
Результаты выполнения заданий экзаменационной работы основного экзамена 2021 года по группам экзаменуемых с разным уровнем подготовки

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге			
			Средний % выполн. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от минимального до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)
1	Равноускоренное и равномерное прямолинейное движение: умение определять проекцию вектора ускорения по графику зависимости проекции вектора скорости от времени на разных участках движения (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	78	19	71	91
2	Законы Ньютона: умение применять формулу второго закона Ньютона для нахождения изменения входящих в неё величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	80	12	72	96

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от 61 до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
3	Импульс тела: умение применять формулу определения импульса тела для сравнения импульсов, скоростей и масс двух тел (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	90	31	86	99	100
4	Механические волны, звук: умение производить простейшие расчёты по отражению звука от препятствий (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	75	11	64	93	99
5	Свободное падение тел: умение интерпретировать результаты опыта по изучению зависимости модуля скорости тела от времени, представленные в виде таблицы (<i>множественный выбор</i>)	повышенный	69	35	57	87	98
6	Закон всемирного тяготения, движение по окружности: умение анализировать изменение физических величин при переходе спутника с одной орбиты на другую (соответствие между величинами и характером их изменения)	базовый	73	32	68	81	92

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от минимального до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
7	Равноускоренное прямо-линейное движение по наклонной плоскости: умение описывать изменение кинематических, динамических и энергетических величин с помощью графиков (соответствие между величинами и графиками, описывающими их зависимость от времени)	базовый	71	17	59	91	97
8	Основное уравнение МКТ: умение применять соответствующие формулы для расчета одной из входящих в них величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	68	20	55	89	97
9	КПД тепловой машины: умение применять соответствующую формулу для расчета одной из входящих в него величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	63	13	48	85	96

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от 61 до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
10	Относительная влажность воздуха: умение применять соответствующую формулу для сравнения в двух состояниях относительной влажности воздуха, находящегося в закрытом сосуде под поршнем (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	81	23	74	95	98
11	Газовые законы, первое начало термодинамики: умение интерпретировать графики изопроцессов (множественный выбор)	повышенный	75	32	65	92	98
12	Изменение агрегатных состояний: умение интерпретировать график зависимости температуры от времени при нагревании и охлаждении с фазовыми переходами (соответствие между участком графика и процессом)	базовый	85	38	80	97	99
13	Сила Лоренца: умение определять направление силы Лоренца по рисунку (самостоятельная запись ответа в виде слова)	базовый	56	10	38	82	96

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от минимального до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
14	Сила тока: умение определять прошедший по проводнику заряд по графику зависимости силы тока от времени (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	46	4	32	64	86
15	Ход лучей в тонкой линзе: умение проводить построение изображения точечного источника света в тонкой линзе в стандартной ситуации (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	87	39	82	98	100
16	Проводники и диэлектрики в однородном электрическом поле: умение описывать процессы, происходящие в проводниках и диэлектриках, помещенных в однородное электрическое поле (множественный выбор)	повышенный	61	39	53	71	86
17	Конденсатор: умение анализировать изменение физических величин, описывающих процесс разрядки заряженного конденсатора через резистор (соответствие между величинами и характером их изменения)	базовый	63	34	55	70	88

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от 61 до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
18	Законы постоянного тока: умение рассчитывать основные величины, описывающие участок цепи постоянного тока (соответствие между величинами и формулами для их вычисления)	базовый	59	22	44	79	97
19	Ядерные реакции: умение определять зарядовые и массовые числа ядер, образующихся при радиоактивном распаде (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	базовый	73	6	61	93	98
20	Закон радиоактивного распада: умение применять формулу закона радиоактивного распада для стандартных расчётов (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	60	3	40	91	98
21	Фотоэффект: умение анализировать изменение величин, используемых для описания фотоэффекта, при изменении параметров падающего света (соответствие между величинами и характером их изменения)	базовый	64	21	50	84	95

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от минимального до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
22	Измерение физических величин: определение показаний стандартного школьного измерительного прибора с учетом погрешности прямого измерения (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел в предложенных единицах измерения)	базовый	86	23	83	95	98
23	Методология физического эксперимента: умение спланировать физический эксперимент (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	базовый	82	31	76	94	96
24	Элементы астрофизики: умение интерпретировать информацию, представленную в форме таблицы (множественный выбор)	базовый	67	23	55	86	96
25	МКТ и термодинамика: умение решать стандартные расчетные задачи на применение первого начала термодинамики к изопроцессам (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	повышенный	42	1	18	73	95

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от 61 до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
26	Геометрическая оптика: умение решать стандартные расчетные задачи на применение формулы тонкой линзы (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	повышенный	49	3	30	76	92
27	Механические колебания с элементами электродинамики (изменение периода малых колебаний математического маятника под действием однородного электрического поля): умение решать качественные задачи	повышенный	18	0	5	26	65
28	Механика (равноускоренное движение при остановке поезда): умение решать стандартные расчетные задачи	повышенный	47	0	23	80	93
29	Механика (равновесие шайбы на наклонной плоскости при нестандартном направлении силы трения покоя): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	14	0	3	19	56

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в Санкт-Петербурге				
			Средний % вып. по всем вариантам, использованным в регионе	в группе не преодолевших минимальный балл (%)	в группе от минимального до 60 т.б. (%)	в группе от 61 до 80 т.б. (%)	в группе от 81 до 100 т.б. (%)
30	Молекулярная физика (теплообмен в системе «стакан-вода-металлические шарики»): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	24	0	4	42	85
31	Электродинамика (круговое движение заряда в магнитном поле после разгона в электрическом поле): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	25	0	3	41	90
32	Квантовая физика (определение мощности излучения точечного источника света через энергию поглощённых фотонов): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	14	0	0	14	74

Содержательный элемент считается в целом усвоенным, если средний процент выполнения проверяющего его усвоение задания выше 50% для заданий базового уровня и выше 15% за задания повышенного и высокого уровня сложности.

Среди заданий базового уровня сложности средний процент выполнения **ниже 50** имеет задание № 14 по электродинамике, подразумевающее самостоятельную запись ответа в предложенных единицах измерения.

Среди заданий повышенного уровня сложности нет тех, процент выполнения которых **ниже 15**.

Среди заданий высокого уровня сложности процент выполнения **ниже 15** имеют задания с развёрнутым ответом по механике (№29) и квантовой физике (№32)

4.4. Характеристики выявленных сложных для участников ЕГЭ заданий с указанием типичных ошибок и выводов о вероятных причинах затруднений при выполнении указанных заданий.

Задания базового уровня с самостоятельной записью ответа в предложенных единицах измерения (число, два числа, слово)

Остановимся более подробно на заданиях, процент выполнения которых ниже 70 и (или) тех, которые вызвали существенные затруднения у «средней», то есть наиболее многочисленной группы экзаменуемых (тестовый балл выше минимального, но ниже 61).

Задание № 8 Средний процент выполнения: 68	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 78)</p> <p>Давление разреженного газа в сосуде возросло в 6 раз, а средняя энергия поступательного теплового движения его молекул возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличилась концентрация молекул газа в сосуде?</p> <p>Ответ: в _____ раз(а).</p>
	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: В формулировке открытого варианта задание выглядит абсолютно стандартным, на одну формулу связи давления идеального газа и средней кинетической энергии поступательного теплового движения молекул. Возможно, в других вариантах были заложены другие формулы в рамках данной темы: формулы связи давления и температуры или температуры и средней кинетической энергии молекул. В сильных группах процент выполнения 89% и 97%. Сравнительно неплохо выполнено «двоечниками» – 20%, но вызвало затруднения у средней группы – 55%. Возможная причина – перечисленные выше формулы, несмотря на свою значимость, сравнительно редко используется при решении расчетных задач, как правило, востребованы только при изучении соответствующей темы и более не повторяются</p>
Задание № 9	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 65)</p> <p>Рабочее тело тепловой машины с КПД 10% за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 10 Дж. Какую работу машина совершает за цикл?</p> <p>Ответ: _____ Дж.</p>
Средний процент выполнения: 63	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Задание стандартное, на применение формулы определения КПД тепловой машины. В сильных группах процент выполнения 85 и 96, однако, неплохо выполнено «двоечниками» – 13%, но существенные (и традиционные) затруднения вызвало у «середняков» – 48%. Возможная причина – для расчёта КПД тепловых ма-</p>

	$\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}}.$ <p>шин чаще используется производная формула</p>												
Задание № 13	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 54)</p> <p>Электрон e влетел в зазор между полюсами электромагнита со скоростью \vec{v}, направленной вправо. Вектор индукции \vec{B} магнитного поля направлен вверх (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (<i>вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя</i>) действующая на электрон сила Лоренца \vec{F}? Ответ запишите словом (словами).</p>												
Средний процент выполнения: 56	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Стандартное задание на определение направления силы Лоренца. Сильные группы справились без затруднений 82% и 96%), сравнительно неплохо задание выполнено теми, кто не преодолел минимальной границы (10%), существенные затруднения у средней группы – 38%. Возможная причина – необходимость учета знака заряда при определении направления силы Лоренца. Можно предположить, что, если бы вместо электрона был протон, процент выполнения был бы существенно выше.</p>												
Задание № 14	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 55)</p> <p>На рисунке показана зависимость силы тока I, мА в проводнике от времени t. Определите заряд, прошедший по проводнику в интервале времени от 0 до 10 с.</p> <p>Ответ: _____ мКл.</p> <table border="1"> <caption>Data points estimated from the graph</caption> <thead> <tr> <th>Time t, с</th> <th>Current I, мА</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>30</td></tr> <tr><td>10</td><td>30</td></tr> <tr><td>15</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Time t , с	Current I , мА	0	0	5	30	10	30	15	0	20	0
Time t , с	Current I , мА												
0	0												
5	30												
10	30												
15	0												
20	0												
Средний процент выполнения: 46	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Выполнение данного задания подразумевает нахождение заряда через площадь под графиком. Эта операция применительно к силе тока и заряду, как правило, обсуждается только при профильном изучении предмета. Поэтому в самой сильной группе процент выполнения равен 86, а во всех других группах – ниже, чем при выполнении других заданий базового уровня.</p>												
Задание № 20	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 63)</p> <p>Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид: $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$, где $\lambda = 0,04 \text{ с}^{-1}$. Определите период полураспада этих ядер.</p> <p>Ответ: _____ с.</p>												
Средний процент выполнения: 60	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Сильные группы справились без затруднений (более 91% и 98%), у слабой и средней групп экзаменуемых наблюдаются существенные затруднения, которые могут быть объяснены тем, что стандартная задача на одну формулу закона радиоактивного распада немного усложнена математически введением непривычного коэффициента λ вместо привычного $1/T$. Тема «Радиоактивность» изучается в самом конце школьного курса и традиционно вызывает затруднения.</p>												

Задания на установление соответствия между двумя множествами и множественный выбор

Все задания базового уровня на соответствие и повышенного уровня на множественный выбор имеют средний процент выполнения более 50. Поэтому ниже рассмотрим те, которые выполнены хуже остальных – имеют средний процент выполнения менее 70.

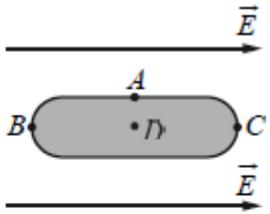
Среди заданий на установление соответствия между множествами наихудший результат показан в задании №18 (59% выполнения). Задание №18 было выполнено хуже остальных и в прошлом году.

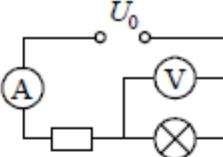
Среди заданий на установление изменений величин в ходе процессов процент выполнения менее 70 имеют задания № 17 (63%) и № 21 (64%). Задание № 21 вызвало существенные затруднения и в прошлом году.

Среди заданий на множественный выбор процент выполнения менее 70 имеют задания №5 (69%), №16 (61%) и №24 (67%).

Рассмотрим перечисленные задания более подробно:

Задание №5	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 59)</p> <p>Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли в момент времени $t = 0$. В таблице приведены результаты измерения модуля скорости тела в зависимости от времени. Выберите два верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>Время, с</th><th>0,1</th><th>0,2</th><th>0,3</th><th>0,4</th><th>0,5</th><th>0,6</th><th>0,7</th><th>0,8</th><th>0,9</th><th>1,0</th></tr></thead><tbody><tr><td>Модуль скорости, м/с</td><td>4,0</td><td>3,0</td><td>2,0</td><td>1,0</td><td>0</td><td>1,0</td><td>2,0</td><td>3,0</td><td>4,0</td><td>5,0</td></tr></tbody></table> <p>1) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 0,8 м. 2) Начальная скорость тела была равна 4 м/с. 3) В момент времени $t = 0,2$ с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли. 4) На высоте 0,8 м от поверхности Земли скорость тела была равна 3,0 м/с. 5) В момент времени $t = 0,9$ с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли.</p> <p>Ответ: <input type="text"/> <input type="text"/></p>	Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0													
Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0													
Средний процент выполнения: 69	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: для анализа 4 вариантов утверждений из пяти необходимо было использовать кинематические формулы для расчёта координаты при движении тела в поле силы тяжести, используя информацию, извлечённую из таблицы. У сильных групп экзаменуемых это не вызвало затруднений (87 и 98% выполнения). А вот наиболее многочисленная средняя группа (с результатами от минимально допустимого до 60 баллов) вероятно, испытала затруднения математического характера. Многих мог сбить с толку вариант утверждения № 2: в таблице действительно первое значение скорости равно 4, но оно не является начальным.</p>																						

Задание №16	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 72)</p> <p>Незаряженное металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью \vec{E}. Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения, описывающих результаты воздействия этого поля на металлическое тело.</p>  <p>1) Напряжённость электрического поля в точке D равна нулю. 2) Потенциалы в точках B и C равны. 3) Концентрация свободных электронов в точке A наибольшая. 4) В точке D индуцируется отрицательный заряд. 5) В точке A индуцируется положительный заряд.</p> <p>Ответ: <input type="text"/> <input type="text"/></p>				
Средний процент выполнения: 61	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Затруднения при выполнении данного задания предсказуемо испытывали и средние, и сильные группы экзаменуемых. Тема «Проводники и диэлектрики в электрическом поле» изучается точечно, её материал редко используется при решении расчётных задач. Предложенное же задание требует полного понимания механизмов происходящих процессов.</p>				
Задание №17	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 68)</p> <p>Заряженный конденсатор подключили к резистору, и конденсатор стал разряжаться. Как меняются в процессе разрядки конденсатора его электроёмкость и разность потенциалов между обкладками конденсатора? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:</p> <p>1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется</p> <p>Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.</p> <table border="1" data-bbox="568 1444 1171 1596"> <thead> <tr> <th data-bbox="568 1444 827 1551">Электроёмкость конденсатора</th><th data-bbox="827 1444 1171 1551">Разность потенциалов между обкладками конденсатора</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="568 1551 827 1596"></td><td data-bbox="827 1551 1171 1596"></td></tr> </tbody> </table>	Электроёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора		
Электроёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора				
Средний процент выполнения: 63	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: это задание, как и предыдущее, вызвало затруднения и средней, и сильных групп экзаменуемых, несмотря на то, что оно имеет базовый уровень сложности и является объективно простым. Причину, вероятно, надо искать в том, что оно не представлено широко в пособиях по подготовке к экзамену. И, возможно, у сильных групп вызвало недоумение своей простотой.</p>				

Задание №18	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 56)</p> <p>Электрическая цепь, изображённая на рисунке, подключена к аккумулятору с напряжением U_0 и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением. Показания идеальных амперметра и вольтметра равны соответственно I и U. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ</th><th style="text-align: center;">ФОРМУЛЫ</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A) мощность, потребляемая резистором</td><td style="text-align: center;">1) UI</td></tr> <tr> <td>B) сопротивление резистора</td><td style="text-align: center;">2) $(U_0 - U)I$</td></tr> <tr> <td></td><td style="text-align: center;">3) $\frac{U_0 - U}{I}$</td></tr> <tr> <td></td><td style="text-align: center;">4) $\frac{U}{I}$</td></tr> </tbody> </table> <p>Ответ:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">А</td><td style="text-align: center;">Б</td></tr> <tr> <td> </td><td> </td></tr> </table>	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ	A) мощность, потребляемая резистором	1) UI	B) сопротивление резистора	2) $(U_0 - U)I$		3) $\frac{U_0 - U}{I}$		4) $\frac{U}{I}$	А	Б		
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ														
A) мощность, потребляемая резистором	1) UI														
B) сопротивление резистора	2) $(U_0 - U)I$														
	3) $\frac{U_0 - U}{I}$														
	4) $\frac{U}{I}$														
А	Б														
Средний процент выполнения: 59	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Это задание практически без затруднений выполнено наиболее сильными экзаменуемыми (97%), но вызвало наибольшие затруднения у всех остальных групп участников экзамена. Следует отметить, что стандартные задания этого типа на расчёт электрических цепей, традиционно вызывают затруднения.</p>														
Задание №21	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 61)</p> <p>При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй – пропускающий только красный свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта. Как изменялись длина волны света, падающего на фотоэлемент, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) увеличивалась 2) уменьшалась 3) не изменялась <p>Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Длина волны света, падающего на фотоэлемент</td><td style="text-align: center;">Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов</td></tr> <tr> <td> </td><td> </td></tr> </table>	Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов												
Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов														
Средний процент выполнения: 64	<p>Возможные причины затруднений экзаменуемых: Задание вызвало затруднения только у средних (55%) и слабых (21%) групп экзаменуемых. Эти затруднения могут быть связаны и с традиционными проблемами изучения в школе квантовой физики (конец школьного курса, нехватка времени), и с</p>														

	необходимостью соотнеси изменения в цвете светофильтра с изменением длины волны вызывающего фотоэффект излучения																																													
Задание №24	<p>Пример из открытого варианта (процент выполнения 63) Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах Солнечной системы.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название планеты</th> <th>Среднее расстояние от Солнца, а.е.</th> <th>Диаметр в районе экватора, км</th> <th>Период обращения вокруг Солнца</th> <th>Вторая космическая скорость, км/с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Меркурий</td> <td>0,39</td> <td>4879</td> <td>87,97 суток</td> <td>4,25</td> </tr> <tr> <td>Венера</td> <td>0,72</td> <td>12 104</td> <td>224,7 суток</td> <td>10,36</td> </tr> <tr> <td>Земля</td> <td>1,00</td> <td>12 756</td> <td>365,3 суток</td> <td>11,18</td> </tr> <tr> <td>Марс</td> <td>1,52</td> <td>6794</td> <td>687 суток</td> <td>5,02</td> </tr> <tr> <td>Юпитер</td> <td>5,20</td> <td>142 984</td> <td>11 лет 315 суток</td> <td>59,54</td> </tr> <tr> <td>Сатурн</td> <td>9,58</td> <td>120 536</td> <td>29 лет 168 суток</td> <td>35,49</td> </tr> <tr> <td>Уран</td> <td>19,19</td> <td>51 118</td> <td>84 года 5 суток</td> <td>21,29</td> </tr> <tr> <td>Нептун</td> <td>30,02</td> <td>49 528</td> <td>164 года 290 суток</td> <td>23,71</td> </tr> </tbody> </table> <p>Выберите все верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Ускорение свободного падения на Марсе составляет примерно $3,7 \text{ м/с}^2$. 2) Угловая скорость движения по орбите вокруг Солнца у Юпитера примерно в 4,5 раза больше, чем у Сатурна. 3) Объём Нептуна примерно в 10 раз больше объёма Меркурия. 4) Первая космическая скорость для искусственного спутника Венеры составляет примерно $14,54 \text{ км/с}$. 5) Орбита Сатурна находится на расстоянии примерно 1437 млн км от Солнца. <p>Ответ: _____.</p>	Название планеты	Среднее расстояние от Солнца, а.е.	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Вторая космическая скорость, км/с	Меркурий	0,39	4879	87,97 суток	4,25	Венера	0,72	12 104	224,7 суток	10,36	Земля	1,00	12 756	365,3 суток	11,18	Марс	1,52	6794	687 суток	5,02	Юпитер	5,20	142 984	11 лет 315 суток	59,54	Сатурн	9,58	120 536	29 лет 168 суток	35,49	Уран	19,19	51 118	84 года 5 суток	21,29	Нептун	30,02	49 528	164 года 290 суток	23,71
Название планеты	Среднее расстояние от Солнца, а.е.	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Вторая космическая скорость, км/с																																										
Меркурий	0,39	4879	87,97 суток	4,25																																										
Венера	0,72	12 104	224,7 суток	10,36																																										
Земля	1,00	12 756	365,3 суток	11,18																																										
Марс	1,52	6794	687 суток	5,02																																										
Юпитер	5,20	142 984	11 лет 315 суток	59,54																																										
Сатурн	9,58	120 536	29 лет 168 суток	35,49																																										
Уран	19,19	51 118	84 года 5 суток	21,29																																										
Нептун	30,02	49 528	164 года 290 суток	23,71																																										
Средний процент выполнения: 67	Возможные причины затруднений экзаменуемых: Задание по астрофизике впервые рассматривается в качестве проблемного. Оно не вызвало затруднений у сильных групп. Проблемы более слабых групп могут быть объяснены необходимостью проведения вычислений на основании данных таблицы.																																													

Расчётные задачи с кратким ответом из второй части экзаменационной работы

Обе задачи с кратким ответом из второй части работы являются стандартными расчётыми задачами, решаемыми с помощью стандартных алгоритмов. Поэтому ни одна из них не вызвала затруднений у наиболее сильной группы экзаменуемых (процент выполнения 92 и 95) и небольшие затруднения у группы с результатами от 61 до 80 баллов (процент выполнения 73 и 76). Общий небольшой (42 и 49) процент выполнения обусловлен затруднениями средней и слабой групп экзаменуемых. Тем не менее, процент выполнения задач этого типа в 2021 году выше, чем в предыдущие годы.

Задача № 25 является типовой стандартной расчётной задачей на применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

Пример формулировки из открытого варианта (процент выполнения 40):

При изобарном нагревании газообразный гелий получил количество теплоты 100 Дж. Какую работу совершил газ? Масса гелия в процессе нагревания не менялась.

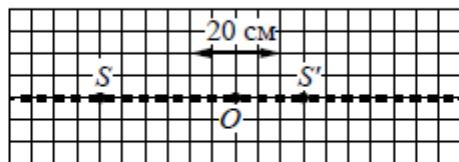
Ответ: _____ Дж.

В ходе решения задачи требовалось помимо первого начала термодинамики использовать формулы для расчёта изменения внутренней энергии и работы газа применительно к изобарному процессу с учётом уравнения Менделеева-Клапейрона, что, вероятно, и послужило причиной затруднений у экзаменуемых с низким (1% выполнения) и средним (18% выполнения) уровнем подготовки.

Задача № 26 проверяла умение решать стандартные расчетные задачи на применение формулы тонкой линзы.

Пример формулировки из открытого варианта (процент выполнения 55):

На рисунке пунктиром показана главная оптическая ось линзы, положения её оптического центра O , источника света S и его изображения S' в этой линзе.



Определите фокусное расстояние линзы.

Ответ: _____ см.

Решение данной задачи подразумевает использование только одной формулы – формулы тонкой линзы – в наиболее простой ситуации собирающей линзы и действительного изображения. Поэтому экзаменуемые с низким и средним уровнем подготовки с ней справились существенно лучше, чем с предыдущей (3 и 30 процентов выполнения соответственно). Нестандартным элементом данной задачи является необходимость извлечения информации о значениях величин, входящих в формулу, из масштабированного рисунка

Анализ типичных ошибок заданий с развернутым ответом

Задание 27 (качественная задача повышенного уровня).

Традиционно к качественной задаче приступает большинство экзаменуемых, даже принадлежащих к наиболее слабой группе, однако результаты её решения редко выходят на значение полного усвоения. В этом году средний

процент выполнения равен 18 (в прошлом -28). В сильных группах процент выполнения 26, в самой сильной – 65%. Тем не менее, процент выполнения в наиболее многочисленной средней группе невысок – всего 5% (в прошлом году - 11%).

В этом году на основном экзамене качественная задача имела особенность: она может быть строго решена математически по известному алгоритму.

Пример формулировки из открытого варианта (процент выполнения 20):

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён над горизонтальной диэлектрической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

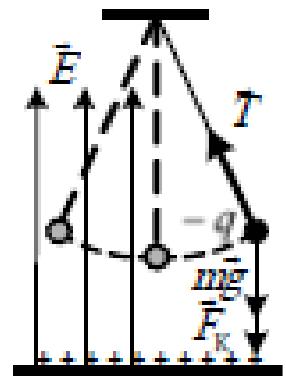
Несмотря на существование математически строгого полного решения, для получения правильного ответа в рамках обобщённых критериев оценивания достаточным являлось несложное рассуждение, основанное на определении характера изменения возвращающей силы: вследствие притяжения заряженных шарика и плоскости увеличивается возвращающая сила → увеличивается сообщаемое этой силой ускорение → маятник быстрее возвращается в положение равновесия → период колебаний уменьшается (частота увеличивается).

В обобщенных критериях оценивания указывается обязательность ссылок на следующие явления и закономерности:

- взаимодействие заряженных тел;
- период колебаний математического маятника;
- увеличение возвращающей силы

Наиболее часто встречающиеся сущностные ошибки экзаменуемых:

- не могут чётко сформулировать логические шаги в рассуждениях даже, если интуитивно понимают характер изменения искомой величины;
- неправильно записывают второй закон Ньютона для шарика в отклонённом от положения равновесия состоянии (не учитывая силу натяжения нити), то есть экзаменуемые путают равнодействующую и возвращающую силы;
- второй закон Ньютона записывают для вертикального положения нити без дополнительных комментариев по поводу возвращающей силы;



- в формуле второго закона Ньютона полное ускорение подменяют центростремительным;

- при описании взаимодействия заряженных шарика и плоскости дают ссылку на закон Кулона (взаимодействие точечных зарядов);

Качественная задача привычно дает самый большой процент третьей проверки, этот год – не исключение – 23% от всех третьих проверок (в прошлом году – 25%).

В этом году трудности оценивания во многом были обусловлены нечетко определенным уровнем достаточности обоснования. При проверке эксперты сталкивались как с полноценным математическим обоснованием ответа, так и с очень скромными рассуждениями, которые в большинстве своем, при отсутствии сопутствующих ошибок, подпадали под обозначенные в критериях требования. В итоге многие эксперты испытывали внутренний дискомфорт при выставлении одинаковых баллов за существенно отличающиеся по уровню решения, пытались ужесточить требования к решению.

Задание 28 (расчетная задача по механике повышенного уровня).

Стандартная расчётная задача повышенного уровня, требующая развёрнутого ответа и проверяемая экспертами, появилась в КИМ ЕГЭ в 2020 году. Она оценивается максимально в 2 первичных балла и решается с помощью стандартного и несложного алгоритма.

Пример из открытого варианта (процент выполнения 43):

Определите время прохождения поездом последнего километра пути перед остановкой, если изменение его скорости на этом пути составило 10 м/с.
Ускорение поезда считать постоянным.

Средний процент выполнения 47%, что соответствует проценту выполнения заданий № 25 и № 26 такого же уровня сложности, но проверяемых компьютером по ответу. В прошлом году процент выполнения аналогичной задачи был почти в 2 раза ниже: 25%.

Задача была полностью правильно решена 93% экзаменуемых самой сильной группы; намного лучше, чем в прошлом году, экзаменуемыми, получившими от 61 до 80 баллов (80% выполнения против 54%) и экзаменуемыми самой многочисленной средней группы (23% против 6%) .

Классическая типовая задача на кинематику равноускоренного движения. Такого типа задачи прорешаны учащимися многократно, как правило проблем

не вызывают, зачастую решаются ими в уме. И в этом кроются определенные проблемы, поскольку эта двухбалльная задача требует, помимо ответа, наличия корректно написанного решения.

Вариантов решения – множество:

- Через кинематические уравнения пути и скорости при равнозамедленном движении с ненулевой начальной скоростью до остановки (классический).
- Через уравнение, связывающее путь, квадрат начальной скорости и модуль ускорения (уравнение без времени), и кинематическое уравнение для скорости (авторский вариант).
- Через среднюю скорость при равнозамедленном движении до остановки

$$S = v_{cp} t = \frac{v + 0}{2} t = \frac{\Delta v}{2} t$$

- Через графический способ, используя линейную зависимость скорости от времени. (Необходимо наличие графика)

$$S = (\text{площадь треугольника}) = \frac{v - 0}{2} t = \frac{\Delta v}{2} t$$

Среди наиболее часто встречающихся ошибок экзаменуемых можно отметить следующие:

- непонимание разницы между проекцией и модулем вектора, перемещением и координатой;

- использование без обоснования принципа симметрии (задачу на остановку поезда заменили задачей на разгон с нулевой начальной скоростью и таким же по величине ускорением без необходимых пояснений);

- применение «графического» способа решения без промежуточных формул или ссылки на график;

- путаница со знаками проекций;

- в формуле $S = \frac{v_k^2 - v_H^2}{2a}$ разность квадратов ошибочно подменялась квадратом разности скоростей.

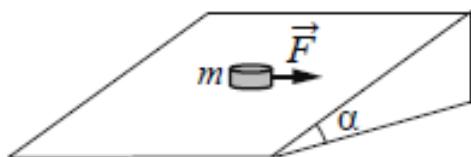
Оценивание достаточно простой по содержанию расчетной задачи № 28 повышенного уровня тоже было затруднено (14% от общего числа третьих проверок). Подобные задачи в течение многих лет принадлежали к типу задач с кратким ответом, решение производилось в уме или на черновике. Безупречные с точки зрения применения векторно-проекционного метода решения встречались крайне редко, при этом спектр «неточностей» в записи общизвестных формул был очень разнообразен.

Задание 29 (расчетная задача по механике высокого уровня сложности).

В задаче рассматривалось равновесие шайбы на наклонной плоскости при наличии нестандартно направленной дополнительной внешней силы:

Пример из открытого варианта (процент выполнения 14):

На шероховатой наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, лежит маленькая шайба массой $m = 500$ г. Минимальное значение модуля силы \vec{F} , приложенной в горизонтальном направлении вдоль плоскости (см. рисунок), при котором шайба начинает скользить по наклонной плоскости, равно 1,7 Н. Чему равен коэффициент трения скольжения μ шайбы о плоскость?



Средний процент выполнения расчетной задачи по механике равен 14, что меньше рубежных 15%, но несколько выше, чем в прошлом году (10%). Она оказалась наиболее проблемной среди других задач высокого уровня сложности для самой сильной группы экзаменуемых (наименьший процент выполнения – 56%). В группе «средняков» с ней справились 3% экзаменуемых, в группе с результатами от 61 до 80 баллов процент выполнения равен 19. То есть для всех групп экзаменуемых эта задача оказалась объективно сложной.

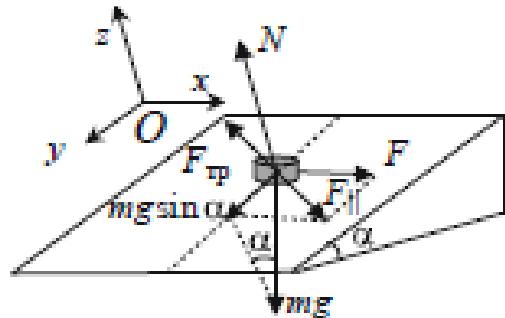
Для её решения в соответствии с обобщёнными критериями оценивания требовалось применить следующие уравнения и формулы:

- второй закон Ньютона в проекциях на три оси;
- закон Кулона-Амонтона для расчёта максимальной силы трения покоя.

Наиболее существенной трудностью этой задачи являлось нестандартное направление силы трения (см. рисунок), что и определяло особенности её расчёта.

Наиболее часто встречающие ошибки экзаменуемых:

- неправильное определение направления силы трения (направляли против внешней силы F);



- проблемы с нахождением проекций в трёхмерной системе координат;
- путаница между операцией разложения силы трения на составляющие и операцией проецирования силы трения на координатные оси;
- ошибки при нахождении силы реакции опоры (она приравнивалась mg).

При оценивании задачи разногласия между экспертами возникали по вопросу о возможности «засчитывания» векторной формы второго закона Ньютона и конечной формулы для расчета силы трения с учетом её направления. В первом случае записанная только в общем векторном виде формула второго закона Ньютона $\vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$ в совокупности с законом Кулона-Амонтонса $F_{\text{тр}} = \mu N$ даёт основание для выставления 1 балла даже в случае полного непонимания ситуации с силой трения. Во втором случае вызывали смущение при оценивании правильно написанные выражения для расчета силы трения при отсутствии пояснительного чертежа, который в данной задаче не был обязательным.

Задание 30 (расчетная задача по МКТ и термодинамике высокого уровня сложности).

Задача имеет достаточно высокий (для задач подобного уровня сложности) процент выполнения – 24%. При этом «отличники» справились с задачей на уровне 85% выполнения, «хорошисты» - 42% выполнения, и «середняки» - 4% выполнения.

Пример формулировки из открытого варианта (процент выполнения 21):

В стакан с водой, нагретой до температуры $t_1 = 50^\circ\text{C}$, положили металлический шарик, имеющий температуру $t_2 = 10^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия температура воды стала равной t_3 . Затем, не вынимая первого шарика, в стакан положили ещё один такой же шарик температурой t_4 . Конечная температура в стакане оказалась $t_4 = 34^\circ\text{C}$. Определите температуру воды t_3 после того, как в стакан положили первый шарик. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Её решение предполагает описание теплообмена с помощью уравнения теплового баланса в двух ситуациях: после опускания в стакан с водой первого шарика и после опускания туда же второго шарика.

Если говорить о часто встречающихся смысловых ошибках, то можно отметить следующие:

- большое количество участников экзамена, приступивших к решению данной задачи, по привычке не учитывали стакан, а решали задачу через удельную теплоёмкость и массу воды, то есть использовали более простую и типовую физическую модель;
- допускали ошибки в знаках при записи изменения температур, что приводило к ошибкам в уравнениях теплового баланса;
- в целом ряде работ использовался некий алгоритм записи уравнения теплового баланса через некие формально введённые «характеристики состояния» *сmt* без какого-либо обоснования такой модели. При том, что математически в итоге получались верные результаты, такая запись лишала физического смысла как саму величину «количество теплоты», так и в целом уравнение теплового баланса;

Данная задача оказалась наиболее проблемной с точки зрения оценивания – 26% третьей проверки. Многие эксперты региональной предметной комиссии высказывали сомнения по поводу целесообразности использования данной задачи в КИМ ЕГЭ, так как, во-первых, с ситуациями учета теплоёмкости сосудов школьник практически не сталкивается ни при решении школьных задач, ни при выполнении разнообразных лабораторных работ. Во-вторых, отсутствие учета теплоёмкости стакана нивелируется в ходе алгебраических преобразований и не влияет на конечный результат, что создаёт для экспертов дополнительные трудности оценивания.

Задание 31 (Расчетная задача по электродинамике высокого уровня сложности)

Задача по электродинамике выполнена с максимальным средним процентом выполнения среди задач высокого уровня сложности – 25%. В наиболее сильной группе с ней справились 90% экзаменуемых. Она является достаточно типичной для КИМ ЕГЭ, широко представлена в пособиях для подготовки к экзамену и в школьных задачниках.

Пример формулировки из открытого варианта (процент выполнения 26):

Ион с зарядом $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл и массой $m = 1,5 \cdot 10^{-25}$ кг проходит ускоряющую разность потенциалов $U = 10^3$ В и после этого попадает в однородное магнитное поле, в котором движется по окружности радиусом $R = 0,3$ м. Определите модуль индукции B магнитного поля. Считать, что установка находится в вакууме. Силой тяжести и скоростью иона до прохождения ускоряющей разности потенциалов пренебречь.

Правильное решение подразумевало запись следующих уравнений и формул:

- связь изменения кинетической энергии заряженной частицы с работой электрического поля (теорема о кинетической энергии);
- второй закон Ньютона;
- формула для расчёта силы Лоренца;
- формула для расчёта центростремительного ускорения.

Наиболее часто встречающиеся ошибки экзаменуемых:

- в формуле для расчёта величины силы Лоренца указывали косинус вместо синуса. Поскольку значение тригонометрической функции все равно приравнивалось единице, то на дальнейшем решении эта ошибка не сказывалась. Тем не менее, эта ошибка не позволяла засчитать формулу в качестве верной;

- делали пояснительный чертёж, который не являлся обязательным, на котором неверно указывали направление силы Лоренца, что вынуждало экспертов снижать оценку.

Поскольку задача о движении заряженной частицы в однородном магнитном поле (при условии $\vec{v} \perp \vec{B}$) хорошо известна, как и формула для радиуса кривизны траектории $R = \frac{mv}{qB}$, последняя некоторыми экзаменуемыми использовалась как исходная, без ее вывода с использованием II закона Ньютона, формулы силы Лоренца и формулы центростремительного ускорения. Однако формула для расчёта радиуса кривизны траектории отсутствует в кодификаторе. Поэтому при верном решении такое задание оценивалось в 1 балл по критерию отсутствия одной из исходных формул.

Третья проверка по этой задаче была минимальной, системных проблем оценивания не выявлено.

Задание 32 (Расчетная задача по квантовой физике высокого уровня сложности)

С точки зрения процента выполнения данная задача оказалась самой проблемной для всех групп экзаменуемых, кроме самой сильной (74%). Среди самой многочисленной группы «середняков» с ней справились 0%.

Пример формулировки из открытого варианта (процент выполнения 16):

На расстоянии 6 м от точечного источника монохроматического излучения с длиной волны 0,6 мкм перпендикулярно падающим лучам расположена пластинка площадью 8 мм², на которую падает ежесекундно $6 \cdot 10^{12}$ фотонов. Какова мощность излучения источника, если он излучает свет одинаково во все стороны? Площадь сферы радиусом R рассчитывается по формуле: $S = 4\pi R^2$.

Правильное решение подразумевало запись следующих уравнений и формул:

- формула для расчёта мощности излучения точечного источника $P = nE$, где n – число фотонов, ежесекундно вылетающих из источника, E – энергия фотона

- формула для расчёта энергии фотона через длину волны;
- формула связи числа фотонов, падающих на пластинку, с числом фотонов, излучаемых источником за одно и то же время.

Экзаменуемые средней группы в большинстве своём к решению данной задачи не приступили. Причина может крыться и в нехватке времени (задача последняя), и в том, что она при простоте решения не является стандартной для школьного курса физики.

Типичной проблемой экзаменуемых и экспертов стала проблема размерности: несоответствие между записью данных задачи («число фотонов» либо «число фотонов в секунду») и формул с точки зрения учёта времени: время или не учитывалось вообще, или учитывалось дважды). Поскольку промежуток времени равен 1 с, на числовой ответ ошибки учёта времени не влияли.

Резюмируя, приходится в очередной раз признать, что у многих экзаменуемых культура решения физических задач сформирована не в должной степени. Это проявляется, прежде всего, в попытках формального применения законов при непонимании специфики используемой физической модели. Многие ошибки экспертов провоцируются низкой культурой оформления задач, приводящей к тому, что эксперту не удается адекватно «расшифровать» записи экзаменуемых.

4.5. Общие выводы об успешности выполнения экзаменационной работы по физике 2021 года в контексте результатов прошлых лет

Перечень элементов содержания, умений и видов деятельности, усвоение которых школьниками региона в целом можно считать достаточным (наилучшим).

Лучше всего, с существенным «запасом прочности» (процент выполнения больше 80) выполнены следующие задания:

Таблица 19.

Перечень заданий, выполненных наиболее успешно

Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания и умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения по региону
3	Импульс тела: умение применять формулу определения импульса тела для сравнения импульсов, скоростей и масс двух тел (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	90%
10	Относительная влажность воздуха: умение применять соответствующую формулу для сравнения в двух состояниях относительной влажности воздуха, находящегося в закрытом сосуде под поршнем (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	81%
12	Изменение агрегатных состояний: умение интерпретировать график зависимости температуры от времени при нагревании и охлаждении с фазовыми переходами (соответствие между участком графика и процессом)	базовый	85%
15	Ход лучей в тонкой линзе: умение проводить построение изображения точечного источника света в тонкой линзе в стандартной ситуации (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	87%
22	Измерение физических величин: определение показаний стандартного школьного измерительного прибора с учетом погрешности прямого измерения (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел в предложенных единицах измерения)	базовый	86%
23	Методология физического эксперимента: умение спланировать физический эксперимент (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	базовый	82%

Перечень элементов содержания, умений и видов деятельности, усвоение которых школьниками региона в целом нельзя считать достаточным (хуже остальных) Ниже перечислены задания, выполненные хуже остальных: менее 60% выполнения для заданий базового и повышенного уровня первой части экзаменационной работы и менее 15% выполнения для заданий повышенного и высокого уровня сложности второй части экзаменационной работы

Таблица 20.

Перечень заданий, выполненных наименее успешно

Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания и умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения по региону
13	Сила Лоренца: умение определять направление силы Лоренца по рисунку (самостоятельная запись ответа в виде слова)	базовый	56%
14	Сила тока: умение определять прошедший по проводнику заряд по графику зависимости силы тока от времени (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	46%
18	Законы постоянного тока: умение рассчитывать основные величины, описывающие участок цепи постоянного тока (соответствие между величинами и формулами для их вычисления)	базовый	59%
20	Закон радиоактивного распада: умение применять формулу закона радиоактивного распада для стандартных расчётов (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	60%
29	Механика (равновесие шайбы на наклонной плоскости при нестандартном направлении силы трения покоя): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	14%
32	Квантовая физика (определение мощности излучения точечного источника света через энергию поглощённых фотонов): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	14%

Изменения успешности выполнения заданий разных лет по сходной тематике

Структура экзаменационной работы 2021 года полностью соответствует структуре экзаменационной работы 2020 года. Однако, сравнение результатов выполнения достаточно условно, так как несмотря на то, что задания экзаменационных работ структурно одинаковы, они проверяют разные элементы содержания, имеют существенные для результата выполнения нюансы в формулировках. В следующей таблице представлены результаты выполнения заданий в текущем и прошлом годах с указанием их специфики.

Таблица 21.

Сравнение успешности выполнения заданий в 2020 и 2021 годах

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021 году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
1	Равноускоренное и равномерное прямолинейное движение: умение определять проекцию вектора ускорения по графику зависимости проекции вектора скорости от времени на разных участках движения (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	78	Равноускоренное и равномерное прямолинейное движение: умение определять проекцию вектора ускорения по графику зависимости проекции вектора скорости от времени на разных участках движения (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	84
2	Законы Ньютона: умение применять формулу второго закона Ньютона для нахождения изменения входящих в неё величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	80	Законы Ньютона: умение определять графически равнодействующую двух сил, изображенных на рисунке в определенном масштабе и направленных под углом друг к другу (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	79

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
3	Импульс тела: умение применять формулу определения импульса тела для сравнения импульсов, скоростей и масс двух тел (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	90	Импульс тела: умение применять формулу второго закона Ньютона в импульсной форме (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	71
4	Механические волны, звук: умение производить простейшие расчёты по отражению звука от препятствий (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	75	Механические волны, звук: умение применять формулу связи скорости звука с длиной звуковой волны в стандартной ситуации (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	70
5	Свободное падение тел: умение интерпретировать результаты опыта по изучению зависимости модуля скорости тела от времени, представленные в виде таблицы <i>(множественный выбор)</i>	повышенный	69	Свободное падение тел: умение интерпретировать график изменения с течением времени кинетической или потенциальной энергии свободно падающего тела, соотносить график с описанием процесса падения <i>(множественный выбор)</i>	90
6	Закон всемирного тяготения, движение по окружности: умение анализировать изменение физических величин при переходе спутника с одной орбиты на другую (соответствие между величинами и характером их изменения)	базовый	73	Плавание тел на поверхности жидкости: умение анализировать изменение физических величин при изменении плотности плавающего тела или жидкости (соответствие между величинами и характером их изменения)	79

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
7	Равноускоренное прямолинейное движение по наклонной плоскости: умение описывать изменение кинематических, динамических и энергетических величин с помощью графиков (соответствие между величинами и графиками, описывающими их зависимость от времени)	базовый	71	Равноускоренное прямолинейное движение: умение описывать движение аналитически (соответствие между величинами и формулами, описывающими их зависимость от времени)	87
8	Основное уравнение МКТ: умение применять соответствующие формулы для расчета одной из входящих в них величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	68	Связь температуры со средней кинетической энергией: умение применять соответствующую формулу для сравнения двух состояний идеального газа (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	88
9	КПД тепловой машины: умение применять соответствующую формулу для расчета одной из входящих в него величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	63	Первый закон термодинамики: умение применять первое начало термодинамики для расчета одной из входящих в него величин (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	67

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
10	Относительная влажность воздуха: умение применять соответствующую формулу для сравнения в двух состояниях относительной влажности воздуха, находящегося в закрытом сосуде под поршнем (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	81	Относительная влажность воздуха: умение применять формулу определения относительной влажности воздуха в простейшей ситуации (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	74
11	Газовые законы, первое начало термодинамики: умение интерпретировать графики изопроцессов (множественный выбор)	повышенный	75	Изменение агрегатных состояний: умение интерпретировать и сравнивать графики зависимости температуры тела, претерпевающего агрегатные превращения, от переданного ему количества теплоты (множественный выбор)	94
12	Изменение агрегатных состояний: умение интерпретировать график зависимости температуры от времени при нагревании и охлаждении с фазовыми переходами (соответствие между участком графика и процессом)	базовый	85	Уравнение Менделеева-Клапейрона, газовые законы: умение анализировать изменение физических величин, описывающих состояние идеального газа, с опорой на диаграмму состояний (соответствие между величинами и характером их изменения)	90

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
13	Сила Лоренца: умение определять направление силы Лоренца по рисунку (самостоятельная запись ответа в виде слова)	базовый	56	Принцип суперпозиции электрических полей: умение определять направление результирующей кулоновской силы при взаимодействии нескольких точечных зарядов (самостоятельная запись ответа в виде слова)	81
14	Сила тока: умение определять прошедший по проводнику заряд по графику зависимости силы тока от времени (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	46	Работа и мощность постоянного тока: умение применять формулу определения мощности постоянного тока в простейших ситуациях (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	73
15	Ход лучей в тонкой линзе: умение проводить построение изображения точечного источника света в тонкой линзе в стандартной ситуации (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	87	Законы отражения и преломления света: умение определять углы при отражении света в плоском зеркале (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	66

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
16	Проводники и диэлектрики в однородном электрическом поле: умение описывать процессы, происходящие в проводниках и диэлектриках, помещенных в однородное электрическое поле (множественный выбор)	повышенный	61	Электромагнитная индукция: умение описывать процесс возникновения индукционного тока, возникающего при движении проводника в постоянном магнитном поле, и анализировать изменения соответствующих физических величин с опорой на график зависимости площади замкнутого проводящего контура от времени (множественный выбор)	93
17	Конденсатор: умение анализировать изменение физических величин, описывающих процесс разрядки заряженного конденсатора через резистор (соответствие между величинами и характером их изменения)	базовый	63	Законы постоянного тока: умение анализировать изменение распределения напряжений и токов в полной цепи постоянного тока со смешанным соединением проводников при изменении сопротивления внешней цепи (соответствие между величинами и характером их изменения)	85

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
18	Законы постоянного тока: умение рассчитывать основные величины, описывающие участок цепи постоянного тока (соответствие между величинами и формулами для их вычисления)	базовый	59	Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре: умение описывать изменения физических величин с помощью графиков их зависимости от времени (соответствие между величинами и графиками их зависимости от времени)	73
19	Ядерные реакции: умение определять зарядовые и массовые числа ядер, образующихся при радиоактивном распаде (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	базовый	73	Ядерные реакции: умение определять зарядовые и массовые числа ядер, участвующих в ядерной реакции (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	87
20	Закон радиоактивного распада: умение применять формулу закона радиоактивного распада для стандартных расчётов (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	базовый	60	Закон радиоактивного распада: умение применять формулу закона радиоактивного распада применительно к количеству вещества (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	72

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
21	Фотоэффект: умение анализировать изменение величин, используемых для описания фотоэффекта, при изменении параметров падающего света (соответствие между величинами и характером их изменения)	базовый	64	Излучение и поглощение света атомами: умение идентифицировать и сравнивать процессы поглощения и излучения квантов света на основе диаграммы энергетических уровней атома (соответствие между процессом и его схематическим изображением на диаграмме)	61
22	Измерение физических величин: определение показаний стандартного школьного измерительного прибора с учетом погрешности прямого измерения (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел в предложенных единицах измерения)	базовый	86	Измерение физических величин: определение показаний стандартного школьного измерительного прибора с учетом погрешности прямого измерения (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел в предложенных единицах измерения)	85
23	Методология физического эксперимента: умение спланировать физический эксперимент (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	базовый	82	Методология физического эксперимента: умение спланировать физический эксперимент (самостоятельная запись ответа в форме двух последовательных чисел)	82
24	Элементы астрофизики: умение интерпретировать информацию, представленную в форме таблицы (множественный выбор)	базовый	67	Элементы астрофизики: умение интерпретировать информацию, представленную на диаграмме Герцшпрunga-Рессела (множественный выбор)	89

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
25	МКТ и термодинамика: умение решать стандартные расчетные задачи на применение первого начала термодинамики к изо-процессам (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	по-вы-шенный	42	Электродинамика: умение решать стандартные расчетные задачи на сравнение амплитуд величин, описывающих колебательные процессы в разных колебательных контурах (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	33
26	Геометрическая оптика: умение решать стандартные расчетные задачи на применение формулы тонкой линзы (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	по-вы-шенный	49	Квантовая физика: умение решать стандартные расчетные задачи на применение уравнения Эйнштейна при описании фотоэффекта (самостоятельная запись ответа в предложенных единицах измерения)	26
27	Механические колебания с элементами электродинамики (изменение периода малых колебаний математического маятника под действием однородного электрического поля): умение решать качественные задачи	по-вы-шенный	18	МКТ и термодинамика (умение строить в предложенном масштабе график зависимости одной термодинамической величины от другой на основе графика зависимости от этой же величины внутренней энергии или концентрации идеального газа): умение решать качественные задачи	28

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
28	Механика (равноускоренное движение при остановке поезда): умение решать стандартные расчетные задачи	повышенный	47	Механика (равновесие невесомого стержня с подвешенным к нему грузом, находящегося в ящике с гладким дном и стенками): умение решать стандартные расчетные задачи	25
29	Механика (равновесие шайбы на наклонной плоскости при нестандартном направлении силы трения покоя): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	14	Механика (применение закона сохранения импульса и второго закона Ньютона при описании взаимодействия пробирки, подвешенной на двух нитях, и вылетающей из неё пробки): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	10
30	Молекулярная физика (теплообмен в системе «стакан-вода-металлические шарики»): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	24	Молекулярная физика (применение уравнения Менделеева-Клапейрона и определения влажности воздуха для описания потери воды при дыхании человека): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	18

Обозначения задания в работе	Проверяемые элементы содержания / умения в 2021 году	Уровень сложности задания	Средний процент выполнения задания в 2021году	Проверяемые элементы содержания / умения в 2020 году	Средний процент выполнения задания в 2020 году
31	Электродинамика (круговое движение заряда в магнитном поле после разгона в электрическом поле): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	25	Электродинамика (применение законов постоянного тока и принципа суперпозиции для расчета результирующей силы Ампера, действующей со стороны постоянного магнитного поля на подключённый к источнику тока проводящий контур сложной структуры): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	11
32	Квантовая физика (определение мощности излучения точечного источника света через энергию поглощённых фотонов): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	высокий	14	Геометрическая оптика (использование формулы тонкой линзы применительно к мнимому и действительному изображениям, полученным с помощью одной собирающей линзы): умение решать расчетные задачи высокого уровня сложности	15

Как видно из таблицы, сопоставление успешности выполнения заданий 2020 и 2021 годов корректно только для заданий №№1, 4, 5, 8, 10, 19, 20, 22 и 23: они одинаковы структурно и сопоставимы по проверяемым элементам содержания.

Задание №1 в 2021 году полностью аналогично заданию № 1 2020 года. Однако, в текущем году оно выполнено несколько хуже, чем в предыдущем

2021 год (78%)	2020 год (84%)
<p>На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t.</p> <p>Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 0 до 5 с.</p> <p>Ответ: _____ м/с^2.</p>	<p>На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t. Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 6 с?</p> <p>Ответ: _____ м/с^2.</p>

Задание № 4 в 2021 году, проверяющее умение производить простейшие расчёты по отражению звука от препятствий, выполнено несколько лучше аналогичного задания 2020 года, проверяющего умение применять формулу связи скорости звука с длиной звуковой волны в стандартной ситуации.

2021 год (75%)	2020 год (70%)
<p>У входа в вертикальную шахту произведён выстрел. Через какое время после выстрела звук выстрела вернётся к стрелку, отразившись от дна шахты, если её глубина 170 м? Скорость звука в воздухе принять равной 340 м/с.</p> <p>Ответ: _____ с.</p>	<p>В воздухе распространяется волна от источника, колеблющегося с частотой 660 Гц. Скорость звука в воздухе равна 330 м/с. Какова длина звуковой волны в воздухе?</p> <p>Ответ: _____ м.</p>

Задание № 5 связано с описанием свободного падения тел. Очевидно, что необходимость проведения расчетов с использованием кинематических формул (2021 год) явилась для экзаменуемых существенным усложняющим фактором. В задании 2020 года все варианты утверждений были качественными, не требующими никаких расчётов.

2021 год (69%)	2020 год (90%)																						
<p>Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли в момент времени $t=0$. В таблице приведены результаты измерения модуля скорости тела в зависимости от времени. Выберите два верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Время, с</th> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Модуль скорости, м/с</th> <td>4,0</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> <td>1,0</td> <td>0</td> <td>1,0</td> <td>2,0</td> <td>3,0</td> <td>4,0</td> <td>5,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>1) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 0,8 м. 2) Начальная скорость тела была равна 4 м/с. 3) В момент времени $t=0,2$ с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли. 4) На высоте 0,8 м от поверхности Земли скорость тела была равна 3,0 м/с. 5) В момент времени $t=0,9$ с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли.</p> <p>Ответ: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	<p>На рисунке представлен график изменения кинетической энергии свободно падающего тела с течением времени. Выберите два утверждения о движении тела, не противоречащих графику, если сопротивлением воздуха можно пренебречь.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) В конце наблюдения кинетическая энергия тела становится равной нулю. 2) Тело брошено под углом к горизонту с балкона и упало на поверхность Земли. 3) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на поверхность Земли. 4) В процессе наблюдения кинетическая энергия тела всё время увеличивалась. 5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало обратно на поверхность Земли. <p>Ответ: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0													
Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0													

Сравнение процента выполнения задания № 8 в 2020 и в 2021 годах позволяет предположить, что формулу связи средней кинетической энергии теплового движения молекул идеального газа с температурой экзаменуемые знают

лучше, чем формулу связи между давлением идеального газа и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул.

2021 год (68%)	2020 год (88%)
<p>Давление разреженного газа в сосуде возросло в 6 раз, а средняя энергия поступательного теплового движения его молекул возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличилась концентрация молекул газа в сосуде?</p> <p>Ответ: в _____ раз(а).</p>	<p>При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одногатомного газа увеличилась в 2 раза. Конечная температура газа равна 600 К. Какова была начальная температура газа?</p> <p>Ответ: _____ К.</p>

С традиционно проблемной темой «Относительная влажность воздуха», усвоение которой проверяется заданием № 10, в текущем году экзаменуемые справились существенно успешнее, чем в прошлом.

2021 год (81%)	2020 год (74%)
<p>Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 24%. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если объем сосуда при неизменной температуре увеличить в 3 раза?</p> <p>Ответ: _____ %.</p>	<p>В воздухе школьного класса при относительной влажности 20% парциальное давление водяного пара равно 800 Па. Определите давление насыщенного водяного пара при данной температуре.</p> <p>Ответ: _____ Па.</p>

Задание № 19 и в 2020 году, и в 2021 году проверяло умение определять зарядовые и массовые числа ядер, участвующих в ядерной реакции. В прошлом году это задание было выполнено успешнее.

2021 год (73%)	2020 год (87%)								
<p>При α-распаде ядра изотопа $^{101}_{\text{Md}}$ образуются α-частица и ядро изотопа $^{A}_{Z}\text{X}$. Определите массовое число и зарядовое число ядра $^{A}_{Z}\text{X}$.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Массовое число A</td> <td>Зарядовое число Z</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>	Массовое число A	Зарядовое число Z	_____	_____	<p>Ядро лития может захватить протон, в результате чего происходит ядерная реакция ${}^1_{\text{H}} + {}^7_{\text{Li}} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_{\text{He}}$ с образованием ядра химического элемента $^{A}_{Z}\text{X}$. Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Заряд ядра Z</td> <td>Массовое число ядра A</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>	Заряд ядра Z	Массовое число ядра A	_____	_____
Массовое число A	Зарядовое число Z								
_____	_____								
Заряд ядра Z	Массовое число ядра A								
_____	_____								

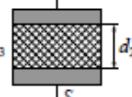
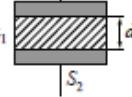
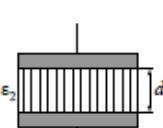
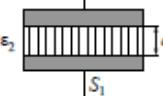
Задание № 20 и в текущем году, и в прошлом проверяло умение применять формулу закона радиоактивного распада. В прошлом году стандартная ситуация была усложнена необходимостью перехода от числа атомов к количеству вещества. В текущем году усложнение скорее математическое – вместо периода полураспада в записи закона используется обратная ему величина, для которой введено особое обозначение. Эта нестандартность оказалась более трудной, чем необходимость вспомнить ещё одну формулу

2021 год (60%)	2020 год (72%)
<p>Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид: $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$, где $\lambda = 0,04 \text{ с}^{-1}$. Определите период полураспада этих ядер.</p> <p>Ответ: _____ с.</p>	<p>Период T полураспада изотопа калия ${}^{42}_{19}\text{K}$ равен 12,4 ч. Изначально образец содержал 1 мкмоль этого изотопа. Сколько мкмоль этого изотопа останется через 37,2 ч?</p> <p>Ответ: _____ мкмоль.</p>

Задания № 22 и 23 по методологии и в 2020 году, и в 2021 году имеют стандартную формулировку и проверяют умение проводить прямые измерения физических величин с учётом погрешностей прямых измерений и умение спланировать физический эксперимент. В текущем году оба задания выполнены также успешно, как в предыдущем.

2021 год (86%)	2020 год (85%)
<p>Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра. Вольтметр проградуирован в вольтах.</p>  <p>Ответ: (_____ ± _____) В.</p>	<p>Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.</p>  <p>Ответ: (_____ ± _____) Н.</p>

Задание № 23

2021 год (82%)	2020 год (82%)																								
<p>Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от массы груза. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование? Грузы сплошные.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ маятника</th> <th>Жёсткость пружины, Н/м</th> <th>Объём груза, см³</th> <th>Материал, из которого сделан груз</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>алюминий</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>алюминий</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>медь</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>алюминий</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10</td> <td>60</td> <td>медь</td> </tr> </tbody> </table> <p>Запишите в ответе номера выбранных маятников.</p> <p>Ответ: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см ³	Материал, из которого сделан груз	1	40	30	алюминий	2	60	60	алюминий	3	40	30	медь	4	10	30	алюминий	5	10	60	медь	<p>Необходимо экспериментально изучить зависимость электропроводности плоского конденсатора от расстояния между его пластинами. На всех представленных ниже рисунках S – площадь пластин конденсатора, d – расстояние между пластинами конденсатора, ϵ – диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?</p> <p>1) </p> <p>2) </p> <p>3) </p> <p>4) </p> <p>5) </p> <p>Запишите в ответе номера выбранных конденсаторов.</p> <p>Ответ: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см ³	Материал, из которого сделан груз																						
1	40	30	алюминий																						
2	60	60	алюминий																						
3	40	30	медь																						
4	10	30	алюминий																						
5	10	60	медь																						

Следует отметить, что в наиболее сильных группах экзаменуемых процент выполнения перечисленных выше заданий и в 2020 году, и в 2021 году

одинаково высок. Все отличия обусловлены результатами наиболее многочисленной группы со средним уровнем подготовки по предмету.

Общие выводы по выполнению заданий первой части экзаменационной работы

Содержательные элементы, проверяемые заданиями, входящими в первую часть экзаменационной работы, можно считать усвоенными, если среднее значение их выполнения превышает 50% (аналитические отчеты ФИПИ по Единому государственному экзамену, www.fipi.ru).

В 2021 году процент выполнения меньше 50 имеет только одно задание (46%): №14, проверяющее умение определять прошедший по проводнику заряд по графику зависимости силы тока от времени. Выполнение данного задания подразумевает нахождение заряда через площадь под графиком. Эта операция применительно к силе тока и заряду, как правило, обсуждается только при профильном изучении предмета. Поэтому в самой сильной группе процент выполнения равен 85, а во всех других группах – ниже, чем при выполнении других заданий базового уровня.

Результаты экзамена 2021 года подтверждают выводы, сделанные при анализе результатов экзаменов в прошлые годы, о том, что наибольшие затруднения у экзаменуемых вызывают задания:

- по темам школьного курса физики, которые изучаются «точечно»: их содержание не оказывается востребованным для повторения при освоении других тем;
- нестандартно сформулированные задания или задания, содержащие нестандартные элементы;
- задания, при выполнении которых необходимо соотнести информацию из нескольких источников и представленную в разных формах (вербально, с помощью одного или нескольких графиков, таблицы, схемы, диаграммы);

Важно отметить, что тематика вызвавших затруднения заданий первой части практически не пересекается с тематикой «проблемных» заданий прошлого года.

Общие выводы по выполнению заданий второй части экзаменационной работы

Эта часть экзаменационной работы содержала две стандартные расчетные задачи с кратким ответом, качественную задачу, стандартную расчетную задачу

повышенного уровня и четыре расчетных задачи высокого уровня сложности, предполагающие развернутый ответ.

Результаты выполнения расчётных задач с кратким ответом за последние годы представлены в таблице:

Таблица 22.

Результаты выполнения расчётных задач с кратким ответом

Обозначения задания в работе	Средний процент выполнения				
	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год
25	34	57	38	33	42
26	34	43	40	26	49
27	20	35	35	-	
28*				25	47

*у задачи изменился номер, так как она переведена в раздел задач с развернутым ответом

Как видно из данных таблицы, стандартные расчетные задачи с кратким или развернутым ответом в 2021 году выполнены лучше, чем во все предыдущие годы.

Далее в таблице представлены результаты выполнения за несколько последних лет качественной задачи и задач высокого уровня сложности с развёрнутым ответом:

Таблица 23.

Результаты выполнения заданий с развёрнутым ответом

Обозначения задания в работе 2020 года	Средний процент выполнения задания				
	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год
27	28	12	53	28	18
29	27	18	42	10	14
30	15	41	31	18	24
31	13	22	31	11	25
32	16	24	14	15	14

Три из пяти задач с развернутым ответом выполнены существенно лучше, чем в прошлом году.

Общие выводы по всей работе:

В целом результаты выполнения всей экзаменационной работы 2021 года сопоставимы с результатами 2020 года: нет существенных прорывов, как нет и ощутимых провалов.

По первой части экзаменационной работы колебания процента выполнения отдельных заданий обусловлены скорее особенностями этих заданий, чем существенными изменениями в уровне подготовки экзаменуемых.

Однако вторая часть экзаменационной работы в текущем году выполнена в целом успешнее, чем в предыдущие годы.

Как показано в статистической части отчета, основные статистические показатели экзамена по физике текущего года в целом несколько лучше показателей предыдущих. Четко прослеживается тенденция ежегодного повышения среднего балла по результатам основного экзамена.

Можно предположить, что эта тенденция во многом обусловлена многолетней системной работой, направленной на повышение качества физического образования в Санкт-Петербурге.

5. КАЧЕСТВО РАБОТЫ ЧЛЕНОВ ПРЕДМЕТНОЙ КОМИССИИ

Комиссия, как и в прошлые годы, работает стабильно и мотивированно. В 2021 году предметная комиссия по физике насчитывала 110 активных экспертов, из них 103 человека работали на экзаменах, что составляет 93,6% (в прошлом году - 90,0%). При этом необоснованных неявок на проверку не зафиксировано: семеро экспертов не смогли принять участие в проверке по болезни. Для проверки работ экзамена в резервные дни привлекалось ограниченное количество экспертов (от 3 до 7 человек).

Соответствующие цифры представлены в таблице 24.

Таблица 24.

*Явка членов предметной комиссии по физике на проверку работ в 2020 году
по сравнению с предыдущими годами*

Год	Зарегистрировано активных экспертов	Явилось	
		Чел.	%
2013	144	143	99
2014	144	143	99
2015	139	134	96
2016	130	127	98
2017	123	121	98
2018	113	112	99
2019	111	109	98
2020	120	108	90
2021	110	103	94

Проверка заданий с развернутым ответом основного экзамена (11.06.21) осуществлялась в течение двух дней (12.06.21 и 13.06.21). Проверка работ четырёх дополнительных экзаменов (29.06.21, 02.07.21, 14.07.21 и 17.07.21) проводилась в течение одного дня (соответственно, 30.06.21, 03.07.21, 15.07.21 и 18.07.21).

Распределение членов предметной комиссии по статусам представлено в таблице 25.

Таблица 25.

Статусы экспертов РПК по физике в 2021 году по сравнению с предыдущими годами

Год	Общая численность РПК, чел.	Кол-во ведущих экспертов	Кол-во старших экспертов	Кол-во основных экспертов
2015	139	7	22	110
2016	130	9	32	89
2017	123	8	51	64
2018	113	3	45	65
2019	111	3	29	79
2020	120	3	33	84
2021	110	3	24	83

В следующей таблице даны основные показатели работы предметной комиссии по всем экзаменационным дням 2021 года.

Таблица 26.

Основные показатели работы предметной комиссии по физике в 2021 году

Показатели работы предметной комиссии	Основной день 11.06.2021		Дополнительные дни 29.06.2021, 02.07.2021, 14.07.2021, 17.07.2021		ВСЕГО в 2021 году		ВСЕГО в 2020 году	
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Всего работ	5356	100	162	100	5518	100	5414	100
Из них пустые (не требовали проверки)	857	16,0	101	62,3	958	17,4	953	17,6
Количество работ, проверенных третьим экспертом	461	8,61	0	0	461	8,35	397	7,33

В 2021 году предметной комиссией было проверено несколько больше работ, чем в 2020 году: 5518 работ по сравнению с 5414. Как и в предыдущем году, несколько уменьшился процент пустых бланков.

Несколько увеличился процент третьей проверки: 8,37 по сравнению с 7,33 в прошлом году.

Работы на третью проверку ушли практически от всех экспертов, работавших на основном экзамене. При этом полностью безошибочно отработали 13 экспертов, 8 из которых являлись консультантами, что в целом соответствует ситуации прошлого года.

У 7 членов ПК, несмотря на наличие работ, отправленных на 3 проверку, не выявлено существенных ошибок в работе, так как третий экспресс с ними либо полностью согласился, либо разошёлся в оценке в 1 балл. В прошлом году таких экспертов было тоже 7.

У 8 членов ПК процент ошибок существенно больше, чем в среднем по ПК. К четырём из них претензий по качеству проверки в предыдущие годы не было. Они останутся в составе предметной комиссии, но им будетделено дополнительное внимание в ходе подготовки к проверке работ 2022 года. Еще 4 члена предметной комиссии показали неудовлетворительные результаты работы повторно, соответственно, они будут исключены из состава РПК.

Из 461 работы, ушедшей на третью проверку на основном экзамене, в 431 работе экспертами была совершена ошибка в одном задании, в 29 работах – ошибки в двух заданиях, в одной работе – ошибки одновременно в 3 заданиях.

Анализ третьих проверок по основному экзамену показал, что в 39,7% случаев третий эксперт не согласился ни с одним из экспертов первой и второй проверок, занял промежуточную позицию, что существенно меньше, чем в прошлом году (56,7%). В 60,3% случаев третий эксперт принял сторону одного из экспертов, считая мнение другого ошибочным (43,3% в прошлом году). В 7% случаев третьей проверки выявлены технические ошибки экспертов, что несколько ниже, чем в прошлом году (8,5 %). Таким образом, в текущем году подавляющее большинство третьих проверок было обусловлено существенными смысловыми ошибками.

Распределение третьих проверок по задачам основного экзамена представлено в Таблице 27.

Данные таблицы показывают, что наиболее проблемными с точки зрения оценивания оказались 30 задача по молекулярной физике и качественная задача № 27. Подробный анализ затруднений экспертов дан в 4 главе.

Таблица 27.

Распределение третьих проверок по задачам основного экзамена

Номер задания с развернутым ответом	27	28	29	30	31	32	ТО
Доля в третьей проверке 2020 года	25%	13%	8%	19%	10%	16%	9%
Доля в третьей проверке 2021 года	23%	14%	12%	26%	8%	10%	7%

Основные проблемы оценивания, выявленные в ходе третьей проверки, стандартны:

1. Смысловые ошибки:

- отход от обобщенных критериев оценивания;
- игнорирование дополнительных рекомендаций по оцениванию конкретных задач, предложенных на форуме для руководителей РПК;
- нежелание (или неумение) разобраться в оригинальном решении, существенно отличающемся от авторского решения ФИПИ;
- небрежность проверки: эксперты невнимательно проверяют в расчетных задачах правильность решения и расчета при наличии правильного ответа.

2. Технические ошибки (ТО):

- невнимательность или небрежность эксперта: перепутал номера задач или не заметил неверно указанного экзаменуемым номера; «не заметил» задачу; ошибся при переносе оценки с черновика в протокол проверки.

В отличие от прошлого года, не были зафиксированы случаи испорченных протоколов в связи с выставлением за сравнительно новую 28 задачу ошибочных 3 максимальных баллов вместо возможных 2-х.

Эксперты-консультанты отмечали, что в текущем году отдельные негативные стороны закрепления консультанта за каждой из аудиторий, продиктованного эпидемиологической ситуацией в городе, были не столь остры, как в прошлом году: эксперты старались работать более самостоятельно, прислушиваться к дополнительной информации по итогам совещаний между консультантами и руководителями ПК. Тем не менее, большое число консультантов не позволяет добиться полностью единообразного толкования спорных ситуаций оценивания в промежутках между согласованиями, своевременной коррекции результата оценивания. А спорных ситуаций оценивания на основном экзамене в этом году было существенно больше, чем в прошлом и позапрошлом годах. Если позволит эпидемиологическая обстановка, возможен возврат к организа-

ционным схемам консультирования 2018 и 2019 годов, с их незначительной корректировкой.

Статистически значимых проблемных ситуаций оценивания на дополнительных экзаменах не выявлено.

Все спорные ситуации оценивания и допущенные экспертами ошибки будут еще раз детально проанализированы и в обязательном порядке включены в содержание практикумов при подготовке экспертов к работе на экзамене 2022 года.

6. АНАЛИЗ ПРИЧИН УДОВЛЕТВОРЕНИЯ АПЕЛЛЯЦИЙ

На апелляцию в текущем году были поданы 72 работы, что соответствует среднестатистическим показателям по Санкт-Петербургу за предыдущие годы. Прошлогодний аномальный рост количества апелляций был, по-видимому, обусловлен впервые появившейся возможностью дистанционной подачи заявления. В общей сложности были удовлетворены 21 апелляция по баллам за развернутый ответ и 4 апелляции по техническим ошибкам, что составляет 35% от числа поданных апелляций, что также соответствует среднестатистическим показателям.

Полная информация по апелляциям представлена в таблице.

Таблица 28

*Количество поданных и удовлетворенных апелляций
по результатам ЕГЭ по физике в 2021 году
в сравнении с аналогичными показателями предыдущих лет*

Год	Всего апелляций	Из них удовлетворено				Из них отклонено
		всего	с повышением	без изменения	с понижением	
2014	86	11 (12,8 % от общего кол-ва)	10 (90,9 % от числа удовлетворённых)	0 (0 % от числа удовлетворённых)	1 (9,1 % от числа удовлетворённых)	75 (87,2 % от общего кол-ва)
2015	58	27 (46,6 % от общего кол-ва)	27 (100 % от числа удовлетворённых)	0 (0 % от числа удовлетворённых)	0 (0 % от числа удовлетворённых)	31 (53,4 % от общего кол-ва)
2016	40	14 (35,0% от общего кол-ва)	10 (71,4% от числа удовлетворённых)	3 (21,4% от числа удовлетворённых)	1 (7,2% от числа удовлетворённых)	26 (65,0% от общего кол-ва)

Год	Всего апелляций	Из них удовлетворено				Из них отклонено
		всего	с повышением	без изменения	с понижением	
2017	86	21 (24,4% от общего кол-ва)	9 (42,9% от числа удовлетворённых)	1 (4,8% от числа удовлетворённых)	4 (19,0% от числа удовлетворённых)	65 (75,6% от общего кол-ва)
2018	49	17 (34,7% от общего кол-ва)	10 (20,4% от числа удовлетворённых)	3 (17,6% от числа удовлетворённых)	3 (17,6% от числа удовлетворённых)	32 (65,3% от общего кол-ва)
2019	54	16 (29,6% от общего кол-ва)	6 (37,5% от числа удовлетворённых)	0 (0% от числа удовлетворённых)	0 (0% от числа удовлетворённых)	38 (70,4% от общего кол-ва)
2020	123	26 (21% от общего кол-ва)	19 (73% от числа удовлетворённых)	1 (4% от числа удовлетворённых)	1 (4% от числа удовлетворённых)	97 (79% от общего кол-ва)
2021	72	25 (35% от общего кол-ва)	14 (56% от числа удовлетворённых)	3 (12% от числа удовлетворённых)	4 (16% от числа удовлетворённых)	47 (65% от общего кол-ва)

Изменение баллов по итогам перепроверки заданий с развернутым ответом минимально. Повышение баллов, как правило, касалось работ, в которых имелась неоднозначная ситуация оценивания, которую можно было трактовать в пользу апеллянта. Понижение баллов осуществлялось при выявлении очевидной однозначно трактуемой ошибки одного из экспертов. К сожалению, апеллянты до сих пор не всегда перед подачей апелляции соотносят свою работу с обобщенными критериями оценивания на предмет возможности изменения баллов.

Как всегда, апелляции проходили в доброжелательной обстановке, практически все апеллянты после соотнесения с критериями осознавали объективность выставленных им баллов. Конфликтная ситуация, на основании которой федеральной предметной комиссией была перепроверена одна работа, касалась претензий не столько к качеству проверки, сколько к содержанию формулировки задачи № 30. Выставленная по спорной задаче оценка РПК была подтверждена в ходе перепроверки на уровне ФПК.

Все спорные ситуации оценивания и допущенные экспертами ошибки будут еще раз детально проанализированы и в обязательном порядке включены в содержание практикумов при подготовке экспертов к работе на экзамене 2022 года.

7. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Общие замечания

Среди факторов, которые в условиях массовой школы, на наш взгляд, являются главными с точки зрения влияния на качество результатов обучения по нашему предмету, рассматриваем следующие:

1. Уровень изучения предмета (базовый или углублённый)

Экзамен по физике является абитуриентским и всегда будет ориентирован на два стандарта – для базового и углублённого уровней. Задания высокого уровня сложности строятся на базе углублённого курса физики с учебной нагрузкой не менее 5 часов в неделю. А его освоение является залогом успешного продолжения обучения в инженерно-техническом вузе.

Практика специального предэкзаменационного натаскивания, занятия на курсах по подготовке к экзамену и с репетитором могут дать существенный результат только при условии, что они опираются на освоенный абитуриентом полноценный и систематический школьный курс.

Результаты выполнения второй части экзаменационной работы ЕГЭ показывают, что большинство участников ЕГЭ по физике, как в Санкт-Петербурге, так и в целом по Российской Федерации не имеют возможности полноценного изучения углублённого курса физики. При изучении физики на базовом уровне осваиваются все элементы содержания в соответствии с кодификатором, но времени на формирование сложных видов деятельности явно не хватает.

Хочется также обратить внимание на то, что если четыре года назад прирост среднего балла в регионе осуществлялся преимущественно за счет улучшения результатов учащихся, изучавших физику на базовом уровне (самая многочисленная группа с результатами от минимального до 60 баллов), то в последние три года становится явной тенденция незначительного увеличения среднего балла за счет успехов экзаменуемых, являющихся выпускниками углублённых классов и статусных образовательных учреждений.

Очевидно, что без «подтягивания» остальных условия для существенного прорыва в результативности обучения предмету не возникнут. Оптимальным

считаем увеличение числа физико-математических классов с углублённым изучением физики в обычных общеобразовательных школах.

Представляется перспективным вариант создания специальных групп в классе, построение индивидуальных учебных планов для обучающихся, выбравших физику для продолжения образования.

2. Качество преподавания физики не только в старшей, но и в основной школе: фундамент для формирования проверяемых КИМ ЕГЭ умений закладывается в основной школе и постепенно надстраивается в течение всех лет изучения физики. Поэтому повышение качества физического образования невозможно без осознания важности и ответственности работы учителя на начальном этапе изучения физики в основной школе.

3. Страгое соблюдение требований ФГОС как в части содержания физического образования, так и в части организации обучения. К сожалению, приходится констатировать, что школьное физическое образование зачастую носит репродуктивный характер. Это приводит к формальному применению учащимися ряда выученных законов и формул без их осмыслиения и понимания. Выявленные типичные ошибки и недочеты, как правило, обусловлены типичными недостатками в организации учебного процесса:

- использование при обучении традиционных, преимущественно репродуктивных форм и методов обучения;
- неумение целенаправленно использовать средства учебного предмета для развития обучающихся;
- неумение эффективно управлять учебной деятельностью обучающихся;
- подмена методологического подхода в преподавании физики «меловой физикой» с формализованной опорой на теоретические знания;
- отсутствие или недостаточное внимание к формированию опыта практического применения теоретических знаний и предметных умений;
- вымывание демонстрационного эксперимента, фронтальных опытов и лабораторных работ из учебной практики, замена натурного эксперимента виртуальными компьютерными анимациями;
- устаревшие подходы к контролю результатов обучения, отсутствие необходимых знаний и опыта применения критериального оценивания различных результатов деятельности обучающихся.

Устранение этих недостатков невозможно без постоянной рефлексивной деятельности учителя, направленной на бескомпромиссный анализ собственной педагогической деятельности.

Именно эти факторы обуславливают предлагаемые ниже рекомендации для системы образования Санкт-Петербурга:

1. Дальнейшее развитие региональной системы оценки качества образования.
2. Увеличение количества физико-математических классов.
3. Развитие и совершенствование процедур итоговой аттестации за курс основной школы (ОГЭ) как средства стимулирования качества преподавания предмета на основной ступени школьного образования.
4. Усиление внутришкольного контроля за качеством преподавания предмета, в том числе за:
 - выполнением программ, особенно в части физического эксперимента;
 - владением учителем современными, отвечающими требованиям ФГОС педагогическими технологиями.

Предложения по совершенствованию организации и методики преподавания физики на основе выявленных типичных затруднений и ошибок

Первая предпосылка эффективности учебного процесса – его грамотное планирование. На этом этапе рекомендуется:

- внимательно проанализировать учебно-тематические планы с целью сбалансировать время, отводимое на изучение разных тем. Как показывают результаты ЕГЭ, практически по всем видам деятельности существует тенденция более высоких результатов выполнения заданий по механике и молекулярной физике, чем заданий по последующим темам при одинаковом уровне их сложности. Имеются традиционные проблемы при выполнении даже базовых заданий по квантовой физике, которая изучается в самом конце курса. Существующий перекос может быть обусловлен не только ошибками планирования, но и несоблюдением намеченных при планировании сроков изучения тем;
- на разных этапах обучения предусмотреть время для проведения промежуточного, итогового и обобщающего повторения. При его планировании целесообразно обратить внимание на вопросы, которые изучаются точечно, не востребованы при освоении последующих тем.

При выполнении экзаменационной работы учащимся очень важно выдерживать временной регламент, быстро переключаться с одной темы на другую. Это еще один нюанс, который следует иметь в виду при организации системного повторения.

При планировании учебного процесса важное значение имеет отбор учебных дидактических материалов:

- Необходимо включать в текущую работу с учащимися задания разных типологических групп, классифицированных

- по структуре;
- по уровню сложности;
- по разделам курса физики;
- по проверяемым умениям;
- по способам представления информации.

- Рекомендуется дополнить предлагаемые учащимся дидактические материалы подборками несложных качественных заданий, позволяющих проверить понимание механизмов процессов и явлений, избежать ошибок, обусловленных формальным применением формул и уравнений без понимания особенностей используемых физических моделей процессов и явлений.

- Рекомендуется использование систем тренировочных упражнений, направленных на отработку выполнения отдельных шагов стандартных алгоритмов: например, для механики – определение взаимодействующих тел, расстановка сил, сложение нескольких векторов, вычисление моментов сил, написание закона сохранения импульса и энергии; для молекулярной физики и термодинамики – определение давления газа, написание уравнения Менделеева-Клапейрона, первого начала термодинамики и т.п. При формировании такой системы упражнений целесообразно опираться на перечисленные выше типичные ошибки и затруднения.

Важным этапом подготовки ученика к экзамену должно стать использование учителем в текущей работе критериального оценивания качественных и расчётных задач, которое применяется экспертами при проверке заданий с развернутым ответом и позволяет ученику получить 1 или 2 балла даже в случае, когда решение не доведено до конца. Необходимо поощрять школьников записывать решение задачи, даже когда оно не закончено, не проведен числовoy расчет или результат вызывает сомнение.

Результаты проверки заданий с развернутым ответом показывают недостаточность сформированности у экзаменуемых культуры решения расчётных физических задач. Этот вид деятельности является наиболее важным для успешного продолжения образования, поэтому в экзаменационной работе проверяются умения применять физические законы и формулы, как в типовых учебных ситуациях, так и в нетрадиционных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания.

В этой связи рекомендуем:

- проводить обучение решению задач по известному принципу «лучше меньше да лучше», не путем демонстрации как можно большего числа «типовых задач», а на основе тщательной смысловой работы с каждой задачей, обсуждая особенности применяемых физических моделей;
- систематически использовать на уроках простые математические упражнения, направленные на применение стандартных и необходимых математических операций в условиях физического контекста: многие ошибки выпускников при решении физической задачи обусловлены неумением грамотно проводить элементарные математические операции, связанные с преобразованием математических выражений, действиями со степенями, чтением графиков и др.;
- несмотря на то, что на экзамене допускается решение расчётной задачи по действиям, ориентировать учеников на получение итоговой формулы для расчета искомой величины в общем виде: итоговая формула, записанная в общем виде, не только облегчает проведение числового расчета, но и дает возможность провести проверку размерности искомой величины и позволяет обнаружить возможную ошибку в решении или преобразованиях. При решении задач по действиям следует тщательно следить за соблюдением математических правил округления при получении промежуточных результатов;
- в повседневной работе необходимо неукоснительно соблюдать, доводя до автоматизма, правила оформления решения задачи:

- ✓ четкое описание вводимых нестандартных обозначений физических величин,
- ✓ максимальный вывод всех используемых формул (чтобы не использовать случайно в качестве исходной формулу, не указанную в кодификаторе),
- ✓ необходимое и достаточное описание промежуточных преобразований,
- ✓ подстановка числовых значений в итоговую формулу,
- ✓ четкая запись ответа с единицами измерения физической величины.

К сожалению, из года в год эксперты отмечают, что довольно часто приходится снижать оценку за расчетную задачу при отсутствии физических или математических ошибок в случаях:

- ✓ использования одной буквы при обозначении разных физических величин;
- ✓ необоснованного переобозначения физических величин в ходе решения задачи;
- ✓ отсутствия описания вводимых физических величин или нестандартных обозначений;

- ✓ отсутствия подстановки числовых значений в формулы при проведении расчётов;
- ✓ записи ответа без указания единиц измерения физических величин.

Очень важно, чтобы внятные и разумные правила оформления решения качественных и расчетных задач были установлены учителем в самом начале изучения предмета. Эти правила должны быть стабильными и соблюдаться неукоснительно, в итоге применяться автоматически, чтобы боязнь «недооформить» работу не становилась дополнительным стрессовым фактором на экзамене.

Результаты экзамена показывают, что экзаменуемым достаточно редко удается получить максимальный балл за решение качественной задачи, так как решение качественной задачи подразумевает не только (и не столько) формулировку правильного ответа, но и выстраивание строгой и четкой логики его обоснования. На уроках при решении качественных задач следует обязательно требовать от учеников проведения первоначально устного анализа условия задачи, выделения ключевых слов, выявления физических явлений, их закономерностей и законов, грамотного использования физических терминов. Полезно применять структурно-логические схемы, графики, рисунки и другие элементы наглядности для предварительной записи цепочки рассуждений при подготовке к устному или письменному ответу на вопрос задачи. Важно постоянно помогать учащимся после устного обсуждения задачи составлять лаконичную, но полную и обоснованную запись ее решения.

Анализ работ участников ГИА по решению качественных задач показывает, что наиболее распространенные ошибки связаны либо с пропуском части логических шагов, либо отсутствием обоснований этих шагов, то есть ссылок на законы, формулы, свойства. Поэтому в процессе обучения решению качественных задач целесообразно использовать «Вопросный метод». При этом для каждого логического шага (доказательства) в самом общем случае можно задавать следующие вопросы:

- Что происходит?
- Почему это происходит?
- Чем это можно подтвердить (на основании какого закона, формулы, свойства сделан этот вывод)?

Повышение результатов при выполнении заданий по проверке методологических умений возможно только при условии расширения спектра фронтального эксперимента с предпочтением лабораторных работ исследовательского характера. Формирование умений проводить измерения и опыты, интерпрети-

ровать их результаты и делать соответствующие выводы возможно только в ходе эксперимента на реальном физическом оборудовании. При этом в процессе обучения важно проводить обсуждение полученных результатов на всех этапах проведения школьного натурного физического эксперимента.

Одним из важнейших условий успешной сдачи экзамена в письменной форме является умение грамотно выражать свои мысли, то есть владение речью. Устное прочтение задачи, перечисление опорных фактов, выделение ключевых слов, выявление «главного» явления, формулирование гипотез, догадок, умозаключений с обоснованием – все это должно прозвучать в устной речи, прежде чем быть записанным. Учащиеся «не любят писать», поэтому записывать нужно только то, что нужно и важно записать в данном конкретном случае: лаконично, точно и четко. Пространное и невнятное первоначальное рассуждение или обоснование только после уточнения и коррекции приобретает черты научного изложения проблемы. Поэтому подготовка к государственной итоговой аттестации в качестве обязательного элемента должна включать в себя работу по формированию грамотной устной речи.

Каждая из перечисленных выше позиций может стать предметом обсуждения на методических объединениях учителей-предметников.

Стратегическое направление повышение квалификации учителя физики в контексте подготовки к ЕГЭ: обучение физике в соответствии с требованиями ФГОС

Рекомендуемые частные направления повышения квалификации учителей физики:

- методологическая культура учителя физики
- технологии обучения учащихся решению физических задач
- применение критериального оценивания в профессиональной деятельности учителя физики
- теория и практика школьного натурного эксперимента
- потенциал дистанционных образовательных технологий в контексте подготовки к ЕГЭ по физике.