Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 26 заданий.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: -2,5 м/с^2. -2,5 Бланк

Ответом к заданиям 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18 и 20 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

Ответ:

А	Б
4	1

41

Ответом к заданию 19 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1,40,2 Бланк

Ответ к заданиям 21–26 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелиевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, что ответ на каждое задание в бланках ответов №1 и №2 записан под правильным номером.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	π=3,14
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10$ м/с^2
гравитационная постоянная	$G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ Н·м^2/кг^2
универсальная газовая постоянная	$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8$ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н·м^2/Кл^2
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
постоянная Планка	$h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = –273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалента	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж

Масса частиц

электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 а. е. м.

Плотность

воды 1000 кг/м³	подсолнечного масла 900 кг/м³
древесины (сосна) 400 кг/м³	алюминия 2700 кг/м³
керосина 800 кг/м³	железа 7800 кг/м³
	ртути 13 600 кг/м³

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

Удельная теплоёмкость

воды 4,2·10³ Дж/(кг·К)	алюминия 900 Дж/(кг·К)
льда 2,1·10³ Дж/(кг·К)	меди 380 Дж/(кг·К)
железа 460 Дж/(кг·К)	чугуна 500 Дж/(кг·К)
свинца 130 Дж/(кг·К)	

Удельная теплота

парообразования воды $2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца $2{,}5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда $3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0 °С

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 Два автомобиля движутся в одном направлении по шоссе. Скорость первого 20 м/с, второго – 15 м/с. Чему равна проекция скорости второго автомобиля относительно первого?

Ответ: _____ м/с.

2 На шероховатой поверхности стола лежит тело массой 1 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,1. Чему будет равна сила трения между телом и поверхностью стола при действии на тело горизонтальной силы 0,5 Н?

Ответ: _____ Н.

3 Тело массой 100 г брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с, через некоторое время оно упало на землю. Чему равен модуль изменения импульса тела за время полёта? Сопротивлением воздуха пренебречь.

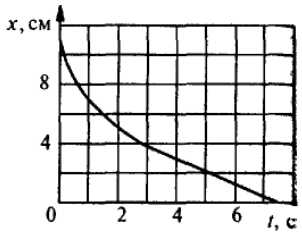
Ответ: _____ кг·м/с.

4 Дубовый брусок объёмом 0,2 см^3 плавает в керосине, на какую величину изменится сила Архимеда, если его переложить в воду?

Ответ: _____ Н.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

5 Шарик уронили в воду с некоторой высоты. На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.



1) Первые три секунды скорость шарика увеличивалась.
2) Шарик всё время двигался с постоянным ускорением.
3) Первые три секунды шарик двигался равномерно.
4) После трёх секунд скорость шарика не изменялась.
5) Ускорение шарика увеличивалось в течение всего наблюдения.

Ответ: _____.

6 Шарик висит на нити. В нём застревает пуля, летящая горизонтально, в результате чего нить отклоняется на некоторый угол. Как изменятся при увеличении массы шарика импульс, полученный шариком в результате попадания в него пули, и максимальная высота подъёма шарика при отклонении нити.

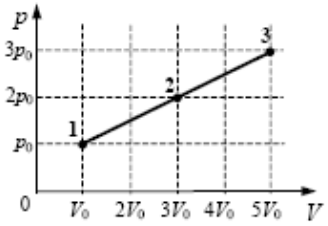
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

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

Импульс, полученный шариком в результате попадания в него пули	Максимальная высота подъёма шарика при отклонении нити

7 На рисунке показан график процесса, проведённого над одним молем идеального газа. Найдите отношение температур T_3/T_1.

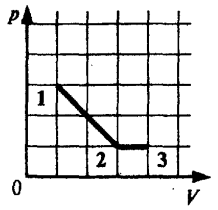


Ответ: _____.

8 В процессе эксперимента газ получил от нагревателя количество теплоты, равное 3кДж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 5 кДж. Чему равна работа газа в данном эксперименте?

Ответ: _____ кДж.

9 Идеальный газ перевели из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объёма V (см. рисунок). Количество вещества газа при этом не менялось. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на рисунке.



1) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 3.
2) В процессе 1–2 температура газа уменьшилась.
3) Работа газа в процессе 1–2 в 4 раза больше работы газа в процессе 2–3.
4) В процессе 2–3 внутренняя энергия газа уменьшилась.
5) Концентрация газа в процессе 1–2 не менялась.

Ответ: _____.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

10 В сосуде с подвижным поршнем длительное время находилась вода. Поршень медленно начинают вводить в сосуд. При этом температура воды и пара остаётся неизменной. Как изменятся в данном процессе масса жидкости и относительная влажность в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

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

Масса жидкости	Относительная влажность

11 Амперметр сопротивлением 5 Ом при включении в цепь с сопротивлением 200 Ом показал ток 40 А. Какой станет сила тока в цепи, если отключить амперметр?

Ответ: _____ А.

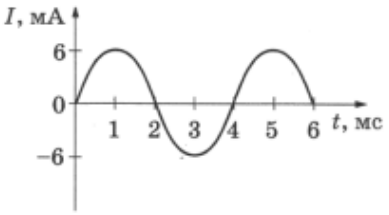
12 Определите индуктивность катушки, которую при силе тока 8 А пронизывает магнитный поток 0,12 Вб.

Ответ: _____ Гн.

13 Перед плоским зеркалом, закреплённым на вертикальной стене, на расстоянии 80 см стоит девушка ростом 160 см. На сколько уменьшится расстояние между девушкой и её изображением в этом зеркале, если она встанет на расстоянии 50 см от зеркала?

Ответ: на _____ см.

14 На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



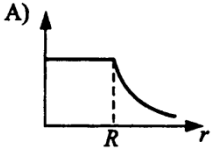
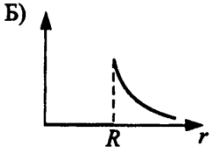
На основании анализа этого графика выберите все верные утверждения из приведённого ниже списка.

1) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора примерно равно $10{,}8 \cdot 10^{-6}$ Дж.
2) Ёмкость конденсатора примерно равна $1{,}7 \cdot 10^{6}$ Ф.
3) В момент времени 2 с энергия электрического поля конденсатора достигает своего максимума.
4) Период колебаний на катушке равен 2 мс.
5) Ёмкость конденсатора примерно равна $1{,}35 \cdot 10^{-6}$ Ф.

Ответ: _____.

15 Полая металлическая сфера радиусом R имеет заряд q. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от расстояния эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А)  Б) 	1) потенциал электрического поля 2) поверхностная плотность заряда 3) напряжённость электрического поля 4) энергия электрического поля

Ответ:

А	Б

16 Ядро изотопа тория $^{224}_{90}\mathrm{Th}$ претерпевает последовательно три позитронных β^+–распада. В ответ запишите, на какую величину массовое число больше зарядового числа у получившегося ядра.

Ответ: _____.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

17 При настройке радиоприёмника поворотом ручки изменяют площадь пластин конденсатора, перекрывающих друг друга. Как изменятся при этом длина волны и ёмкость конденсатора, если площадь пластин увеличивается?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

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

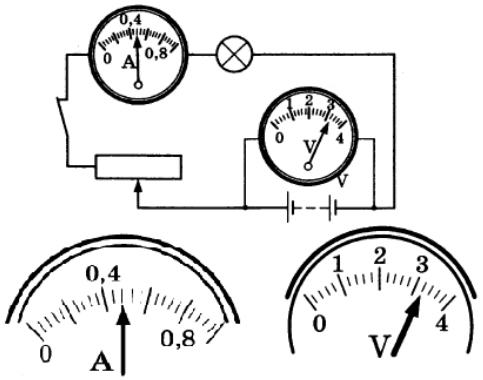
Длина волны	Ёмкость конденсатора

18 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) При соскальзывании шайбы по гладкой наклонной плоскости её полная механическая энергия остаётся неизменной, а потенциальная энергия убывает.
2) Средняя скорость движения броуновской частицы в газе зависит от температуры газа, но не зависит от массы самой частицы.
3) В электрически изолированной системе тел алгебраическая сумма электрических зарядов тел сохраняется.
4) Дифракция рентгеновского излучения принципиально невозможна.
5) Число нуклонов в ядре атома определяет основные химические свойства элемента.

Ответ: _____.

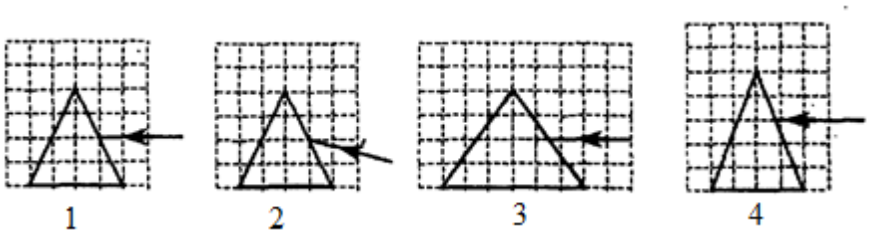
19 С помощью амперметра проводились измерения силы тока в электрической цепи (см. рисунок). Шкала амперметра проградуирована в амперах. Погрешность равна половине цены деления шкалы амперметра. Запишите в ответ показания амперметра с учётом погрешности?



Ответ: (_____ ± _____) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20 Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие **два** опыта нужно провести для такого исследования (см. рисунок)?



В ответе запишите номера выбранных сосудов.

Ответ: | | |

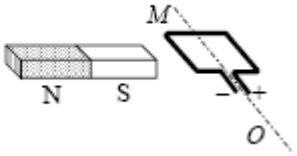
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21 Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению воздуха.



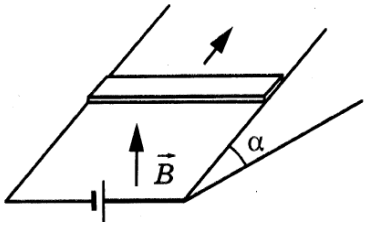
Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22 Тележка массой 50 кг движется со скоростью 1 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик массой 50 кг догонит тележку и запрыгнет на неё с горизонтальной скоростью 2 м/с относительно дороги?

23 При облучении натриевого фотокатода светом длиной волны $\lambda = 430$ нм запирающее напряжение для фотоэлектронов равно 0,6 В. Найдите частоту электромагнитного излучения, соответствующую «красной границе» фотоэффекта для натрия.

24 В запаянной с одного конца трубке находится влажный воздух, отделённый от атмосферы столбиком ртути длиной $l = 76$ мм. Когда трубка лежит горизонтально, относительная влажность воздуха φ_1 в ней равна 80%. Какой станет относительная влажность этого воздуха φ_2, если трубку поставить вертикально, открытым концом вниз? Атмосферное давление равно 760 мм рт. ст. Температуру считать постоянной.

25 На проводящих рельсах, положенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле $\vec{B}$ находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой $m = 20$ г (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30°$, модуль индукции магнитного поля $B = 0{,}04$ Тл, расстояние между рельсами $L = 40$ см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику течёт постоянный ток I и проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами $\mu = 0{,}2$. Чему равна сила тока I? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на проводник.



26 По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30°$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние $x = 3{,}6$ м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой m. Скорость пули $v = 555$ м/с. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2{,}5$ м от места удара. Найдите массу пули m. Трение бруска о плоскость не учитывать. ***Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.***

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–20

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. В этих заданиях предполагается два или три верных ответа. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. Выставляется 1 балл, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Номер задания	Правильный ответ	Номер задания	Правильный ответ
1	–5	11	41
2	0,5	12	0,015
3	4	13	60
4	0	14	35|53
5	14|41	15	13
6	32	16	137
7	15	17	11
8	–2	18	13
9	13|31	19	0,480,02
10	13	20	12|21

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Выполнение заданий 21–26 (с развёрнутым ответом) оценивается предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до максимального балла.

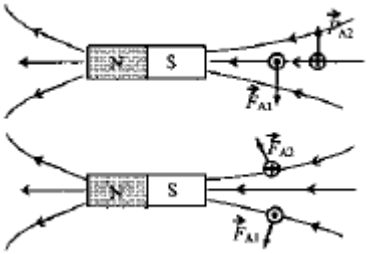
Выполнение заданий оценивания на основании описания полного правильного ответа, за который выставляется максимальный балл, а наличие тех или иных недостатков или ошибок приводит к снижению оценки. В схеме оценивания учтены наиболее типичные ошибки или недочёты, допускаемые участниками экзамена, и определено их влияние на оценивание. Для каждого задания 21–26 приводится авторский способ решения. Предлагаемый способ (метод) решения не является образцом решения и определяющим для построения шкалы оценивания работ экзаменуемых.

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

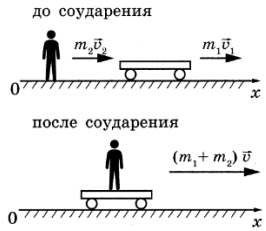
Для заданий 22–26 в схеме оценивания используются единые требования к полному правильному ответу.

21 Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению воздуха.

Возможное решение	
1. Рамка повернётся против часовой стрелки и станет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «–» окажется внизу. 2. Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи. В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас. На левое звено рамки действует сила Ампера $\vec{F}_{A1}$, направленная вниз, а на правое звено – сила Ампера $\vec{F}_{A2}$, направленная вверх.	

Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси MO против часовой стрелки (см рисунок).  3. Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «–» оказывается внизу. При этом силы Ампера $\vec{F}_{A1}$ и $\vec{F}_{A2}$ обеспечивают равновесие рамки на оси MO.	
Критерии оценивания выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: *п.1, п.2, п.3*) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: *магнитное поле полосового магнита, действие магнитного поля на проводник с током, определение направления силы Ампера*).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее **одному** из следующих случаев.	1
Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

22 Тележка массой 50 кг движется со скоростью 1 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик массой 50 кг догонит тележку и запрыгнет на неё с горизонтальной скоростью 2 м/с относительно дороги?

Возможное решение:
1. Для системы тел «мальчик – тележка» в системе отсчёта «дорога» запишем закон сохранения импульса (см. рисунок) для неупругого столкновения в проекциях на горизонтальную ось, направленную вдоль движения тележки: $$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v,$$ где v – скорость тележки с мальчиком после того, как он запрыгнет на тележку. 

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

2. Отсюда

$$\upsilon = \frac{m_1\upsilon_1 + m_2\upsilon_2}{m_1 + m_2} = \frac{50 \cdot 1 + 50 \cdot 2}{50 + 50} = 1{,}5 \text{ м/с}.$$

Ответ: $\upsilon = 1{,}5$ м/с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

23 При облучении натриевого фотокатода светом длиной волны $\lambda = 430$ нм запирающее напряжение для фотоэлектронов равно 0,6 В. Найдите частоту электромагнитного излучения, соответствующую «красной границе» фотоэффекта для натрия.

Возможное решение:

1. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + eU_{\text{зап}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{вых}}$ – работа выхода электронов с поверхности металла, e – элементарный электрический заряд, $U_{\text{зап}}$ – модуль запирающего напряжения для фотоэлектронов.

2. Формула для частоты, соответствующей «красной границе» фотоэффекта, имеет вид:

$$A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}}. \quad (2)$$

3. Решая уравнения (1) и (2), окончательно получим:

$$\nu_{\text{кр}} = \frac{c}{\lambda} - \frac{eU_{\text{зап}}}{h} = \frac{3 \cdot 10^8}{430 \cdot 10^{-9}} - \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}6}{6{,}6 \cdot 10^{-34}} \approx 5{,}5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}.$$

Ответ: $\nu_{\text{кр}} = 5{,}5 \cdot 10^{14}$ Гц.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.	1

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

24

В запаянной с одного конца трубке находится влажный воздух, отделённый от атмосферы столбиком ртути длиной $l = 76$ мм. Когда трубка лежит горизонтально, относительная влажность воздуха φ_1 в ней равна 80%. Какой станет относительная влажность этого воздуха φ_2, если трубку поставить вертикально, открытым концом вниз? Атмосферное давление равно 760 мм рт. ст. Температуру считать постоянной.

Возможное решение:

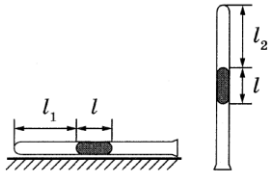
1. Относительная влажность воздуха в трубке в первом случае:

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_н},$$

где p_1 – давление водяных паров в трубке, $p_н$ – давление насыщенных водяных паров при той же температуре. Для второго случая относительная влажность воздуха в трубке:

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_н},$$

где p_2 – парциальное давление водяных паров в трубке.



2. Давление влажного воздуха в первом случае равно атмосферному давлению: $p_{1вл} = p_0$, а во втором случае – $p_{2вл} = p_0 - \rho g l$, где ρ – плотность ртути, а l – длина столбика ртути. Заметим, что $p_0 = \rho g H$, где $H = 760$ мм.

3. Объём влажного воздуха при изменении положения трубки изменился так, как изменились длины столбиков воздуха, запертых ртутью. Считаем влажный воздух идеальным газом. Поэтому по закону Бойля – Мариотта можем записать

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{p_0}{p_0 - \rho g l}.$$

4. Из уравнения Менделеева – Клапейрона следует, что

$$p = \frac{\nu RT}{V}, p_{вл} = \frac{(\nu + \nu_{св})RT}{V},$$

где p – парциальное давление водяного пара, $p_{вл}$ – давление влажного воздуха, ν – количество моль водяного пара в трубке, $\nu_{св}$ – количество моль сухого воздуха в трубке.

Отсюда следует, что

$$\frac{p}{p_{вл}} = \frac{\nu}{\nu + \nu_{св}} = const.$$

Поэтому

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0}{p_0 - \rho g l}.$$

5. После объединения записанных выше уравнений получим выражение для относительной влажности воздуха во втором случае:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \cdot \frac{p_0 - \rho g l}{p_0} = \varphi_1 \cdot \frac{\rho g H - \rho g l}{\rho g H} = \varphi_1 \cdot \frac{H - l}{H} = 80 \cdot \frac{760 - 76}{760} = 72\%.$$

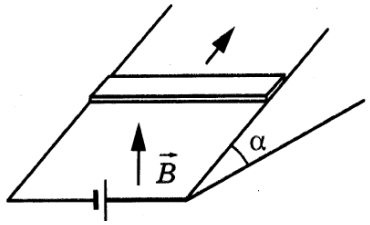
Ответ: $\varphi_2 = 72\%$.

Критерии оценивания выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу),	3

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

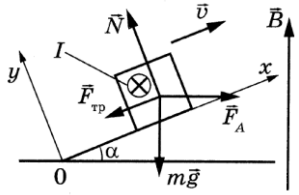
приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3балла	0
Максимальный балл	3

25 На проводящих рельсах, положенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле $\vec{B}$ находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой $m = 20$ г (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30°$, модуль индукции магнитного поля $B = 0{,}04$ Тл, расстояние между рельсами $L = 40$ см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику течёт постоянный ток I и проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами $\mu = 0{,}2$. Чему равна сила тока I? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на проводник.



Возможное решение:

1. На проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера $\vec{F}_A$, равная по модулю IBL и направленная горизонтально, перпендикулярно проводнику.
2. Силы, действующие на проводник, показаны на рисунке. Считая систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, инерциальной, запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy (см. рисунок):



$$Ox: F_A \cos\alpha - mg\sin\alpha - F_{тр} = 0; \quad (1)$$
$$Oy: N - mg\cos\alpha - F_A \sin\alpha = 0. \quad (2)$$

Брусок скользит по наклонной плоскости, поэтому
$$F_{тр} = \mu N. \quad (3)$$

3. Решаем систему уравнений (1)–(3). Из уравнения (2) выражаем N, подставляем полученное выражение в уравнение (3) и получаем выражение для $F_{тр}$. Подставив его в (1), получаем уравнение для F_A:
$$F_A \cos\alpha - mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha - \mu F_A \sin\alpha = 0.$$
Его решение:

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

$$F_A = IBL = mg\frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha},$$

откуда

$$I = \frac{mg}{BL}\cdot\frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha} = \frac{20\cdot10^{-3}\cdot10}{0{,}04\cdot0{,}4}\cdot\frac{\sin30° + 0{,}2\cos30°}{\cos30° - 0{,}2\sin30°} \approx 11\ A.$$

Ответ: $I \approx 11$ А.

Критерии оценивания выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) сделан правильный рисунок с указанием сил; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов)*; IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), проводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ)	2
Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

26 По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30°$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние $x = 3{,}6$ м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой m. Скорость пули $v = 555$ м/с. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2{,}5$ м от места удара. Найдите массу пули m. Трение бруска о плоскость не учитывать. ***Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.***

Возможное решение:
Обоснование 1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). 2. В ИСО изменение механической энергии тела равно работе всех приложенных к телу непотенциальных сил. При движении бруска вниз и вверх по наклонной плоскости на него действуют потенциальная сила тяжести и сила реакции опоры $\vec{N}$, перпендикулярная перемещению бруска

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

(трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы $\vec{N}$ при движении бруска по наклонной плоскости равна нулю. Следовательно, механическая энергия бруска при его движении до удара сохраняется. Аналогично сохраняется механическая энергия бруска и при его движении после удара.

3. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим параллельно движению бруска. Проекции на эту наклонную ось сил тяжести, действующих на брусок и на пулю, не равны нулю. Но надо учесть, что при столкновении бруска и пули импульс каждого из двух тел меняется на конечную величину, тогда как время столкновения мало. Следовательно, на каждое из двух тел в это время действовала огромная сила (это силы взаимодействия бруска и пули), по сравнению с которой сила тяжести ничтожна. Поэтому при столкновении тел силы тяжести не учитываем. Вследствие этого при описании столкновения бруска с пулей соблюдается закон сохранения импульса для системы тел «брусок + пуля».

Решение

1. Найдём скорость v_1, которую брусок приобрёл, пройдя путь x. Используем закон сохранения механической энергии:

$$Mgx\sin\alpha = \frac{Mv_1^2}{2}, v_1 = \sqrt{2gx\sin\alpha}. \quad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M+m)v_2, \quad (2)$$

где $v -$ скорость пули, $v_2 -$ скорость, которую приобретут тела после абсолютно неупругого удара.

3. По закону сохранения механической энергии бруска при его подъёме по наклонной плоскости на расстояние S:

$$\frac{(M+m)v_2^2}{2} = (M+m)gS\sin\alpha, \quad v_2 = \sqrt{2gS\sin\alpha}. \quad (3)$$

4. Тогда

$$m = \frac{M\sqrt{2gS\sin\alpha}\left(\sqrt{x}+\sqrt{S}\right)}{v - \sqrt{2gS\sin\alpha}} = \frac{0{,}25\sqrt{2\cdot 10\cdot\sin 30°}\left(\sqrt{3{,}6}+\sqrt{2{,}5}\right)}{555 - \sqrt{2\cdot 10\cdot 2{,}5\cdot\sin 30°}} =$$

= 0,0005 кг.

Ответ: $m = 5$ г.

Критерии оценивания выполнения задания	**Баллы**
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей).	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	4

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособрнадзора от 04.04.2023 № 233/552, зарегистрирован Минюстом России 15.05.2023 № 73314)

«81. Проверка экзаменационных работ включает в себя:

1) проверку и оценивание предметными комиссиями ответов на задания КИМ для проведения ЕГЭ с развёрнутым ответом <…>, в том числе устных ответов, в соответствии с критериями оценивания по соответствующему учебному предмету, разработка которых организуется Рособрнадзором <…>

По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют первичные баллы за каждый ответ на задания КИМ для проведения ЕГЭ с развёрнутым ответом. <…>

В случае существенного расхождения в первичных баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в первичных баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету, разработка которых организуется Рособрнадзором.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о первичных баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Существенными считаются следующие расхождения.

1. Расхождение между баллами, выставленными двумя экспертами за выполнение любого из заданий 21–25 и за выполнение задания 26 по критерию К2, в 2 или более балла. В этом случае третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

2. Расхождение в результатах оценивания двумя экспертами ответа на одно из заданий 21–26 заключается в том, что один эксперт указал на отсутствие ответа на задание, а другой выставил за выполнение этого задания ненулевой балл. В этом случае третий эксперт проверяет только ответы на задания, которые были оценены со столь существенным расхождением. Ситуации, в которых один эксперт указал на отсутствие ответа в экзаменационной работе, а второй эксперт выставил нулевой балл за выполнение этого задания, не являются ситуациями существенного расхождения в оценивании.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 230918