



<b>Масса частиц</b>	
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Астрономические величины</b>	
средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

<b>Плотность</b>	
подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>
алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>
железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>
ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоёмкость</b>	
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)
чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)

<b>Удельная теплота</b>	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

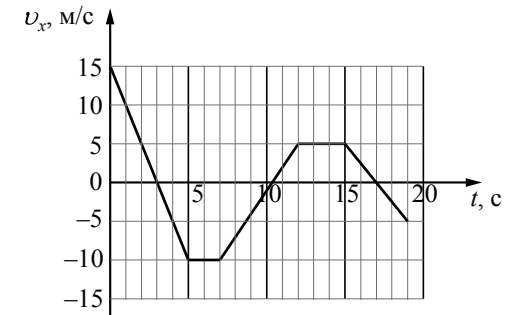
**Нормальные условия:** давление –  $10^5 \text{ Па}$ , температура –  $0 \text{ }^\circ\text{C}$

<b>Молярная масса</b>	
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. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

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



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 15 до 19 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Ящик массой 10 кг равномерно движется по прямой по горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы тяги величиной 25 Н. Каков коэффициент трения между ящиком и поверхностью?

Ответ: \_\_\_\_\_.

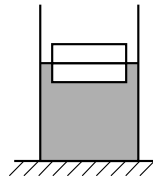
- 3 Автомобиль с выключенным двигателем сняли со стояночного тормоза, и он покатился под уклон, составляющий угол  $30^\circ$  с горизонтом. В начале горизонтального участка дороги, который следует за спуском, его скорость составляет 10 м/с. Какое расстояние автомобиль проезжает по склону? Трением пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

4 Груз массой 0,16 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Груз какой массой нужно подвесить вместо первого груза, чтобы частота свободных колебаний уменьшилась в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

5 Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения.



- 1) Если воду заменить на подсолнечное масло, то глубина погружения брусков уменьшится.
- 2) Если на верхний брусок поставить гирю массой 1,5 кг, то бруски не утонут.
- 3) Если в стопку добавить ещё три таких же бруска, то глубина её погружения увеличится на 15 см.
- 4) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 10 Н.
- 5) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 500 кг/м<sup>3</sup>.

Ответ: 

--	--

6 В первой серии опытов брусок с грузом перемещали при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов точно так же перемещали этот брусок, но сняв с него груз. Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй модуль работы силы трения при перемещении бруска на одинаковые расстояния и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

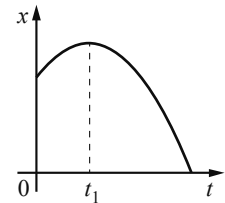
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

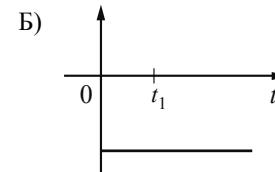
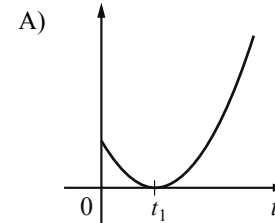
Модуль работы силы трения	Коэффициент трения

7 На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ . 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**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) модуль импульса тела
- 2) проекция перемещения тела на ось  $Ox$
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) проекция ускорения тела на ось  $Ox$

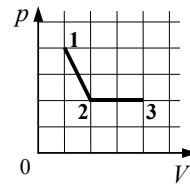
Ответ: 

А	Б

8 В сосуде неизменного объёма находится идеальный газ. Во сколько раз нужно уменьшить количество вещества газа в сосуде, чтобы после увеличения абсолютной температуры газа в 2 раза его давление стало вдвое меньше начального?

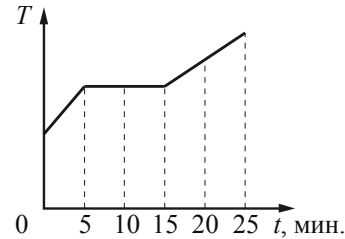
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9 На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа  $\frac{A_{12}}{A_{23}}$  в этих двух процессах?



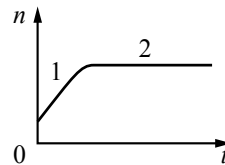
Ответ: \_\_\_\_\_.

10 В котелок насыпали кусочки олова и поставили на электрическую плитку. В минуту плитка передаёт олову в среднем количество теплоты, равное 500 Дж. График изменения температуры олова с течением времени показан на рисунке. Какое количество теплоты потребовалось для плавления олова, доведённого до температуры плавления?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

11 В сосуде под поршнем находятся только пары аммиака. Поршень медленно и равномерно опускают, уменьшая объём сосуда. Температура в сосуде поддерживается постоянной. На рисунке показан график изменения со временем  $t$  концентрации  $n$  молекул паров аммиака внутри сосуда. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно описанного процесса.



- 1) На участке 2 плотность паров аммиака уменьшалась.
- 2) На участке 1 плотность паров аммиака уменьшалась.
- 3) На участке 2 давление паров аммиака увеличивалось.
- 4) На участке 1 пар аммиака ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный.
- 5) На участке 1 давление паров аммиака увеличивалось.

Ответ:

12 Температуру нагревателя тепловой машины Карно повысили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

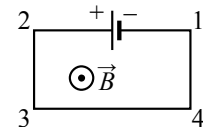
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

13 Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных проводников (2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  направлен к наблюдателю (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 4–1? *Ответ запишите словом (словами).*

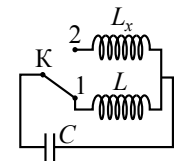


Ответ: \_\_\_\_\_.

14 На плавком предохранителе сети напряжением 380 В указано: «10 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в эту сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

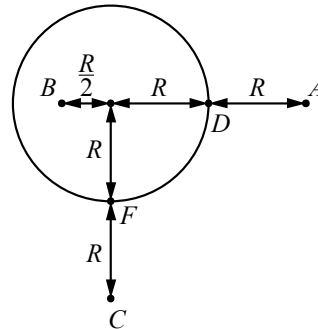
Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

15 В колебательном контуре (см. рисунок) индуктивность катушки  $L = 6$  мГн. Какой должна быть индуктивность  $L_x$  второй катушки, чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в  $\sqrt{6}$  раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

**16** На уединённой неподвижной проводящей сфере радиусом  $R$  находится положительный заряд  $Q$ . Сфера находится в вакууме. Напряжённость электростатического поля сферы в точке  $A$  равна  $36$  В/м. Все расстояния указаны на рисунке. Выберите **два** верных утверждения, описывающих данную ситуацию.



- 1) Потенциал электростатического поля в точке  $C$  выше, чем в точке  $D$ :  $\varphi_C > \varphi_D$ .
- 2) Напряжённость электростатического поля в точке  $C$   $E_C = 36$  В/м.
- 3) Напряжённость электростатического поля в точке  $B$   $E_B = 576$  В/м.
- 4) Потенциал электростатического поля в точках  $B$  и  $C$  одинаков:  $\varphi_B = \varphi_C$ .
- 5) Потенциал электростатического поля в точках  $F$  и  $D$  одинаков:  $\varphi_F = \varphi_D$ .

Ответ: 

--	--

**17** Протоны в однородном магнитном поле между полюсами магнита движутся по окружностям радиусом  $R$  под действием силы Лоренца. После замены магнита по окружностям тем же радиусом между полюсами стали двигаться  $\alpha$ -частицы, обладающие такой же кинетической энергией, как и протоны. Как изменились индукция магнитного поля и скорость движения  $\alpha$ -частиц по сравнению со скоростью протонов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Индукция магнитного поля	Скорость $\alpha$ -частиц

**18** Спираль лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием, равным по модулю  $F$ , перпендикулярно этой оси. Расстояние  $a$  от линзы до спирали меньше  $F$ . Затем рассеивающую линзу заменили на собирающую с фокусным расстоянием  $F$ . Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами даваемого ею изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВИД ЛИНЗЫ**

- А) линза собирающая
- Б) линза рассеивающая

**СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

- 1) действительное, перевёрнутое, увеличенное
- 2) действительное, перевёрнутое, уменьшенное
- 3) мнимое, прямое, уменьшенное
- 4) мнимое, прямое, увеличенное

Ответ: 

А	Б

**19** Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре  $^{119}_{50}\text{Sn}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

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

- 20) Модуль импульса фотона красного света в 2 раза меньше модуля импульса фотона фиолетового света. Найдите отношение длины волны фотона фиолетового цвета к длине волны фотона красного цвета.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21) Установите соответствие между видами радиоактивного распада и уравнениями, описывающими этот процесс. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ВИДЫ РАСПАДА

- А) электронный бета-распад  
Б) альфа-распад

## УРАВНЕНИЯ

- 1)  ${}^{12}_7\text{N} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^0_1\tilde{e} + \nu_e$   
 2)  ${}^{11}_6\text{C} \rightarrow {}^{11}_7\text{N} + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}_e$   
 3)  ${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He}$   
 4)  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$

Ответ:

А	Б

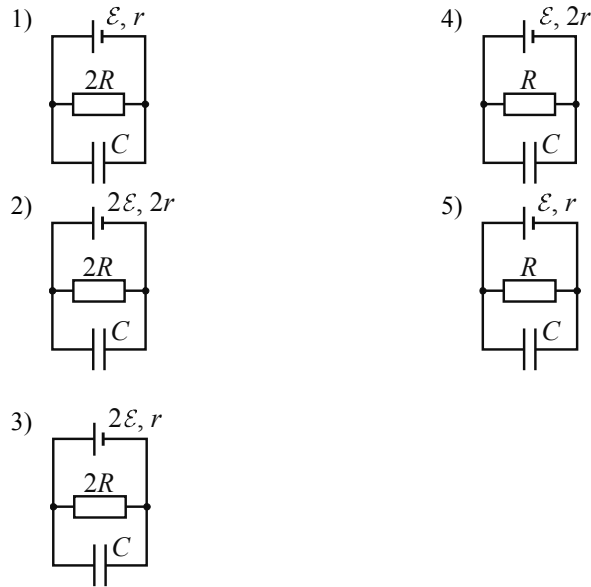
- 22) С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях, а нижняя шкала – в миллиметрах ртутного столба (см. рисунок). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление в килопаскалях по результатам этих измерений?



Ответ: (\_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_) кПа.

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

- 23) Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от сопротивления резистора. Какие **две** схемы следует использовать для проведения такого исследования?



Запишите в ответе номера выбранных схем.

Ответ:

- 24) Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58 суток 15 часов 30 минут	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

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

- 1) Первая космическая скорость для спутника Венеры составляет примерно 7,33 км/с.
- 2) За один юпитерианский год на Венере проходит 19 венерианских лет.
- 3) Ускорение свободного падения на Нептуне примерно равно 23,71 м/с<sup>2</sup>.
- 4) Объем Юпитера почти в 3 раза больше объема Урана.
- 5) Юпитер движется по орбите почти в 3 раза медленнее, чем Сатурн.

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 В начале процесса температура куска свинца массой 1 кг была равна 47 °С. Температура плавления свинца равна 327 °С. Какое количество теплоты передали куску свинца, если расплавилась часть свинца, равная 400 г? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26 На металлическую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 400$  нм. «Красная граница» фотоэффекта для металла пластинки  $\lambda_{кр} = 600$  нм. Чему равно отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов к работе выхода для этого металла?

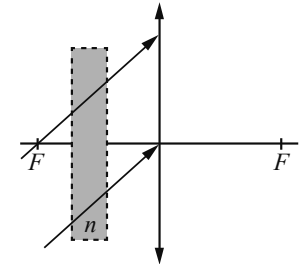
Ответ: \_\_\_\_\_.



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 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.

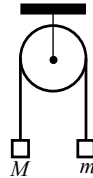
- 27 На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, создаваемого линзой, если между линзой и её фокусом поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления  $n$  (на рисунке положение пластинки отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластинки.



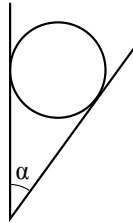


*Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

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

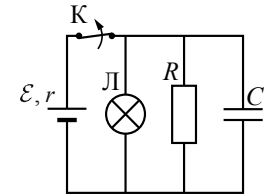


- 29 Гладкий цилиндр лежит между двумя плоскостями, одна из которых вертикальна, а линия их пересечения горизонтальна (см. рисунок). Сила давления цилиндра на вертикальную стенку равна  $10$  Н и в  $n = 3$  раза меньше, чем сила давления на цилиндр со стороны другой плоскости. Определите массу цилиндра. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на цилиндр.

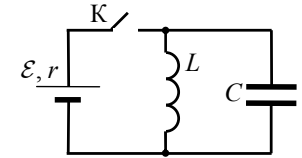


- 30 В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится ацетон ( $C_3H_6O$ ) при температуре кипения  $t = 56$  °С. В результате сообщения ацетону некоторого количества теплоты часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу, поднимая поршень. Удельная теплота парообразования ацетона  $L = 524 \cdot 10^3$  Дж/кг, а его молярная масса  $M = 58 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Какая часть подводимого к ацетону количества теплоты превращается в работу? Объёмом жидкого ацетона и трением между поршнем и цилиндром пренебречь.

- 31 К аккумулятору с ЭДС  $\mathcal{E} = 50$  В и внутренним сопротивлением  $r = 4$  Ом подключили лампу сопротивлением  $R_{\text{л}} = 10$  Ом и резистор сопротивлением  $R = 15$  Ом, а также конденсатор ёмкостью  $C = 100$  мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на резисторе?



- 32 В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут,  $\mathcal{E} = 6$  В,  $r = 2$  Ом,  $L = 1$  мГн. В момент  $t = 0$  ключ К размыкают. В момент, когда в ходе возникших в контуре электромагнитных колебаний напряжение на конденсаторе равно ЭДС источника, сила тока в контуре  $I = 2,4$  А. Найдите ёмкость конденсатора  $C$ . Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки индуктивности пренебречь.



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