



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

#### ***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 эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Астрономические величины</b>			
средний радиус Земли		$R_{\oplus} = 6370$ км	
радиус Солнца		$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$ м	
температура поверхности Солнца		$T = 6000$ К	
<b>Плотность</b>			
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>
<b>Удельная теплоёмкость</b>			
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)		
<b>Удельная теплота</b>			
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		
<b>Нормальные условия:</b> давление – $10^5$ Па, температура – 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Цифры в последовательности записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 Точечное тело начинает движение из состояния покоя и движется равноускоренно вдоль оси  $Ox$  по гладкой горизонтальной поверхности. Используя таблицу, определите значение проекции на ось  $Ox$  ускорения этого тела.

Момент времени $t, \text{с}$	Координата тела $x, \text{м}$
0	2
3	6,5
4	10

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$

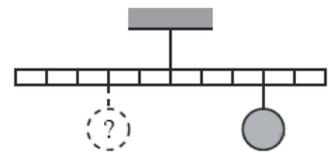
2 Точечное тело движется по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы, направленной вдоль оси  $Ox$ . Известно, что проекция импульса этого тела на указанную ось изменяется со временем по закону:  $p_x = -4 + t$ . Чему равен модуль силы, действующей на это тело?

Ответ \_\_\_\_\_ Н.

3 Самосвал массой  $m_0$  при движении на пути к карьере имеет кинетическую энергию  $2,5 \cdot 10^5$  Дж. Какова его кинетическая энергия после загрузки, если он двигался с прежней скоростью, а масса его увеличилась в 2 раза?

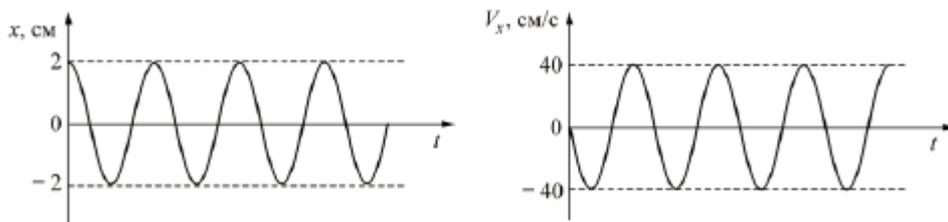
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

4 Тело массой 0,2 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг

5 Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает вертикальные колебания. На рисунке изображены графики зависимости смещения груза  $x$  и проекции скорости груза  $V_x$  от времени  $t$ .



На основании анализа приведённых графиков, выберите два верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Круговая частота  $\omega$  колебаний груза равна 40 рад/с.
- 2) Период колебаний груза равен  $(0,1\pi)$  с.
- 3) Максимальное ускорение груза равно по модулю  $800 \text{ см/с}^2$ .
- 4) Масса груза равна 1 кг.
- 5) Максимальная потенциальная энергия упругой деформации пружины равна 4 кДж.

Ответ: 

--	--

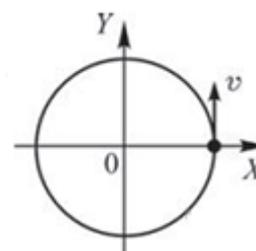
6 В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую скорость его движения уменьшается. Как изменяются при этом центростремительное ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

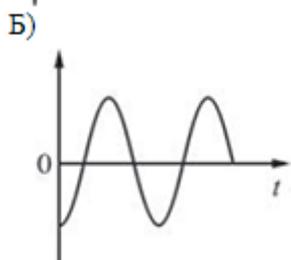
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение спутника	Период обращения спутника вокруг Земли

7 Материальная точка равномерно движется по окружности. В момент времени  $t=0$  точка была расположена и двигалась так, как показано на рисунке. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) Проекция скорости на ось ОХ
- 2) Проекция скорости на ось ОУ
- 3) Проекция ускорения на ось ОХ
- 4) Проекция ускорения на ось ОУ

А	Б

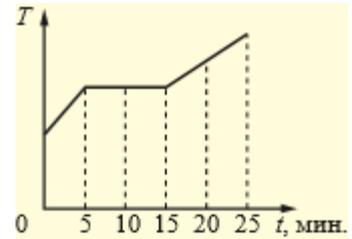
8 Какая масса воздуха выйдет из комнаты, если температура воздуха возросла с  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Объём комнаты  $60\text{ м}^3$  давление нормальное. Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

9 Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 40%. Какова будет относительная влажность, если перемещением поршня объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

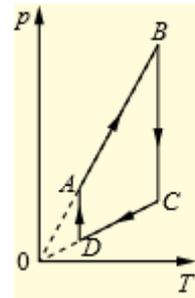
Ответ \_\_\_\_\_%

10 Для плавления куска льда при температуре его плавления требуется количество теплоты, равное 3 кДж. Этот кусок льда внесли в тёплое помещение. Зависимость температуры льда от времени представлена на рисунке. Определите среднюю тепловую мощность, подводимую к куску льда в процессе плавления.



Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

11 На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $p$ - $T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.



Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) Газ за цикл совершает положительную работу.
- 2) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
- 3) В процессе BC внутренняя энергия газа уменьшается.
- 4) В процессе CD над газом совершают работу внешние силы.
- 5) В процессе DA газ изотермически расширяется.

Ответ:

--	--

12 Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру холодильника тепловой машины повысили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения

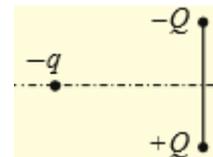
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

13

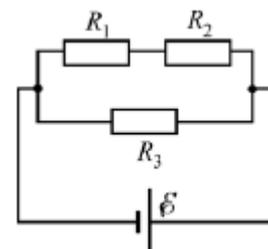
Отрицательный заряд  $-q$  находится в поле двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) ускорение заряда  $-q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_

14

Какая мощность выделяется в резисторе  $R_2$ , включённом в электрическую цепь, схема которой изображена на рисунке? (Ответ дать в ваттах.)  $R_1 = 3$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 1$  Ом, ЭДС источника 5 В, внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.



Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

15

Число витков в первичной обмотке трансформатора в 2 раза больше числа витков в его вторичной обмотке. Какова амплитуда колебаний напряжения на концах вторичной обмотки трансформатора в режиме холостого хода при амплитуде колебаний напряжения на концах первичной обмотки 50 В?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

16

Фокусное расстояние тонкой собирающей линзы равно  $F$ . На главной оптической оси слева от линзы на расстоянии  $a = 2,5F$  от неё находится точечный источник света. Горизонтальная ось  $Ox$  совпадает с главной оптической осью линзы.

Выберите два верных утверждения.

1) Изображение точечного источника света будет находиться справа от линзы на расстоянии  $b > a$  от неё.

2) Если линзу переместить вдоль главной оптической оси так, что расстояние от точечного источника света до линзы уменьшится на величину  $l = F$ , то изображение источника будет находиться справа от линзы на расстоянии  $b > a$  от неё.

3) Если линзу переместить вдоль главной оптической оси так, что расстояние от точечного источника света до линзы станет равным  $3,5F$ , то изображение источника будет находиться справа от линзы на расстоянии  $b > a$  от неё.

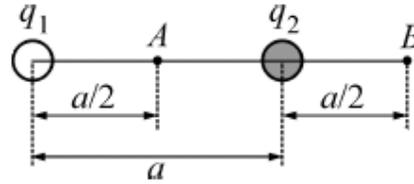
4) Если линзу сместить перпендикулярно главной оптической оси, не изменяя расстояния  $a$  от точечного источника света до линзы, то оптическая сила линзы не изменится.

5) Если линзу повернуть относительно главной оптической оси на угол  $\alpha$ , то изображение точечного источника света повернется относительно оси  $Ox$  на угол  $2\alpha$ .

Ответ:

17

Два одинаковых маленьких шарика с электрическими зарядами  $q_1 = 3 \text{ мкКл}$  и  $q_2 = -1 \text{ мкКл}$  удерживаются на расстоянии  $a = 4 \text{ м}$  друг от друга. Шарики соединяют на короткое время длинным тонким проводником. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: электрический заряд первого шарика; модуль напряжённости электростатического поля, создаваемого обоими шариками в точке  $B$ .



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

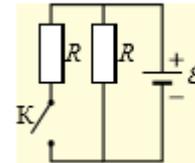
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Электрический заряд первого шарика	Модуль напряжённости электростатического поля, создаваемого обоими шариками в точке $B$

18

На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\varepsilon$  – ЭДС источника тока;  $R$  – сопротивление резистора).



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила тока через источник при замкнутом ключе К  
 Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе К

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{\varepsilon}{4R}$
- 2)  $\frac{2\varepsilon}{R}$
- 3)  $\frac{\varepsilon}{R}$
- 4)  $\frac{\varepsilon}{2R}$

Ответ:

А	Б

- 19 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7</sub>	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ 9 <sub>100</sub>	5	<b>B</b> БОР 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ 23 <sub>100</sub>	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 27 <sub>100</sub>
4	IV	<b>K</b> 19 КАЛИЙ 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>		<b>Sc</b> 21 СКАНДИЙ 45 <sub>100</sub>
	V	29 <b>Cu</b> МЕДЬ 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 <b>Zn</b> ЦИНК 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого стабильного изотопа Бора.

Число протонов	Число нейтронов

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

- 20 В пробирке в момент времени  $t_0 = 0$  находилось некоторое количество ядер радиоактивного изотопа. Через  $t_1 = 5$  мин в пробирке осталось 3416 мкмоль нераспавшихся ядер, а через  $t_2 = 17$  мин — 427 мкмоль нераспавшихся ядер. Чему равен период полураспада исходного изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ мин.

- 21 Установите соответствие между названиями постулатов и их формулировками. К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПОСТУЛАТЫ БОРА

- А) первый  
Б) второй

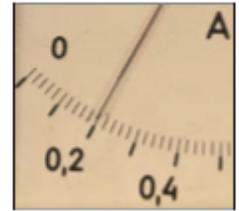
ИХ ФОРМУЛИРОВКИ

- 1) переходя из одного состояния в другое, атом излучает (поглощает) половину разности энергий в начальном и конечном состояниях
- 2) переходя из одного состояния в другое, атом излучает (поглощает) квант энергии, равный разности энергий в начальном и конечном состояниях
- 3) атом может находиться только в одном из двух возможных состояний
- 4) атом может находиться только в одном из состояний с определенным значением энергии

А	Б

22

Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) А.

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

23

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент трения скольжения стали по дереву. Для этого школьник взял стальной брусок с крючком. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) деревянная рейка
- 2) динамометр
- 3) мензурка
- 4) пластмассовая рейка
- 5) секундомер

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах

Название звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$5 \cdot 10^{-5}$
$\epsilon$ Возничего	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
$\alpha$ Центавра	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите утверждения, соответствующие характеристикам звезд

- 1) Звезда Сириус В относится к звездам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела;
- 2) Звезда Сириус А относится к звездам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела;
- 3) Звезда Ригель является сверхгигантом спектрального класса А;
- 4) Звезда Альдебаран имеет очень низкую плотность, поэтому относится к звездам карликам;
- 5) Звезда  $\alpha$  Центавра и наше Солнце расположены в непосредственной близости на диаграмме Герцшпрунга - Рассела;

Ответ:

## Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно  $227\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура холодильника  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную  $10\text{ кДж}$ . Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26 При подключении резистора с неизвестным сопротивлением к источнику тока с ЭДС  $10\text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $1\text{ Ом}$  напряжение на выходе источника тока равно  $8\text{ В}$ . Чему равно сопротивление резистора?

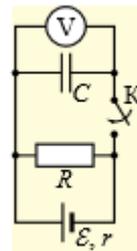
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

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 Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа К и опишите изменения его показаний после замыкания ключа К. Первоначально конденсатор не заряжен.

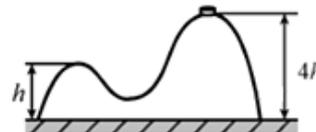


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 28 Деревянный шар привязан нитью ко дну цилиндрического сосуда с площадью дна  $S = 100\text{ см}^2$ . В сосуд наливают воду так, что шар полностью погружается в жидкость, при этом нить натягивается и действует на шар с силой  $T$ . Если нить перерезать, то шар всплывёт, а уровень воды изменится на  $h = 5\text{ см}$ . Найдите силу натяжения нити  $T$ .

29

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых  $h$  и  $4h$  (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. Масса горки в 8 раз больше массы шайбы. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость шайбы на левой вершине горки.



30

В комнате размером  $3 \times 5 \times 6$  м при температуре  $20^\circ\text{C}$  влажность воздуха равна 35 %. После включения увлажнителя воздуха, производительность которого равна  $0,36$  л/ч, влажность в комнате стала равна 70 %. За какое время это произошло? Давление насыщенного пара при  $20^\circ\text{C}$  равно  $2,33$  кПа.

31

По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 100$  г и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,1$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



32

В ходе эксперимента собирающую линзу перемещают вдоль главной оптической оси, оставляя неизменными положения предмета и экрана, при этом получают два резких изображения предмета, одно высотой 2 см, другое высотой 8 см. Какова высота предмета?