



## 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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

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

## Масса частиц

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

### Плотность

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

### 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	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

### Удельная теплота

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

### Нормальные условия

давление:  $10^5$  Па, температура: 0 °С

### Молярная масса

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

### Основные астрономические постоянные

Постоянная Стефана–Больцмана  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$ .

Астрономическая единица 1 а. е. =  $1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$ .

Парсек 1 пк = 206 265 а. е. =  $3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$ .

Постоянная Хаббла  $H = 67,8 \text{ (км/с)/Мпк}$ .

### Данные о Солнце

Светимость  $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ .

Абсолютная болометрическая звёздная величина  $+4,72^{\text{м}}$ .

Солнечная постоянная  $1360 \text{ Вт/м}^2$ .

Спектральный класс G2V.

Видимая звёздная величина  $-26,78^{\text{м}}$ .

Эффективная температура  $5800 \text{ К}$ .

### Данные о Земле

Тропический год  $365,24219 \text{ суток}$ .

Период вращения  $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$ .

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года:  $23^\circ 26'21,45''$ .

### Данные о планетах

Планета	Характеристики орбит			Физические характеристики	
	Большая полуось а. е.	Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики градусы	Масса кг	Радиус км
Меркурий	0,3871	0,2056	7,004	$3,302 \cdot 10^{23}$	2439,7
Венера	0,7233	0,0068	3,394	$4,869 \cdot 10^{24}$	6051,8
Земля	1,0000	0,0167	0,000	$5,974 \cdot 10^{24}$	6378,1
Марс	1,5237	0,0934	1,850	$6,419 \cdot 10^{23}$	3397,2
Юпитер	5,2028	0,0483	1,308	$1,899 \cdot 10^{27}$	71492
Сатурн	9,5388	0,0560	2,488	$5,685 \cdot 10^{26}$	60268
Уран	19,1914	0,0461	0,774	$8,683 \cdot 10^{25}$	25559
Нептун	30,0611	0,0097	1,774	$1,024 \cdot 10^{26}$	24746

## Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1** Катер плывёт по прямой реке, двигаясь относительно берега перпендикулярно береговой линии. Модуль скорости катера относительно берега равен 6 км/ч. Река течёт со скоростью 4,5 км/ч. Чему равен модуль скорости катера относительно воды?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч.

**2** Сила гравитационного взаимодействия небольших тел массами  $m$  и  $M$ , находящихся на расстоянии  $R_1 = 100$  км друг от друга, равна по модулю  $F$ . Сила гравитационного взаимодействия небольших тел массами  $2m$  и  $M$ , находящихся на расстоянии  $R_2$  друг от друга, равна по модулю  $F/50$ . На какую величину отличаются расстояния  $R_1$  и  $R_2$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ км.

**3** Изначально покоившееся тело массой 2 кг начинает соскальзывать с наклонной плоскости. За некоторый промежуток времени сила тяжести совершает над телом механическую работу 10 Дж, при этом выделяется количество теплоты 1 Дж. Определите модуль импульса, который в результате этого приобретает тело.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг м/с.

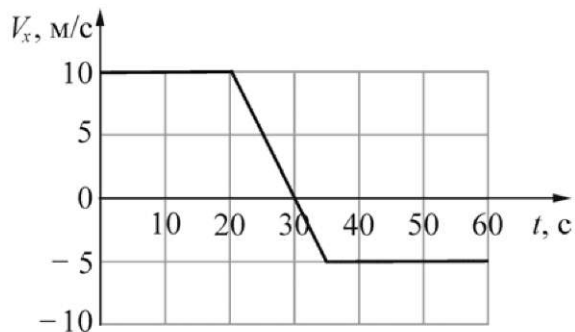
**4** Гидравлический пресс изготовлен с использованием двух вертикальных цилиндрических сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью и закрытых лёгкими поршнями. Радиус большего поршня этого пресса превосходит радиус меньшего поршня в 5 раз. На малый поршень положили груз массой 20 кг, удерживая больший поршень неподвижным. Определите модуль силы давления жидкости на больший поршень.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

(Т)т/ГЗТ/ГЪ-Я 11 Б-ТТЯГЧ РанмНТ (Т)И1П1ГП

5

Небольшое тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке показан график зависимости проекции скорости  $V_x$  этого тела на указанную ось от времени  $t$ . Выберите два верных утверждения на основании анализа графика.



- 1) За первые 30 секунд движения тело проходит такой же путь, как и за последние 30 секунд движения
- 2) В интервале времени от  $t = 20$  с до  $t = 35$  с тело движется равномерно
- 3) В момент времени  $t = 30$  с тело останавливается
- 4) Тело оказывается на максимальном расстоянии от своего начального положения через 60 секунд после начала движения
- 5) В моменты времени  $t = 23$  с и  $t = 33$  с тело имеет одинаковое ускорение

Ответ:

--	--

6

Тело бросили с горизонтальной площадки под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $20$  м/с. Затем бросок повторили, сообщив телу ту же по модулю начальную скорость, но увеличив угол её наклона к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как при втором броске по сравнению с первым изменятся следующие физические величины: модуль импульса тела в высшей точке траектории; потенциальная энергия тела в высшей точке траектории.

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.

Модуль импульса тела в высшей точке траектории	Потенциальная энергия тела в высшей точке траектории

- 7 Тело массой  $m$  и объёмом  $V$  плавает, частично погрузившись в жидкость плотностью  $\rho$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

## ФОРМУЛЫ

- |   |  |
|---|--|
| А) Модуль действующей на тело Архимеда<br>Б) Объём погружённой части тела | 1) $\rho g V$<br>2) $mg/V$<br>3) $mg$<br>4) $m/\rho$ |
|---|--|

Ответ:

А	Б

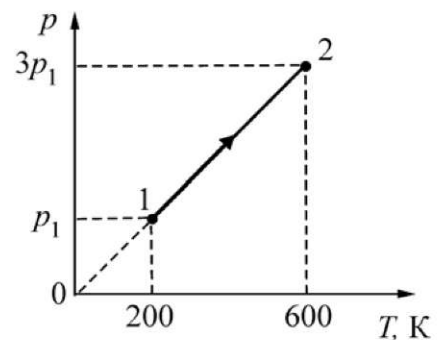
- 8 В закрытом сосуде с жёсткими стенками содержится идеальный газ при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Температуру газа повысили до  $147^\circ\text{C}$ . Во сколько раз изменилось давление этого газа? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9 Давление постоянного количества идеального газа возрастает с ростом объёма по линейному закону от значения  $10^5$  Па до значения  $3 \cdot 10^5$  Па. Объём газа при этом увеличивается от  $0,5 \text{ м}^3$  до  $2,5 \text{ м}^3$ . Какую работу совершает газ в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 10 Два моля идеального одноатомного газа совершают процесс, график которого изображён на рисунке. Определите, какое количество теплоты было передано газу в этом процессе. Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

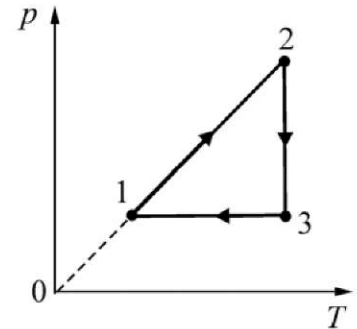
- 11** В таблице приведена зависимость КПД  $\eta$  идеального цикла Карно от температуры  $T_x$  его холодильника. Температура нагревателя поддерживается постоянной. На основании анализа этой таблицы выберите **два** верных утверждения.

$T_x, \text{K}$	300	400	500	600	700	800	900
$\eta, \%$	70	60	50	40	30	20	10

- 1) КПД цикла возрастает при увеличении температуры холодильника
- 2) Температура нагревателя равна 1000 К
- 3) Температура нагревателя равна 500 К
- 4) При температуре холодильника  $0^\circ\text{C}$  данный цикл будет иметь КПД 100 %
- 5) При температуре холодильника 650 К данный цикл будет иметь КПД 35 %

Ответ:

- 12** На рисунке изображён график циклического процесса, совершаемого одним моле идеального одноатомного газа. Определите, как в процессе перехода газа из состояния 3 в состояние 1 изменяются следующие физические величины: объём газа, внутренняя энергия газа.



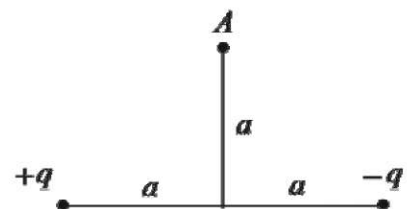
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Объём газа	Внутренняя энергия газа

- 13** На расстоянии  $2a$  друг от друга закреплены два точечных электрических заряда  $+q$  и  $-q$  так, как показано на рисунке. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке  $A$ ? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.



- 14 Напряжённость поля между пластинами плоского воздушного конденсатора равна по модулю  $25 \text{ В/м}$ , расстояние между пластинами  $15 \text{ мм}$ , ёмкость конденсатора  $12 \text{ мкФ}$ . Определите заряд этого конденсатора.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкФ.

- 15 В однородном магнитном поле с индукцией  $40 \text{ мТл}$  находится плоский контур в виде кольца радиусом  $5 \text{ см}$ , изготовленный из тонкой проволоки. Сначала контур располагается так, что линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости кольца. Затем кольцо поворачивают вокруг его диаметра на угол  $120^\circ$ . Найдите модуль изменения потока вектора магнитной индукции через кольцо при таком повороте. Ответ выразите в мкВб и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкВб.

- 16 Дифракционная решётка, имеющая  $1000$  штрихов на  $1 \text{ мм}$  своей длины, освещается параллельным пучком монохроматического света с длиной волны  $420 \text{ нм}$ . Свет падает перпендикулярно решётке. Вплотную к дифракционной решётке, сразу за ней, расположена тонкая собирающая линза. За решёткой на расстоянии, равном фокусному расстоянию линзы, параллельно решётке расположен экран, на котором наблюдается дифракционная картина. Выберите два верных утверждения.

- 1) Максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов равен 3.
- 2) Если увеличить длину волны падающего света, то максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов уменьшится.
- 3) Если уменьшить длину волны падающего света, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами уменьшится.
- 4) Если заменить линзу на другую, с бóльшим фокусным расстоянием, и расположить экран так, чтобы расстояние от линзы до экрана по-прежнему было равно фокусному расстоянию линзы, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами уменьшится.
- 5) Если заменить дифракционную решётку на другую, с бóльшим периодом, то угол, под которым наблюдается первый дифракционный максимум, увеличится.

Ответ:

--	--

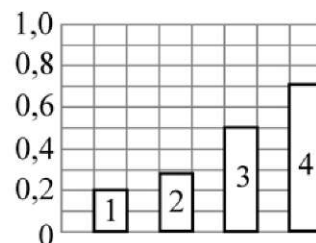
17

Сопротивление участка электрической цепи постоянного тока увеличили, оставив напряжение неизменным. Как в результате этого изменились сила тока, текущего через участок цепи, и выделяющаяся в участке цепи тепловая мощность?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

20

Какой цифрой обозначен на диаграмме столбик, соответствующий доле атомов радиоактивного изотопа, которые **не** претерпели радиоактивный распад по прошествии интервала времени, равного половине периода полураспада?



Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Электрон в атоме водорода перешёл с низкой стационарной орбиты (с меньшим номером  $n$ ) на более высокую стационарную орбиту (с большим номером  $n$ ). Как в результате этого изменились модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром и полная энергия электрона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

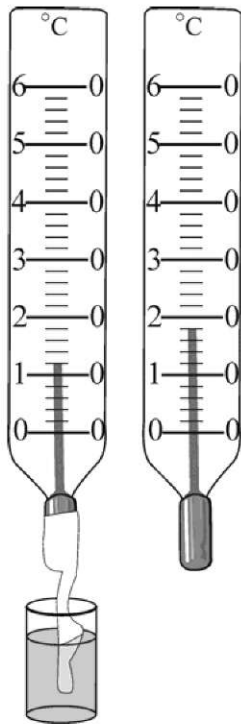
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром	Полная энергия электрона

22

Используя данные рисунка (показания влажного и сухого термометров) и психрометрическую таблицу, определите температуру и относительную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры (запишите два числа подряд, не разделяя их знаками; сначала укажите температуру).



Температура сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Ответ:

--	--

- 23** Необходимо экспериментально изучить зависимость силы электрического тока, текущего в неразветвлённой цепи, от сопротивления резистора, входящего в состав этой цепи. Какие две схемы электрической цепи следует использовать для проведения такого исследования? Запишите в таблицу

- 24** Вам даны элементы орбит некоторых астероидов.

№	Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет**	Наклонение орбиты, °
1	Дамокл	12	0,87	62
2	Харикло	16	0,17	23
3	Кибела	3,4	0,11	3,6
4	Касталия	1,1	0,48	8,9
5	Астрея	2,6	0,19	5,4
6	Гектор	5,2	0,022	18
7	1992 QB1	44	0,066	2,2

Выберите два утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам.

- 1) Астероид Харикло движется между орбитами Сатурна и Урана.
- 2) Кибела, Касталия и Астрея – все астероиды главного пояса.
- 3) Дамокл выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 4) В перигелии своей орбиты Гектор более чем в два раза ближе к Солнцу, чем в афелии.
- 5) Период обращения 1992 QB1 вокруг Солнца более 300 лет.

Ответ:

--	--

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 25** Камень массой 40 г брошен под углом  $60^\circ$  к горизонту. Начальная кинетическая энергия камня равна 2 Дж. Чему равен модуль импульса камня в верхней точке траектории его движения? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг м/с.

- 26** Один литр жидкого аргона находится при температуре своего кипения  $-186^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты нужно сообщить этому количеству аргона для того, чтобы при постоянном давлении перевести его в газ, имеющий температуру  $0^\circ\text{C}$ ? Плотность жидкого аргона  $1400\text{ кг/м}^3$ , его удельная теплота испарения  $87\text{ кДж/кг}$ . Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 27 Два когерентных источника света располагаются на некотором расстоянии друг от друга. На соединяющем источники отрезке на расстоянии  $0,625 \text{ мкм}$  от его середины находится точка, для которой разность фаз между исходящими из источников волнами равна  $5\pi$ . Чему равны длины волн, излучаемых каждым из источников?

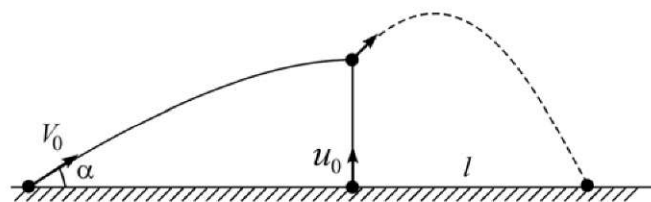
Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

**Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 28 Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилось расстояние до крайней точки поверхности моря, которую ещё можно было видеть?

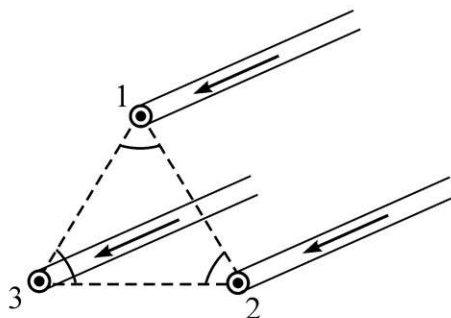
**Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 29 Небольшое тело бросили под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонтальной плоскости с начальной скоростью  $V_0 = 40 \text{ м/с}$ . В верхней точке траектории в него попало другое тело такой же массы, брошенное с той же плоскости вертикально вверх с начальной скоростью  $u_0 = 25 \text{ м/с}$ , и оба тела в результате абсолютно неупругого удара слиплись и полетели дальше вместе (см. рисунок). На каком расстоянии  $l$  от места броски второго тела слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.



30 Морозильная камера установлена на кухне, где температура равна  $t_1 = +20^\circ\text{C}$ , и потребляет в течение длительного времени среднюю мощность  $P = 89,4\text{ Вт}$ , обеспечивая внутреннюю температуру  $t_2 = -18^\circ\text{C}$ . Оцените мощность подвода теплоты в камеру из окружающей среды, считая, что морозильник работает по обратному циклу Карно. Ответ выразите в Вт и округлите до целого числа.

31 Три параллельных тонких длинных провода в сечении перпендикулярной им плоскостью находятся в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок), и по ним текут в одном направлении одинаковые токи. Во сколько раз изменится по модулю сила Ампера, действующая на единицу длины провода № 1 со стороны проводов №№ 2 и 3, если направление тока в проводе № 2 изменить на противоположное?



32 «Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления  $n$  стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину  $d$  должна иметь эта плёнка для того, чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека жёлто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе  $\lambda = 540\text{ нм}$ , если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен  $n_{\text{пл}} = 1,35$ ? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### 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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

## Масса частиц

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

## Плотность

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

## 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	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

## Удельная теплота

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

## Нормальные условия

давление:  $10^5$  Па, температура: 0 °С

## Молярная масса

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



### Основные астрономические постоянные

Постоянная Стефана–Больцмана  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$ .

Астрономическая единица 1 а. е. =  $1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$ .

Парсек 1 пк = 206 265 а. е. =  $3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$ .

Постоянная Хаббла  $H = 67,8 \text{ (км/с)/Мпк}$ .

### Данные о Солнце

Светимость  $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ .

Абсолютная болометрическая звёздная величина  $+4,72^{\text{м}}$ .

Солнечная постоянная  $1360 \text{ Вт/м}^2$ .

Спектральный класс G2V.

Видимая звёздная величина  $-26,78^{\text{м}}$ .

Эффективная температура  $5800 \text{ К}$ .

### Данные о Земле

Тропический год  $365,24219 \text{ суток}$ .

Период вращения  $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$ .

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года:  $23^\circ 26'21,45''$ .

### Данные о планетах

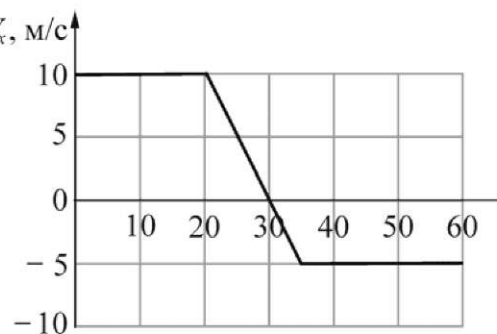
Планета	Характеристики орбит			Физические характеристик	
	Большая полуось а. е.	Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики градусы	Масса кг	Радиус км
Меркурий	0,3871	0,2056	7,004	$3,302 \cdot 10^{23}$	2439,7
Венера	0,7233	0,0068	3,394	$4,869 \cdot 10^{24}$	6051,8
Земля	1,0000	0,0167	0,000	$5,974 \cdot 10^{24}$	6378,1
Марс	1,5237	0,0934	1,850	$6,419 \cdot 10^{23}$	3397,2
Юпитер	5,2028	0,0483	1,308	$1,899 \cdot 10^{27}$	71492
Сатурн	9,5388	0,0560	2,488	$5,685 \cdot 10^{26}$	60268
Уран	19,1914	0,0461	0,774	$8,683 \cdot 10^{25}$	25559
Нептун	30,0611	0,0097	1,774	$1,024 \cdot 10^{26}$	24746

## Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число и последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** Катер плывёт по прямой реке, двигаясь относительно берега перпендикулярно береговой линии. Модуль скорости катера относительно берега равен 4,8 км/ч. Река течёт со скоростью 3,6 км/ч. Чему равен модуль скорости катера относительно воды?

- 5** Небольшое тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке показан график зависимости проекции скорости  $V_x$  этого тела на указанную ось от времени  $t$ . Выберите **два** верных утверждения на основании анализа графика.



- 1) За первые 10 секунд движения тело проходит такой же путь, как и последние 20 секунд движения.
- 2) В интервале времени от  $t = 0$  с до  $t = 20$  с тело покоится.
- 3) Тело всё время движется в одном направлении.
- 4) Тело оказывается на максимальном расстоянии от своего начального положения через 30 секунд после начала движения.
- 5) В моменты времени  $t = 10$  с и  $t = 50$  с тело имеет разные ускорения.

Ответ:

--	--

- 6** Тело бросили с горизонтальной площадки под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. Затем бросок повторили, сообщив телу ту же по модулю начальную скорость, но увеличив угол её наклона к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как при втором броске по сравнению с первым изменятся следующие физические величины: отношение максимальной высоты подъёма тела к дальности его полёта; кинетическая энергия тела в высшей точке траектории.

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.

Отношение максимальной высоты подъёма тела к дальности его полёта	Кинетическая энергия тела в высшей точке траектории

7

Тело массой  $m$  и объёмом  $V$  лежит на дне сосуда, полностью погрузившись в жидкость плотностью  $\rho$ . Жидкость окружает всё тело. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

11

В таблице приведена зависимость КПД  $\eta$  идеального цикла Карно от температуры  $T_x$  его холодильника. Температура нагревателя поддерживается постоянной. На основании анализа этой таблицы выберите два верных утверждения.

$T_x, \text{K}$	200	250	300	350	400	450
$\eta, \%$	60	50	40	30	20	10

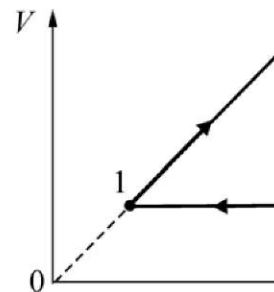
- 1) КПД цикла убывает при уменьшении температуры холодильника.
- 2) Температура нагревателя равна 1000 К.
- 3) Температура нагревателя равна 500 К.
- 4) При температуре холодильника  $0^\circ\text{C}$  данный цикл будет иметь КПД 100 %.
- 5) При температуре холодильника 150 К данный цикл будет иметь КПД 70 %.

Ответ:

--	--

12

На рисунке изображён график циклического процесса, совершаемого одним моле идеального одноатомного газа. Определите, как в процессе перехода газа из состояния 1 в состояние 2 изменяются следующие физические величины: давление газа, внутренняя энергия газа.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

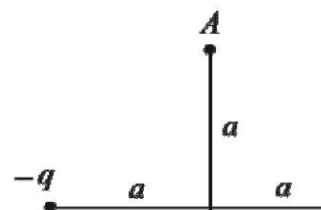
- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

Давление газа	Внутренняя энергия газа

13

На расстоянии  $2a$  друг от друга закреплены два точечных электрических заряда  $-q$  и  $+q$  так, как показано на рисунке. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке  $A$ ?



Ответ запишите словом (словами).

Ответ: \_\_\_\_\_.

14

Напряжённость поля между пластинами плоского воздушного конденсатора равна по модулю  $50 \text{ В/м}$ , расстояние между пластинами  $12 \text{ мм}$ , заряд конденсатора  $15 \text{ мкКл}$ . Определите ёмкость этого конденсатора.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкФ.

17

Сопротивление участка электрической цепи постоянного тока уменьшилось, оставив напряжение неизменным. Как в результате этого изменились сила тока, текущего через участок цепи, и выделяющаяся в участке цепи тепловая мощность?

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.

Сила тока, текущего через участок цепи	Тепловая мощность, выделяющаяся в участке цепи

18

Работа выхода электрона для некоторого металла равна  $2,5 \text{ эВ}$ . Пластинок этого металла облучается светом с частотой  $8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ . Установите соответствие между физическими величинами и их численными значениями, выраженными в СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ В СИ
А) красная граница фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$	1) $4 \cdot 10^{-19}$
Б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов	2) $4,95 \cdot 10^{-7}$
	3) $0,81$
	4) $1,28 \cdot 10^{-19}$

Ответ:

А	Б

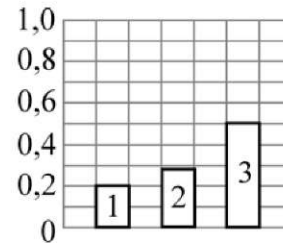
19

В результате серии радиоактивных распадов ядро урана  ${}_{92}^{234}\text{U}$  превращается в ядро радона  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ . На сколько отличается количество протонов и нейтронов в этих ядрах урана и радона?

Разность числа протонов	Разность числа нейтронов

20

Какой цифрой обозначен на диаграмме столбик, соответствующий доле атомов радиоактивного изотопа, распавшихся по прошествии интервала времени, равного половине периода полураспада?



Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Электрон в атоме водорода перешёл с высокой стационарной орбиты (с большим номером  $n$ ) на более низкую стационарную орбиту (с меньшим номером  $n$ ). Как в результате этого изменились модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром и полная энергия электрона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

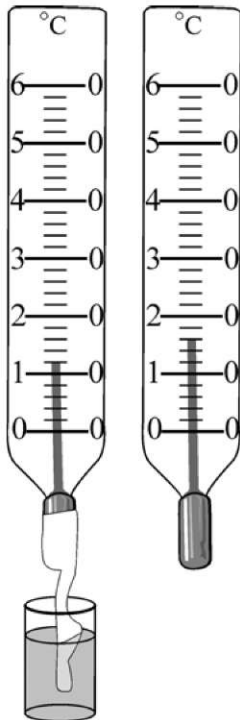
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы электрического взаимодействия

Полная энергия электрона

22

Используя данные рисунка (показания влажного и сухого термометров и психрометрическую таблицу, определите температуру и относительную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры (запишите два числа подряд, не разделяя их знаками; сначала укажите температуру).



Температура сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Ответ:

--	--

23

Необходимо экспериментально изучить зависимость силы электрического тока, текущего в неразветвлённой цепи, от ЭДС батареи, входящей в состав этой цепи. Какие две схемы электрической цепи следует использовать для проведения такого исследования? Запишите в таблицу номера выбранных установок.



24

Вам даны элементы орбит некоторых астероидов.

№	Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет	Наклонение орбиты, °
1	1999 XS35	18	0,95	19
2	2004 YH32	8,2	0,56	79
3	Диоретса	24	0,9	160
4	Атира	0,74	0,32	26
5	Флора	2,2	0,16	5,9
6	Гектор	5,2	0,022	18
7	Иксион	40	0,24	20

Выберите два утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам.

- 1) 2004 YH32 принадлежит поясу Койпера.
- 2) В этом списке только у одного астероида период обращения вокруг Солнца больше 100 лет.
- 3) Атира ближе всех подходит к Солнцу.
- 4) 21999 XS35 выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 5) Диоретса обращается вокруг Солнца по ретроградной орбите (в сторону противоположную движению Земли).

Ответ:

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

Камень массой 40 г брошен под углом  $60^\circ$  к горизонту. Модуль импульса камня в момент броска равен  $0,4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ . Чему равна кинетическая энергия камня в верхней точке траектории его движения? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

26

Один литр жидкого неона находится при температуре своего кипения  $-246^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты нужно сообщить этому количеству неона для того, чтобы при постоянном давлении перевести его в газ, имеющий температуру  $0^\circ\text{C}$ ? Плотность жидкого неона  $1200 \text{ кг/м}^3$ , его удельная теплота испарения  $164 \text{ кДж/кг}$ . Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

27

Два когерентных источника света располагаются на некотором расстоянии друг от друга. Длины волн, излучаемых каждым из источников, равны 600 нм. На соединяющем источники отрезке находится точка, для которой разность фаз между исходящими из источников волнами равна  $3\pi$ . Что равно расстояние от этой точки до середины указанного отрезка?

Ответ: \_\_\_\_\_ мкм.

*Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

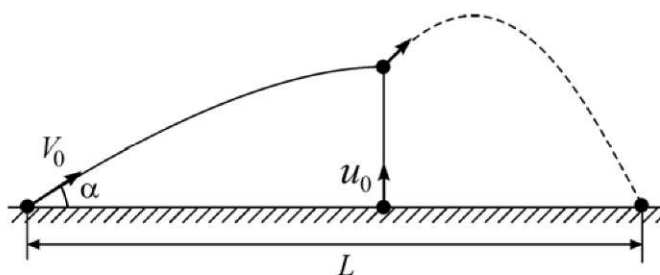
28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнга оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилась площадь поверхности моря, которую можно было обозревать? Считайте, что радиус Земли гораздо больше высоты мачты.

*Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

29

Небольшое тело бросили под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонтальной плоскости с начальной скоростью  $V_0 = 40$  м/с. В верхней точке траектории в него попало другое тело такой же массы, брошенное с той же плоскости вертикально вверх с начальной скоростью  $u_0 = 25$  м/с, и оба тела в результате абсолютно неупругого удара слиплись и полетели дальше вместе (см. рисунок). На каком расстоянии  $L$  от места броска первого тела слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость? Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа.

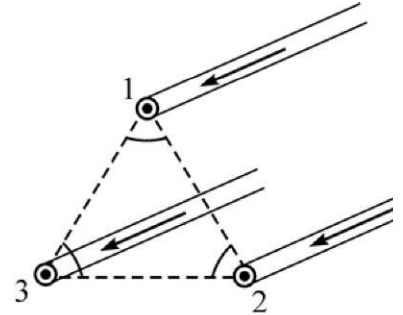


30

Морозильная камера установлена на кухне, где температура равна  $t_1 = +20^\circ\text{C}$  и потребляет в течение длительного времени среднюю мощность  $P = 700\text{ Вт}$ , обеспечивая внутреннюю температуру  $t_2 = -18^\circ\text{C}$ . Оцените мощность подвода теплоты в камеру из окружающей среды, считая, что морозильник работает по обратному циклу Карно (то есть за счёт совершаемой двигателем работы забирает теплоту от содержимого камеры и «перекачивает» в окружающую среду).

31

Три параллельных тонких длинных провода в сечении перпендикулярной им плоскости находятся в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок), и по ним текут в одном направлении одинаковые токи. Во сколько раз изменится по модулю сила Ампера, действующая на единицу длины провода №1 со стороны проводов №2 и 3, если направление тока в проводе №2 изменить на противоположное и увеличить его в 2 раза?



32

«Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света преломляющих поверхностей оптических систем, например от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какова минимальная толщина  $d$  должна иметь эта плёнка для того, чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека жёлто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе  $\lambda = 560\text{ нм}$ , если показатель преломления плёнки при этой длине волны  $n_{\text{пл}} = 1,4$ ? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.