

Удельная теплоёмкость	
воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия 900 Дж/(кг·К)
льда $2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди 380 Дж/(кг·К)
железа 460 Дж/(кг·К)	чугуна 800 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°C

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

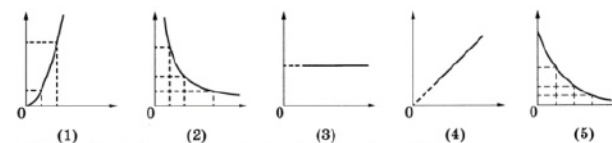
Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ №1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1** Выберите **все** верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.
- 1) Механическим движением называется изменение положения тела или частей тела в пространстве относительно других тел с течением времени.
 - 2) Средняя скорость движения броуновской частицы в газе не зависит от температуры газа, но существенно зависит от массы самой частицы.
 - 3) Одноимённые точечные электрические заряды притягиваются друг к другу.
 - 4) Силой Ампера называют силу, с которой магнитное поле действует на проводник с током.
 - 5) Явления интерференции и дифракции могут наблюдаться только для видимого света.

Ответ: _____.

- 2** Даны следующие зависимости величин:
- А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от угловой скорости
 - Б) зависимость количества теплоты, выделяющегося при сгорании топлива, от массы топлива
 - В) зависимость силы тока от сопротивления резистора при постоянном напряжении на резисторе

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б	В

3 Сила притяжения Земли к Солнцу в 1,875 раза меньше, чем сила притяжения Венеры к Солнцу. Во сколько раз средний радиус орбиты Венеры меньше среднего радиуса орбиты Земли вокруг Солнца, если масса Земли в 1,2 раза больше массы Венеры?

Ответ: в _____ раз(-а).

4 Тело массой 0,3 кг свободно падает без начальной скорости. За некоторый промежуток времени изменение модуля импульса тела равно 9 кг·м/с. Чему равен этот промежуток времени? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Ответ: _____ с.

5 Длина нити математического маятника при проведении первого опыта была равна 1,75 м, а при проведении второго опыта – 28 см. Во сколько раз увеличилась частота колебаний математического маятника при проведении второго опыта?

Ответ: в _____ раз(-а).

6 К телу, имеющему внутреннюю герметичную вакуумную полость, на невесомой нерастяжимой нити привязан сплошной шарик. Система «тело + шарик» плавает в сосуде с жидкостью, не касаясь стенок и дна сосуда. Плотность материала тела и шарика $1,2 \text{ г/см}^3$, плотность жидкости 900 кг/м^3 , объём полости составляет $1/2$ объёма тела, объём шарика равен $1/2$ объёма тела.

На основании данных условия задачи выберите *все* верные утверждения.

- 1) Модуль силы Архимеда, действующей на тело, больше модуля силы Архимеда, действующей на шарик.
- 2) Модуль силы натяжения нити больше модуля силы тяжести, действующей на шарик.
- 3) Модуль силы натяжения нити равен модулю силы Архимеда, действующей на тело.
- 4) Модуль силы тяжести, действующей на шарик, меньше модуля силы тяжести, действующей на тело.
- 5) Объём погружённой части тела равен $5/6$ объёма этого тела.

Ответ: _____.

7 Насаженное на ось колесо начинают раскручивать из состояния покоя, прикладывая к ободу колеса постоянную по модулю силу. Затем модуль силы увеличивают, не изменяя её направления и точки приложения, и начинают раскручивать колесо из состояния покоя заново. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: момент силы относительно оси колеса; период вращения колеса через 5 секунд после начала раскручивания?

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.

Момент силы относительно оси колеса	Период вращения колеса через 5 секунд

8 На лёгкую пружину жёсткостью 200 Н/м и длиной 8 см, прикрепленную вертикально к неподвижному штативу, аккуратно подвесили груз массой 0,4 кг и дождались, пока груз придёт в состояние покоя.

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями в СИ.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЗНАЧЕНИЕ В СИ
А) длина растянутой пружины	1) 0,02
	2) 0,04
Б) потенциальная энергия упругой деформации пружины	3) 0,1
	4) 0,00

Ответ:

А	Б

9 Найдите, какова концентрация идеального газа в сосуде при давлении 207 кПа и температуре 27 °С.

Ответ: _____ · 10²⁵ м⁻³.

10 В некотором циклическом процессе совершаемая газом за один цикл работа составляет 7/13 от модуля количества теплоты, отданного газом за цикл холодильнику. Чему равен КПД такого теплового двигателя?

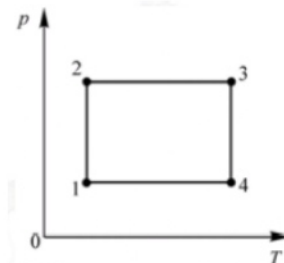
Ответ: _____ %.

11 Определите абсолютную влажность воздуха в комнате при температуре 22 °С, если известно, что относительная влажность этого воздуха равна 40%, а плотность насыщенного пара при этой температуре равна 19,5 кг/м³.

Ответ: _____ кг/м³.

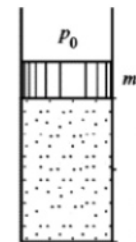
12 На pT -диаграмме изображён циклический процесс, происходящий с постоянным количеством идеального газа. Выберите **два** верных утверждения. Выберите все верные утверждения.

- 1) На участке 1 – 2 газ отдал положительное количество теплоты.
- 2) На участке 2 – 3 газ совершает положительную работу.
- 3) На участке 3 – 4 внутренняя энергия газа уменьшается.
- 4) На участке 4 – 1 газу сообщили некоторое количество теплоты.
- 5) Внутренняя энергия газа в состоянии 2 больше, чем внутренняя энергия газа в состоянии 4.



Ответ: _____.

13 В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками с площадью основания S под поршнем массой m в состоянии равновесия находится ν моль идеального газа с молярной массой μ . Начальный объём газа равен V . Газ медленно охлаждают так, что система вновь приходит в состояние равновесия, при этом объём газа уменьшается на ΔV . Универсальная газовая постоянная равна R . Атмосферное давление во время процесса постоянно и равно p_0 .



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) изменение плотности газа в процессе
- Б) изменение температуры газа в процессе

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{\mu\nu}{\Delta V}$
- 2) $\frac{\mu\nu\Delta V}{V(V - \Delta V)}$
- 3) $\frac{p_0\Delta V}{\nu R}$
- 4) $\frac{(p_0S + mg)\Delta V}{\nu RS}$

Ответ:

А	Б

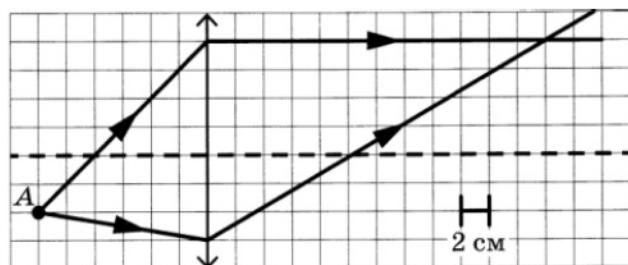
14 Точечный положительный заряд величиной 4 мкКл помещён между двумя протяжёнными пластинами, равномерно заряженными разноимёнными зарядами. Модуль напряжённости электрического поля, создаваемого положительно заряженной пластиной, равен 10³ В/м, а поля, создаваемого отрицательно заряженной пластиной, в 4 раза больше. Определите модуль электрической силы, которая будет действовать на указанный точечный заряд.

Ответ: _____ Н.

- 15 По проволочной катушке протекает постоянный электрический ток силой 0,6 А. При этом поток вектора магнитной индукции через контур, ограниченный витками катушки, равен 2 мВб. Чему будет равен поток вектора магнитной индукции через этот контур, если по катушке будет протекать постоянный электрический ток силой 3 А?

Ответ: _____ мВб.

- 16 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу.



Какова оптическая сила линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 2 см?

Ответ: _____ дптр.

- 17 В масс-спектрографе разные ионы, ускоренные предварительно электрическим полем до скорости v , попадают в область однородного магнитного поля с индукцией B , в котором они движутся по дуге окружности радиусом R . В таблице представлены начальная скорость иона v , с которой он влетает в магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл, и радиус R окружности, описываемой этим ионом в магнитном поле.

v , км/с	50	100	150	250	350
R , мм	1,85	3,70	5,55	7,40	9,25

Выберите **все** верные утверждения, которые можно сделать на основании данных, приведённых в таблице.

- 1) Все ионы, с которыми проводят эксперименты, имеют заряд одного знака.
- 2) Все ионы, с которыми проводят эксперименты, могут иметь разный по модулю заряд.
- 3) Удельный заряд (отношение модуля заряда частицы к её массе) всех ионов, участвующих в эксперименте, одинаков и равен приблизительно $5,8 \cdot 10^7$ Кл/кг.
- 4) Эксперимент поставлен для ионов, имеющих три разных значения удельного заряда.
- 5) Все ионы, с которыми проводят эксперименты, имеют одинаковые массы.

Ответ: _____.

- 18 На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения, двух резисторов, конденсатора, ключа и идеального амперметра. Сначала ключ К замкнут в положении 1. Затем ключ переключают в положение 2. Определите, как при этом изменятся заряд на конденсаторе и показания амперметра.

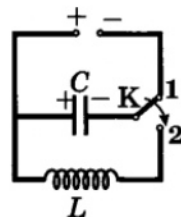
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Заряд на конденсаторе	Показания амперметра

19 Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рис). Графики А и Б представляют зависимость от времени t физических величин, характеризующих колебания в контуре после переключения переключателя К в положение 2 в момент $t = 0$.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

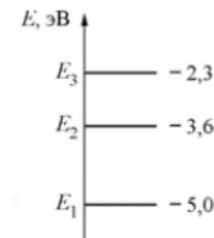
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ	ФОРМУЛЫ
<p>А) </p> <p>Б) </p>	<p>1) сила тока в катушке</p> <p>2) напряжение между обкладками конденсатора</p> <p>3) энергия магнитного поля в катушке</p> <p>4) энергия электрического поля конденсатора</p>

Ответ:

А	Б

20 Атомы некоторого газа могут находиться в трёх энергетических состояниях, энергетическая диаграмма которых показана на рисунке. Атом находится в состоянии с энергией E_2 . Фотон с какой энергией может излучить атом этого газа?



Ответ: _____ эВ.

21 Экспериментатор проводит первый опыт, наблюдая в течение времени t радиоактивный альфа-распад некоторого элемента массой 1 г, помещённого в запаянную пробирку. Затем он в течение того же времени проводит второй опыт, используя для него 1 г элемента с меньшим периодом полураспада, также в запаянной пробирке. Как при проведении второго опыта (по сравнению с первым) изменятся следующие физические величины: количество ядер, не распавшихся к моменту окончания опыта; масса вещества, подвергшегося распаду.

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.

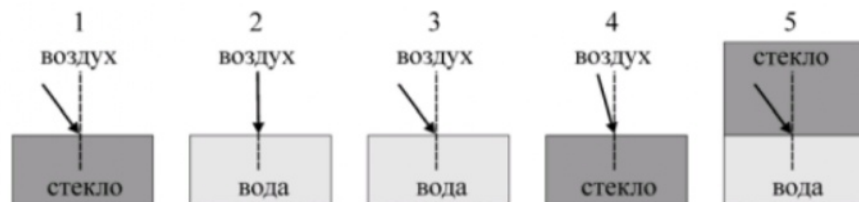
Количество ядер, не распавшихся к моменту окончания опыта	Масса вещества, подвергшегося распаду

22 Тележка, двигаясь по рельсам, прошла расстояние 120 см за 40 секунд. Погрешность измерения пройденного тележкой расстояния равна 4 см, а время измеряется электронным секундомером с очень высокой точностью. В каких пределах, согласно этим измерениям, может лежать модуль средней скорости тележки за указанное время? Укажите минимальное и максимальное значения в см/с.

Ответ: _____.

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

- 23 Необходимо экспериментально обнаружить наличие зависимости угла преломления светового луча от величины показателя преломления среды. Какие два опыта следует для этого провести?



Запишите в таблицу номера выбранных опытов.

Ответ:

--	--

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.

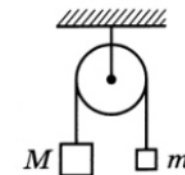
Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

Часть 2

- 24 Вакуумные лампочки накаливания имеют весьма ограниченный срок службы – в конце своей «жизни» они перегорают, причём случается это, как правило, в момент включения в сеть. Объясните указанные факты, указав, какие физические явления и законы Вы использовали.

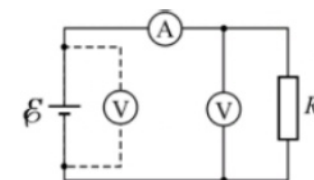
Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 25 Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно опустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через $t = 1$ с после начала движения скорость правого груза направлена вверх и равна 4 м/с. Определите силу натяжения нити, если масса левого груза $M = 1$ кг. Трением пренебречь.



- 26 На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч монохроматического света частотой $6,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?
- 27 В калориметре находится 1 кг льда при температуре -5 °С. Какую массу воды, имеющей температуру 20 °С, нужно добавить в калориметр, чтобы температура его содержимого после установления теплового равновесия оказалась равной -2 °С? Теплоёмкостью калориметра и потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

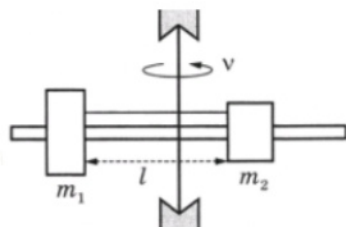
- 28 У школьника в наличии был источник постоянного напряжения с малым внутренним сопротивлением, два точных, но неидеальных измерительных прибора – амперметр и вольтметр, а также резистор с сопротивлением $R = 4$ Ом. Школьник сначала подключил к источнику только вольтметр, и он показал напряжение $U_0 = 5$ В. Затем школьник собрал цепь, схема которой изображена на рисунке, и обнаружил, что амперметр показывает ток $I_1 = 1$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 3$ В. Затем школьник поменял в цепи местами измерительные приборы. Чему при этом стали равны их показания I_2 и U_2 ?



- 29 На оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см слева от неё на расстоянии $a = 3F/2 = 30$ см находится точечный источник света S . За линзой справа от неё на таком же расстоянии $a = 30$ см расположено плоское зеркало, перпендикулярное оси линзы. На каком расстоянии от источника находится его изображение S' в данной оптической системе? К решению приложите рисунок с изображением хода лучей от S до S' .

30

На вертикальной оси укреплена гладкая горизонтальная штанга, по которой могут перемещаться два груза массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 400$ г, связанные нерастяжимой невесомой нитью длиной l . Нить закрепили на оси так, что грузы располагаются по разные стороны от оси и натяжение нити с обеих сторон от оси при вращении штанги одинаково. При вращении штанги с частотой 900 об/мин модуль силы натяжения нити, соединяющей грузы, $T = 150$ Н. Определите длину нити l .



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–23

Правильные ответы на задания 3–5, 9–11, 14–16, 20, 22 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или два числа.

Ответы на задания 7, 8, 13, 18, 19 и 21 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа; 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов.

Ответ на задание 2 оценивается 2 баллами, если верно указаны три элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более трёх элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов.

Ответы на задания 1, 6, 12 и 17 оцениваются 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. В заданиях 1, 6, 12, 17 и 23 порядок записи цифр в ответе не имеет принципиального значения.

Номер задания	Правильный ответ	Номер задания	Правильный ответ
1	125	12	12 или 21
2	234	13	24
3	1,5	14	0,02
4	3	15	10
5	2,5	16	1
6	15 или 51	17	24 или 42
7	12	18	21
8	32	19	42
9	5	20	1,4
10	35	21	21
11	7,8	22	2,93,1
		23	13

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Выполнение заданий 24–30 (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.

24

Вакуумные лампочки накаливания имеют весьма ограниченный срок службы – в конце своей «жизни» они перегорают, причём случается это, как правило, в момент включения в сеть. Объясните указанные факты, указав, какие физические явления и законы Вы использовали.

Возможное решение задания	
1. Нить накала лампочки (обычно вольфрамовая) работает при высокой температуре, необходимой для излучения видимого света, и постепенно испаряется. 2. Сопротивление металлов растёт с ростом температуры, поэтому ток через холодную нить накала в момент включения лампочки в сеть значительно превышает рабочий ток лампочки, когда её нить накала прогрелась до рабочей температуры. 3. Испарение с разных участков нити происходит неравномерно. По мере испарения металла с нити на ней возникают неоднородности – участки меньшего диаметра с повышенным сопротивлением, где нагревание током по закону Джоуля – Ленца происходит сильнее, чем на последовательно с ними включенных в цепь участках с меньшим сопротивлением. 4. В момент включения в сеть долго проработавшей лампочки один из тонких участков её нити накала с большим сопротивлением нагревается выше температуры плавления, и нить перегорает.	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n.n. 1 – 2</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость сопротивления от температуры, испарение металла, закон Джоуля – Ленца</i>).	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.	2

<p>(Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к <u>ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

25

Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно опустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через $t = 1$ с после начала движения скорость правого груза

направлена вверх и равна 4 м/с. Определите силу натяжения нити, если масса левого груза $M = 1$ кг. Трением пренебречь.

Возможное решение:	
<p>Поскольку грузы связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, можно считать, что модули ускорений, а также силы натяжения нитей для обоих грузов одинаковы. Модули ускорений грузов определяются формулой:</p> $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 - 0}{1} = 4 \text{ м/с}^2.$ <p>По условию задачи правый груз движется вверх, следовательно, левый груз – вниз. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось для левого груза: $M\alpha = Mg - T$. В итоге получим: $T = M(g - a) = 1 \cdot (10 - 4) = 6 \text{ Н}$.</p> <p>Ответ: $T = 6 \text{ Н}$.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	1

<p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26

На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч монохроматического света частотой $6,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Возможное решение	
<p>Запишем формулу дифракционной решётки: $d \sin \alpha = k\lambda = kc/v$, где период решётки</p> $d = \frac{1 \text{ мм}}{N} = \frac{10^{-3} \text{ м}}{500} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$ <p>Максимальный порядок спектра k определяется максимальным углом отклонения от нормали $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$, и округляется до ближайшего целого в меньшую сторону. Таким образом,</p> $k = \frac{dv \sin \alpha}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6,5 \cdot 10^{14} \cdot 1}{3 \cdot 10^8} \approx 4,33 = 4$ <p>Ответ: $k_{\text{max}} = 4$.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений</p>	2

<p><i>констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 21 1206

27

В калориметре находится 1 кг льда при температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какую массу воды, имеющей температуру $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, нужно добавить в калориметр, чтобы температура его содержимого после установления теплового равновесия оказалась равной $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$? Теплоёмкостью калориметра и потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Возможное решение

При смешивании в калориметре лёд массой $m_{\text{л}}$ с удельной теплоёмкостью $c_{\text{л}}$ будет нагреваться от начальной температуры $t_{\text{л}}$ до термодинамического равновесия при температуре $t_{\text{р}}$. При этом лёд получит количество теплоты

$$Q_{\text{нагр}}^{\text{л}} = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_{\text{р}} - t_{\text{л}}).$$

Вода массой $m_{\text{в}}$ с удельной теплоёмкостью $c_{\text{в}}$ в результате теплообмена будет сперва охлаждаться от своей начальной температуры $t_{\text{в}}$ до температуры плавления льда $t_{\text{пл}}$, получив количество теплоты

$$Q_{\text{охл}}^{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{пл}} - t_{\text{в}}).$$

Затем эта вода кристаллизуется при постоянной температуре, получая количество теплоты $Q_{\text{кр}} = -\lambda m_{\text{в}}$, где λ – удельная теплота плавления льда. Наконец, образовавшийся лёд будет охлаждаться от температуры $t_{\text{пл}}$ до температуры $t_{\text{р}}$ – в этом процессе лёд, замёрзший из

$$\text{воды, получает количество теплоты } Q_{\text{охл}}^{\text{л(в)}} = c_{\text{л}} m_{\text{в}} (t_{\text{р}} - t_{\text{пл}}).$$

Поскольку теплообменом с калориметром и окружающей средой можно пренебречь, то запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{нагр}}^{\text{л}} + Q_{\text{охл}}^{\text{в}} + Q_{\text{кр}} + Q_{\text{охл}}^{\text{л(в)}} = 0.$$

Подставив выражения для количеств теплоты, полученные ранее, имеем:

$$c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_{\text{р}} - t_{\text{л}}) + m_{\text{в}} (c_{\text{в}} (t_{\text{пл}} - t_{\text{в}}) - \lambda + c_{\text{л}} (t_{\text{р}} - t_{\text{пл}})) = 0, \text{ откуда}$$

$$m_{\text{в}} = \frac{c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_{\text{р}} - t_{\text{л}})}{c_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{пл}}) + \lambda + c_{\text{л}} (t_{\text{пл}} - t_{\text{р}})} \approx 0,015 \text{ (кг)} = 15 \text{ (г)}.$$

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 (в данном случае:

3

уравнение теплового баланса, формулы для количества теплоты при нагревании, охлаждении и кристаллизации вещества);

II) 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);

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ.

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)

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

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 21 1206

2

<p>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.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>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</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

28

У школьника в наличии был источник постоянного напряжения с малым внутренним сопротивлением, два точных, но неидеальных измерительных прибора – амперметр и вольтметр, а также резистор с сопротивлением $R = 4$ Ом. Школьник сначала подключил к источнику только вольтметр, и он показал напряжение $U_0 = 5$ В. Затем школьник собрал цепь, схема которой изображена на рисунке, и обнаружил, что амперметр показывает ток $I_1 = 1$ А, а вольтметр – напряжение $U_1 = 3$ В. Затем школьник поменял в цепи местами измерительные приборы. Чему при этом стали равны их показания I_2 и U_2 ?

<p>Возможное решение</p> <p>Поскольку источник имеет малое внутреннее сопротивление, наличие тока через него не изменяет его выходное напряжение, и показания вольтметра в первом случае дают ЭДС источника: $E = U_0$.</p> <p>Обозначим сопротивления неидеальных амперметра и вольтметра через R_A и R_V, ток через вольтметр через I_V, а падение напряжения на амперметре — через U_A. Тогда, согласно закону Ома для полной цепи, $U_0 = U_1 + U_A = U_1 + I_1 R_A$, откуда $R_A = \frac{U_0 - U_1}{I_1} = 2$ (Ом).</p> <p>Резистор и амперметр включены параллельно – и по формуле для параллельного соединения резисторов их общее сопротивление</p>

<p>равно $\frac{R R_A}{R + R_A} = \frac{4}{3}$ (Ом), а ток через вольтметр по закону Ома для участка цепи равен $I_V = \frac{U_1}{R_V} = U_A \frac{R + R_A}{R R_A} = I_1 R_A \frac{R + R_A}{R R_A} = 1,5$ (А). Отсюда $R_V = \frac{U_1}{I_V} = 2$ (Ом).</p> <p>После перестановки измерительных приборов ток в цепи (и через амперметр) согласно закону Ома для полной цепи и формуле для параллельного соединения резисторов будет равен $I_2 = \frac{U_0}{R_A + \frac{R R_V}{R + R_V}} = 1,5$ (А).</p> <p>Отсюда $U_2 = I_2 \frac{R R_V}{R + R_V} = 2$ (В).</p>
--

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ома, соотношения при последовательном и параллельном соединении проводников);</p> <p>II) 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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены</p>	2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 21 1206

<p>преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>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</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

29

На оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см слева от неё на расстоянии $a = 3F/2 = 30$ см находится точечный источник света S . За линзой справа от неё на таком же расстоянии $a = 30$ см расположено плоское зеркало, перпендикулярное оси линзы. На каком расстоянии от источника находится его изображение S' в данной оптической системе? К решению приложите рисунок с изображением хода лучей от S до S' .

Возможное решение

По формуле тонкой линзы $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, откуда расстояние b от линзы до изображения

$$\text{источника равно } b = \frac{aF}{a - F} = 60 \text{ (см)} = 3F.$$

Построим ход произвольного луча SA . После линзы его продолжение должно, как мы вычислили, попасть в точку $3F$. В этом можно легко убедиться, используя стандартные правила построения хода лучей в тонкой линзе и геометрические соотношения: фиктивный луч, идущий параллельно лучу SA через оптический центр линзы, не преломляется и пересекается с преломлённым лучом AB в точке B на правой фокальной плоскости линзы. Простые геометрические соотношения с учётом численных данных из условия показывают, что на пути AB преломлённый луч опускается по вертикали на расстояние, равное $1/3$ от AO , так что продолжение луча действительно пересекает ось в точке на расстоянии $b = 3F$ от точки O . На пути AC преломлённый луч опускается по вертикали на расстояние, равное, очевидно, $1/2$ от AO .

<p>Отражённый от плоского зеркала под углом отражения, равным углу падения, луч CO опускается при подходе к линзе, как следует из построения, ещё на расстояние, равное $1/2$ от AO. Он попадает точно в оптический центр линзы, который и будет являться изображением S' источника S, так как нужный для получения изображения второй луч идёт вдоль оптической оси линзы до зеркала и обратно.</p> <p>Таким образом, расстояние $SS' = 30$ см.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула тонкой линзы, правила построения хода лучей через линзу, закон отражения в плоском зеркале</i>); II) 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>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 пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ)</p>	2

<p>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 V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>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. ИЛИ Сделаны только правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников с указанием хода лучей в линзе</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

На вертикальной оси укреплена гладкая горизонтальная штанга, по которой могут перемещаться два груза массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 400$ г, связанные нерастяжимой невесомой нитью длиной l . Нить закрепили на оси так, что грузы располагаются по разные стороны от оси и натяжение нити с обеих сторон от оси при вращении штанги одинаково. При вращении штанги с частотой 900 об/мин модуль силы натяжения нити, соединяющей грузы, $T = 150$ Н. Определите длину нити l .

Возможное решение

Пусть радиус обращения груза массой m_1 равен l_1 . Поскольку штанга гладкая, то по горизонтали на этот груз действует только сила натяжения, вызывающая у груза центростремительное ускорение $a_{ц1} = \frac{v_1^2}{l_1}$, где v_1 – скорость груза m_1 . Поскольку вращение штанги равномерное с периодом τ и частотой ν , то скорость первого груза $v_1 = \frac{2\pi l_1}{\tau} = 2\pi l_1 \nu$.

По второму закону Ньютона для тела массой m_1 в проекции на горизонтальную ось $T = m_1 a_{ц1} = m_1 \frac{v_1^2}{l_1} = (2\pi\nu)^2 m_1 l_1$, откуда

$$l_1 = \frac{T}{(2\pi\nu)^2 m_1}.$$

Аналогично выйдет и для тела массой m_2 , обращающегося по окружности радиусом $l_2 = \frac{T}{(2\pi\nu)^2 m_2}$.

$$\text{Отсюда длина нити } l = l_1 + l_2 = \frac{T}{(2\pi\nu)^2} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \approx 0,21 \text{ (м)}.$$

Баллы

Критерий 1

Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей) 1

В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует 0

Критерий 2

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:
 I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *второй закон Ньютона, выражение для центростремительного ускорения*);
 II) 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);
 III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, 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. 2

<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>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</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	4

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Росособнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)

«82. <...> По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развернутым ответом. <...>

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

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

1. Существенным считается расхождение в 2 или более балла, выставленных экспертами за выполнение любого из заданий 24–30. 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 24–30 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.