

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: 7,5 см. 3 7 , 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

7 4 1 Бланк

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

КИМ Ответ: вправо 13 ВПРАВО 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

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 3 8 9 4 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 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	санتي	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 (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение 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 эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$



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

подсолнечного масла 900 кг/м^3	
воды 1000 кг/м^3	алюминия 2700 кг/м^3
древесины (сосна) 400 кг/м^3	железа 7800 кг/м^3
керосина 800 кг/м^3	ртути 13600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия $900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди $380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа $460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна $800 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца $130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	

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°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, число или последовательность цифр или чисел. 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 пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

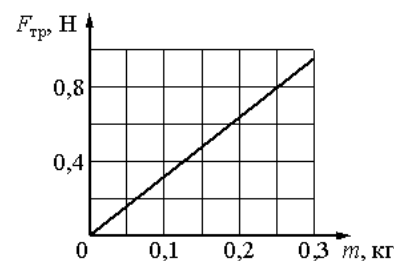
1

Начальная скорость тележки равна 4 м/с . Тележка движется с ускорением 2 м/с^2 , направленным противоположно начальной скорости. Определите проекцию скорости тележки через 4 с .

Ответ: _____ м/с.

2

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения, используя данный график.



Ответ: _____.

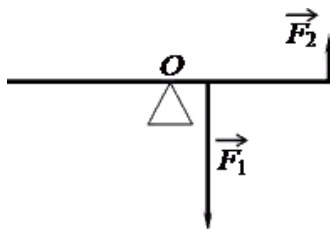
3

Шарик на длинной легкой нерастяжимой нити совершает колебания. Максимальная потенциальная энергия шарика в поле тяжести, если считать ее равной нулю в положении равновесия, равна $0,8 \text{ Дж}$. Максимальная скорость шарика в процессе колебаний равна 2 м/с . Какова масса шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ кг.

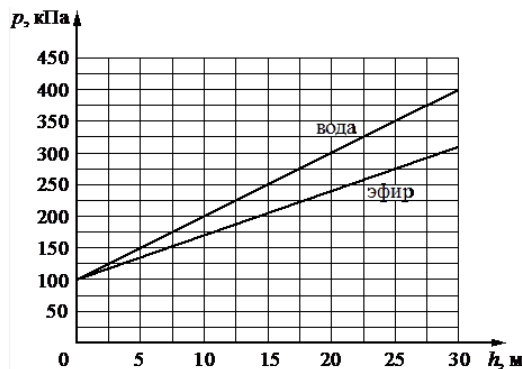


- 4 На тонкий рычаг действуют силы так, как показано на рисунке. Сила $F_1 = 10\text{Н}$; сила $F_2 = 2,5\text{Н}$. Рычаг находится в равновесии. С какой силой рычаг давит на опору в точке O ? Массой рычага пренебречь.



Ответ: _____ Н.

- 5 На рисунке представлены графики зависимости давления p от глубины погружения h для двух покоящихся жидкостей: воды и легкой жидкости эфира (плотность эфира $\rho_э = 0,72 \text{ г/см}^3$), при постоянной температуре.



Из приведенного ниже списка выберите два правильных утверждения, соответствующих данным графикам.

- 1) С глубиной погружения давление в воде возрастает быстрее.
- 2) В воде давление возрастет вдвое на глубине 20 м.
- 3) Плотность оливкового масла $0,92 \text{ г/см}^3$, график аналогичной зависимости давления от глубины для масла окажется между зависимостью для эфира и осью абсцисс.
- 4) По мере подъема из воды давление падает до нуля.
- 5) Плотность ртути $13,59 \text{ г/см}^3$, график аналогичной зависимости давления от глубины для ртути окажется между зависимостью для воды и осью ординат.

Ответ:

--	--

- 6 Шарик висит на нити. В нем застревает пуля, летящая горизонтально, в результате чего нить отклоняется на некоторый угол. Как изменятся при увеличении массы шарика следующие величины: импульс, полученный шариком в результате попадания в него пули; максимальная высота подъема шарика при отклонении нити.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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 подъема шарика при отклонении нити

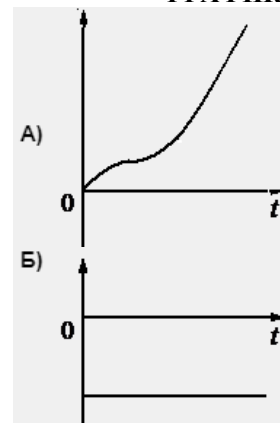
Ответ:

--	--

- 7 Тело движется вдоль оси OX , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой $x(t) = -6 + 4t - 3t^2$ (все величины выражены в СИ).

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) Проекция перемещения S_x
- 2) Пройденный путь l
- 3) Проекция равнодействующей сил, действующих на тело F_x
- 4) Модуль проекции ускорения a_x



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

Ответ:

А	Б

- 8 В одном сосуде находится аргон, а в другом – неон. Средние кинетические энергии теплового движения молекул газов одинаковы. Давление аргона в 2 раза больше давления неона. Чему равно отношение концентрации молекул аргона к концентрации молекул неона?

Ответ: _____.

- 9 При сжатии идеального одноатомного газа при постоянном давлении внешние силы совершили работу 2000 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

Ответ: _____ Дж.

- 10 Половину закрытого сосуда занимает жидкость; другую половину – её насыщенный пар. Во сколько раз изменится давление пара, если медленно увеличить объём пара над жидкостью в 2 раза, не изменяя температуры?

Ответ: _____.

- 11 Горячее вещество, первоначально находившееся в жидком состоянии, медленно охлаждали. Мощность теплоотвода постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

Время, мин.	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	250	242	234	232	232	232	230	216

Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведенных измерений, и укажите их номера:

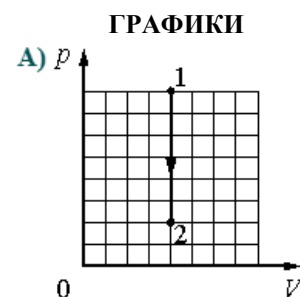
- 1) Температура плавления вещества в данных условиях равна 232°C.
- 2) Через 20 мин. после начала измерений вещество находилось только в твердом состоянии.
- 3) Удельная теплоемкость вещества в жидком и твердом состояниях одинакова.
- 4) Через 30 мин. после начала измерений вещество находилось только в твердом состоянии.
- 5) Процесс кристаллизации вещества занял более 25 мин.

Ответ:

--	--

- 12 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1-2 и 3-4, в каждом из которых участвует 1 моль аргона. Графики построены в координатах p - V и V - T , где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа.

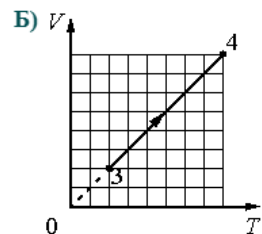
Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы.



УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдает теплоту
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает теплоту
- 3) Газ получает теплоту, но не совершает работы
- 4) Газ получает теплоту и совершает работу





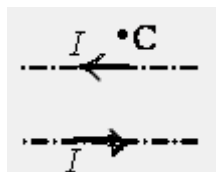
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

- 13 По двум тонким проводникам, параллельным друг другу, текут одинаковые токи I (см. рисунок). Как направлено создаваемое ими магнитное поле в точке C ?

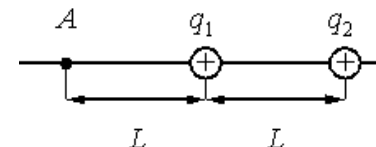
Ответ запишите словом (словами): *вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.*



Ответ: _____.

14

Два точечных положительных заряда: $q_1 = 85$ нКл и $q_2 = 140$ нКл - находятся в вакууме на расстоянии $L = 2$ м друг от друга. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке A , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии L от первого заряда (см. рисунок).



Ответ: _____ В/м.

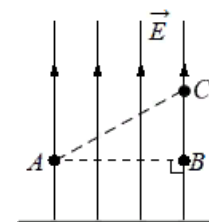
15

На шахматной доске на расстоянии трех клеток от вертикального плоского зеркала стоит ферзь. Его придвинули на одну клетку ближе к зеркалу. Каким стало расстояние между ферзем и его изображением? В ответе указать количество клеток.

Ответ: _____.

16

Однородное электростатическое поле создано равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной. Линии напряжённости поля направлены вертикально вверх (см. рисунок).



Из приведенного ниже списка выберите **два** верных утверждения, соответствующих условию задачи.

- 1) Пластина имеет отрицательный заряд;
- 2) Потенциал электростатического поля в точке B ниже, чем в точке C ;
- 3) Работа электростатического поля по перемещению пробного точечного отрицательного заряда из точки A в точку B равна нулю;
- 4) Если в точку A поместить пробный точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз;
- 5) Напряженность поля в точке A меньше, чем в точке C .

Ответ:

--	--



- 17 Плоский воздушный конденсатор с диэлектриком между пластинами подключен к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом емкость конденсатора и напряжение на обкладках конденсатора?

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.

Емкость конденсатора	Напряжение на обкладках конденсатора

Ответ:

--	--

- 18 Пучок монохроматического света переходит из воды в воздух. Частота световой волны – ν , длина световой волны в воде – λ , показатель преломления воды относительно воздуха – n .

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) скорость света в воздухе
- Б) длина световой волны в воздухе

ФОРМУЛЫ

- 1) $\lambda \cdot \nu$
- 2) $\lambda \cdot n$
- 3) $\lambda \cdot \nu \cdot n$
- 4) $\frac{\lambda}{\nu} n$

Ответ:

А	Б

- 19 Ядро ${}^{237}_{93}\text{Np}$, испытав серию α - и электронных β -распадов, превратилось в ядро ${}^{213}_{83}\text{Bi}$. Определите число α - и β -распадов

Число α -распадов	Число β -распадов

Ответ:

А	Б

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

- 20 Какова длина волны электромагнитного излучения, в котором импульс фотонов равен $1 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с? Ответ выразите в км.

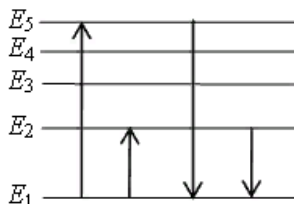
Ответ: _____ нм.



- 21 На рисунке представлен фрагмент диаграммы энергетических уровней атома. Какой из четырех переходов связан с поглощением света наименьшей частоты, а какой – с излучением света наибольшей длины?

Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и осуществляемыми переходами.

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



ПРОЦЕССЫ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

А) поглощение света наименьшей частоты

- 1) $E_1 \rightarrow E_5$
- 2) $E_1 \rightarrow E_2$
- 3) $E_5 \rightarrow E_1$
- 4) $E_2 \rightarrow E_1$

Б) излучение света наибольшей длины

Ответ:

А	Б

- 22 Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока амперметром на пределе измерения 3А равна $\Delta I_1 = 0,15\text{A}$, а на пределе измерения 0,6А равна $\Delta I_2 = 0,03\text{A}$.



Запишите в ответ показания амперметра с учетом погрешности?

Ответ: (____ ± ____) А

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

- 23 Школьник изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погруженные в жидкость. В его распоряжении имеются пять установок, состоящие из емкостей с различными жидкостями и сплошных шариков различного объема, и сделанных из разного материала (см. таблицу).

Какие две установки необходимо использовать ученику для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость силы Архимеда от объема тела?

№ установки	Жидкость, налитая в ёмкость	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	керосин	30 см ³	сталь
2	вода	20 см ³	дерево
3	керосин	20 см ³	дерево
4	подсолнечное масло	30 см ³	сталь
5	вода	30 см ³	дерево

В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

--	--



24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых астероидов Солнечной системы.

Эксцентриситет орбиты определяется по формуле: $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где b – малая полуось орбиты, a – большая полуось орбиты, $e = 0$ – окружность, $0 < e < 1$ – эллипс.

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты e^*	Масса, кг
Веста	265	2,36	3,63	0,089	$3,0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8,3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,079	$8,7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,77	4,62	0,230	$3,2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2,8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,78	0,202	$1,4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1,1 \cdot 10^{18}$

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

- 1) Чем дальше от Солнца располагается орбита астероида, тем больше его масса.
- 2) Астероид Геба движется по орбите Земли и представляет астероидную опасность.
- 3) Астероид Паллада вращается по более «вытянутой» орбите, чем астероид Веста.
- 4) Орбита астероида Юнона находится между орбитами Марса и Юпитера.
- 5) Вторая космическая скорость для астероида Церера составляет более 11 км/с.

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 25–26 является число. Запишите это число 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

В колебательном контуре из конденсатора и катушки индуктивностью $0,5 \text{ Гн}$ происходят свободные электромагнитные колебания с циклической частотой $\omega = 1000 \text{ с}^{-1}$. Амплитуда колебаний силы тока в контуре $0,01 \text{ А}$. Определите амплитуду колебаний напряжения на катушке.

Ответ: _____ В.

26

К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена люстра накаливания. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м . Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Каков диаметр тени диска на полу?

Ответ: _____ м.

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

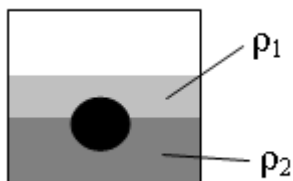
На площадку падает зеленый свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени. Ответ поясните, указав какие физические закономерности Вы использовали для объяснения

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.



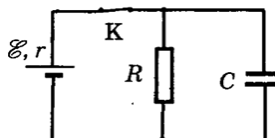
- 28 На какой высоте от поверхности планеты обращается искусственный спутник по круговой орбите со скоростью 5,7 км/с. Радиус планеты равен 5700 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты 6 м/с^2 .

- 29 На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объема?



- 30 В комнате размерами $4 \times 3 \times 5 \text{ м}^3$, в которой воздух имеет температуру 20°С и относительную влажность 30%, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,2 л/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате повысилась до 65%? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20°С равно 2,33 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

- 31 В электрической схеме, показанной рисунке, ключ К замкнут. ЭДС батарейки 24 В, сопротивление резистора 25 Ом, заряд конденсатора 2 мкКл. После размыкания ключа К, в результате разряда конденсатора, на резисторе выделяется количество теплоты 20 мкДж. Найдите внутреннее сопротивление батарейки.



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

