

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 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 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/с².

- 2 , 5

Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 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.

КИМ

Ответ:

А	Б
4	1

4 1

Бланк

Ответом к заданию 13 является слово (слова). Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ

Ответ: вправо

В П Р А В О

Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённым ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

3894

Бланк

КИМ

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

1 , 4 0 , 2

Бланк

Ответ к заданиям 27–32 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 гелевой 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, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был 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	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения между различными единицами

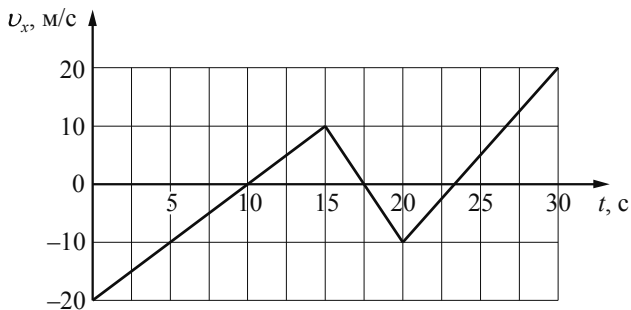
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц			
электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	$\approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$	
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$\approx 1,007 \text{ а.е.м.}$	
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$\approx 1,008 \text{ а.е.м.}$	
Астрономические величины			
средний радиус Земли		$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$	
радиус Солнца		$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$	
температура поверхности Солнца		$T = 6000 \text{ К}$	
Плотность			
воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$
Удельная теплоёмкость			
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
Удельная теплота			
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$		
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$		
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$		
Нормальные условия: давление – 10^5 Па , температура – $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$			
Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово (слова), число или последовательность цифр или чисел. 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

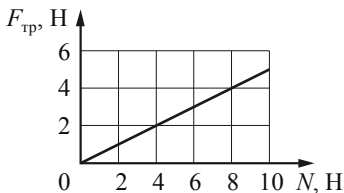
- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 20 до 30 с.

Ответ: _____ м/с².

- 2 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры. Каков коэффициент трения?



Ответ: _____.

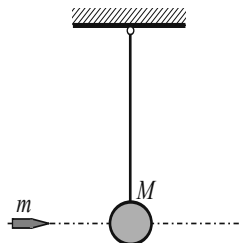
- 3 При равномерном перемещении саней по горизонтальному участку пути длиной 50 м сила тяги совершает работу, величина которой равна 1000 Дж. Какова сила трения?

Ответ: _____ Н.

- 4 На кусок алюминия массой 0,54 кг при полном погружении в воду действует сила Архимеда, равная 2 Н. Чему равна при этом масса вытесненной воды?

Ответ: _____ кг.

- 5 На длинной, прочной, невесомой и нерастяжимой нити подвешен небольшой шар массой M (см. рисунок). В шар попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой m . После этого шар с пулей совершает малые колебания. Выберите **два** верных утверждения, характеризующих движение шара и пули. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.



- 1) Амплитуда колебаний шара с пулей тем меньше, чем больше масса шара M .
- 2) К системе тел «пуля + шар» в процессе застревания пули применим закон сохранения импульса.
- 3) Период колебаний шара с пулей тем больше, чем больше масса пули m .
- 4) Для системы тел «пуля и шар» в процессе колебаний в поле силы тяжести Земли выполняется закон сохранения импульса, а сумма потенциальной и кинетической энергий неизменна.
- 5) После попадания пули шар вместе с пулей движется с ускорением $\vec{g}$.

Ответ:

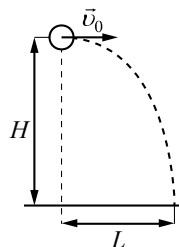
--	--

6

Шарик массой m , брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью $\vec{v}_0$, за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). В другом опыте на этой же установке шарик массой $0,5m$ бросают с той же высоты со скоростью $2\vec{v}_0$.

Что произойдёт во втором опыте с дальностью полёта и временем полёта шарика по сравнению с первым опытом? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

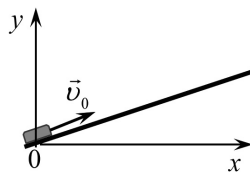


Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Дальность полёта шарика	Время полёта шарика

7

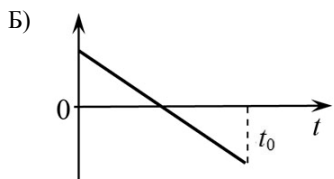
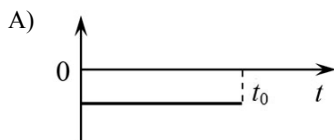
После удара шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью $\vec{v}_0$, как показано на рисунке. В момент t_0 шайба возвращается в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия E_k
- 2) проекция скорости v_x
- 3) потенциальная энергия E_n
- 4) проекция ускорения a_x

Ответ:

А	Б

8

В закрытом баллоне находится воздух при температуре 300 К и давлении 100 кПа. Баллон нагрели до 450 К. Определите давление воздуха в баллоне в результате нагревания.

Ответ: _____ кПа.

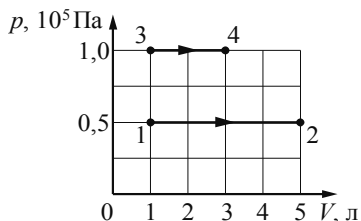
- 9 Газ в сосуде сжали, совершив работу 30 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 35 Дж. Какое количество теплоты сообщили газу?

Ответ: _____ Дж.

- 10 В сосуде под подвижным поршнем находятся вода и её насыщенный пар. Объём пара медленно увеличили в 3 раза при постоянной температуре так, что в сосуде ещё оставалась вода. Определите отношение концентрации молекул пара в конце процесса к концентрации молекул пара в начале процесса.

Ответ: _____.

- 11 На pV -диаграмме показаны два процесса, проведённых с одним и тем же количеством разреженного газообразного гелия. Из приведённого ниже списка выберите **два** верных утверждения, характеризующих процессы на графике.



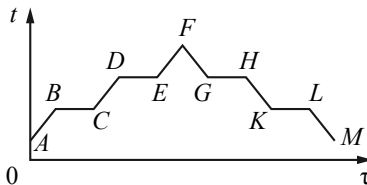
- 1) В процессе 1–2 внутренняя энергия гелия увеличилась в 5 раз.
- 2) В процессе 3–4 абсолютная температура гелия изобарно увеличилась в 3 раза.
- 3) В состоянии 2 абсолютная температура гелия в 2 раза выше, чем в состоянии 3.
- 4) Работа, совершённая гелием, в процессе 1–2 меньше, чем в процессе 3–4.
- 5) В процессе 1–2 гелий совершил работу 100 Дж.

Ответ:

--	--

12

В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а через некоторое время стали охлаждать. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ . Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) EF
Б) CD

ПРОЦЕССЫ

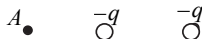
- 1) нагревание пара
2) кипение
3) конденсация
4) нагревание жидкости

Ответ:

А	Б

13

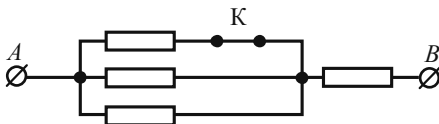
На рисунке представлено расположение двух неподвижных отрицательных точечных электрических зарядов: $-q$ и $-q$. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке A ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

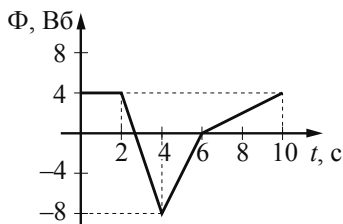
14

Каким будет сопротивление участка цепи AB (см. рисунок), если ключ K разомкнуть? Каждый из резисторов имеет сопротивление $10\ \text{Ом}$.



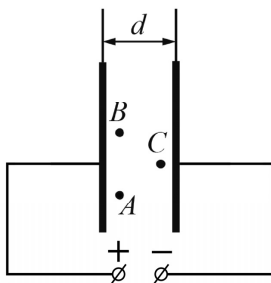
Ответ: _____ Ом.

- 15 На рисунке показан график зависимости магнитного потока Φ , пронизывающего контур, от времени t . Найдите модуль ЭДС индукции в контуре в промежутке времени от 2 до 4 с.



Ответ: _____ В.

- 16 Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

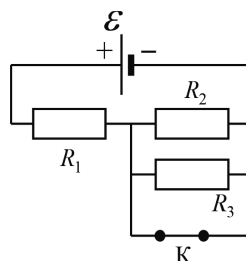
- 1) Напряжённость электрического поля в точке A меньше, чем в точке C .
- 2) Потенциал электрического поля в точке B ниже, чем в точке C .
- 3) Если уменьшить расстояние между пластинами d , то заряд левой пластины увеличится.
- 4) Если пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля пластин увеличится.
- 5) Если увеличить расстояние между пластинами d , то напряжённость электрического поля в точке B увеличится.

Ответ:

--	--

17

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС $\mathcal{E}$ и три резистора: R_1 , R_2 и R_3 . Как изменятся сила тока через резистор R_1 и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если ключ К разомкнуть? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. 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.

Сила тока через резистор R_1	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

- 18 В первой экспериментальной установке положительно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор $\vec{v}_0$ перпендикулярен вектору напряжённости электрического поля $\vec{E}$ (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор $\vec{v}_0$ такой же частицы параллелен вектору индукции магнитного поля $\vec{B}$ (рис. 2).

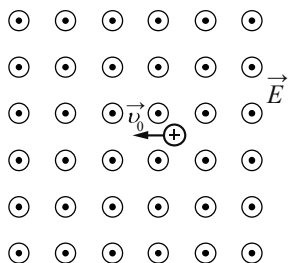


Рис. 1

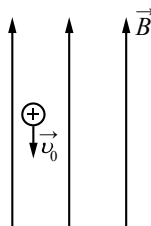


Рис. 2

По каким траекториям движутся частицы в этих установках? Силу тяжести не учитывать.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
2) окружность
3) парабола
4) спираль

Ответ:

А	Б

- 19 В результате реакции синтеза ядра дейтерия с ядром A_ZX образуется ядро бора и нейтрон: ${}_1^2H + {}^A_ZX \longrightarrow {}_5^{10}B + {}_0^1n$. Определите массовое число и зарядовое число ядра A_ZX .

Массовое число A	Зарядовое число Z

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

- 20 Длина волны красного света примерно в 2 раза больше длины волны фиолетового света. Во сколько раз модуль импульса фотона фиолетового света больше модуля импульса фотона красного света?

Ответ: в _____ раз(а).

- 21 При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй – пропускающий только зелёный свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменяются модуль запирающего напряжения и максимальная скорость фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

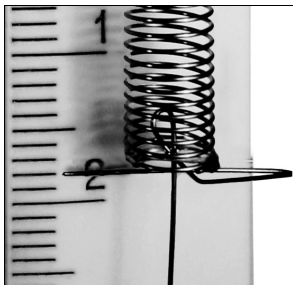
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Модуль запирающего напряжения	Максимальная скорость фотоэлектронов

- 22 Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в ньютонах (Н).



Ответ: (_____ $\pm$ _____) Н.

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

- 23 Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить показатель преломления стекла. Для этого школьник взял источник света, создающий узкий пучок света, карандаш и циркуль. Какие **два** предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) зеркало
- 2) плоскопараллельная плексигласовая пластина
- 3) собирающая линза
- 4) плоскопараллельная стеклянная пластина
- 5) линейка

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

--	--

24

В таблице приведены некоторые характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг собственной оси	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	3,01
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	7,33
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	7,91
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	3,55
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	42,1
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	25,1
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	15,1
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	16,8

Выберите **все** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Угловая скорость обращения вокруг Солнца у Урана больше, чем у Сатурна.
- 2) Чем дальше планета от Солнца, тем выше угловая скорость её вращения вокруг своей оси.
- 3) Объем Нептуна почти в 7 раз больше объема Марса.
- 4) Вторая космическая скорость для космического корабля вблизи Меркурия составляет примерно 4,26 км/с.
- 5) За один сатурнианский год Венера успевает совершить почти 48 оборотов вокруг Солнца.

Ответ: _____.



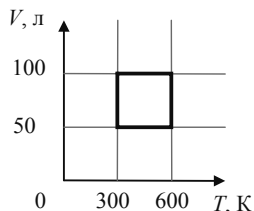
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Это число 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.

25

С идеальным газом постоянной массы происходит циклический процесс, V - T -диаграмма которого представлена на рисунке. Наименьшее давление газа в этом процессе равно 6 кПа. Определите количество вещества этого газа. Ответ округлите до сотых.



Ответ: _____ моль.

26

Дифракционная решётка, период которой равен 0,05 мм, расположена параллельно экрану на расстоянии 1,5 м от него и освещается пучком света с длиной волны 0,6 мкм, падающим по нормали к решётке. Определите расстояние между нулевым и вторым максимумами дифракционной картины на экране. Ответ выразите в миллиметрах (мм). Считать, что $\sin \varphi \approx \tan \varphi$.

Ответ: _____ мм.

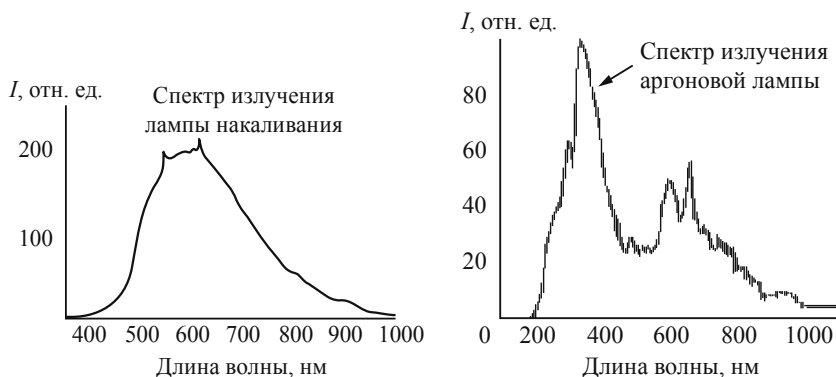
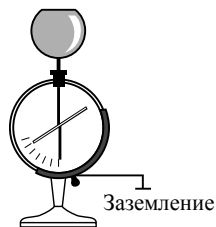


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

27

Учащимся в классе при электрическом освещении лампами накаливания показали опыт: цинковый шар электрометра зарядили эбонитовой палочкой, потёртой о сукно. При этом стрелка электрометра отклонилась, заняв положение, указанное на рисунке, и в дальнейшем не меняла его. Когда на шар направили свет аргоновой лампы, стрелка электрометра быстро опустилась вниз. Объясните разрядку электрометра, учитывая приведённые спектры (зависимость интенсивности света I от длины волны λ) лампы накаливания и аргоновой лампы. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_{\text{кр}} = 290$ нм.



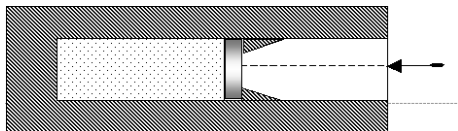
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28

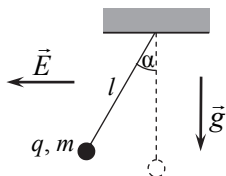
Определите скорость, с которой тело было брошено вертикально вниз, если за время падения тела на 15 м его скорость увеличилась в 2 раза. Сопротивлением воздуха пренебречь.

- 29 На шероховатом горизонтальном диске, вращающемся вокруг вертикальной оси, покоится небольшое тело. Расстояние от оси вращения до тела $r = 25$ см. Угловую скорость вращения диска начали медленно увеличивать. Каков коэффициент трения μ между телом и диском, если тело начало скользить по диску при угловой скорости $\omega = 4$ рад/с? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тело.

- 30 В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится 1 л гелия, запёртого поршнем при давлении 100 кПа и температуре 300 К. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 300 м/с, и застревает в нём. Какова будет температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплотой с цилиндром и поршнем.



- 31 Маленький шарик массой $m = 1$ г с зарядом $q > 0$, подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной $l = 0,8$ м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле $\vec{E}$ с модулем напряжённости поля $E = 6 \cdot 10^5$ В/м (см. рисунок). Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$, модуль скорости шарика $v = 0,8$ м/с. Чему равен заряд шарика q ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 32 Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.



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