

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 $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/К}$
 плавления свинца $2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/К}$
 плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/К}$

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

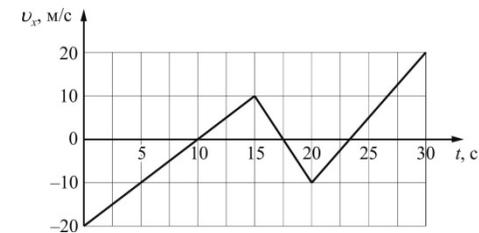
Молярная масса

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

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, 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 По графику зависимости проекции скорости на ось Ox от времени найдите проекцию ускорения на эту же ось в интервале времени 15–20 с.



Ответ: _____ м/с^2

2 Среднее расстояние между центрами Луны и Земли примерно 60 земных радиусов. Во сколько раз уменьшится сила гравитационного взаимодействия предмета массой 1 кг и Земли, если сначала предмет находится на поверхности Земли, а затем на лунной орбите?

Ответ: в _____ раз

3 Тело массой 2 кг, движущееся под действием постоянной силы, равной 2 Н, в конце 5-й секунды приобретает скорость 20 м/с. Какова начальная скорость тела?

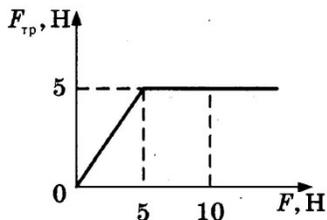
Ответ: _____ м/с



4 С помощью веревки, перекинутой через неподвижный блок, укрепленный под потолком, мальчик массой 50 кг может удерживать на весу мешок сахара массой 20 кг. Обе части веревки, перекинутой через блок, – вертикальны. С какой силой давит на пол мальчик?

Ответ: _____ Н

5 В лаборатории изучали свойства силы трения. На рисунке приведен график зависимости модуля силы трения, действующей на тело массой 1 кг, лежащее на горизонтальной опоре, от модуля горизонтальной силы, действующей на него. Выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают результаты этого опыта.



- 1) Максимальная сила трения, действующая на тело, равна 10 Н.
- 2) Сначала тело покоилось, а затем двигалось равномерно.
- 3) Если сила, действующая на тело, меньше 5 Н, тело покоится.
- 4) Коэффициент трения тела о плоскость равен 0,5.
- 5) Когда сила, действующая на тело, равна 10 Н, тело движется с ускорением 2 м/с².

Ответ:

--	--

6 На поверхности керосина плавает деревянный брусок, частично погруженный в жидкость. Как изменится сила Архимеда, действующая на брусок, и глубина погружения бруска, если он будет плавать в воде?

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.

Сила Архимеда	Глубина погружения бруска

7 Движение тела вдоль оси Ox задается уравнением $x(t) = 10 + 5t - 3t^2$. Величины выражены в СИ. Масса тела – 0,2 кг. 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

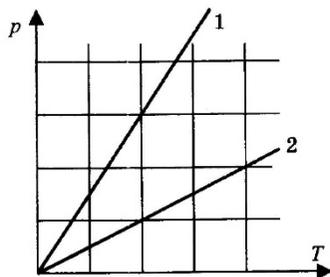
- | | |
|---------------------------------------|------------------------|
| А) перемещение тела $S(t)$ | 1) $10 + 5t$ |
| | 2) $0,1(5 + 6t)^2$ |
| Б) кинетическая энергия тела $E_k(t)$ | 3) $2,5 - 6t + 3,6t^2$ |
| | 4) $5t - 3t^2$ |

Ответ:

А	Б



8 На рисунке представлен график зависимости давления от температуры для двух идеальных газов.



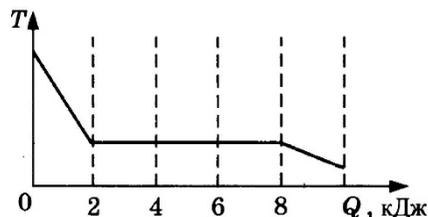
Чему равно отношение концентраций газов n_1/n_2 ?

Ответ: _____

9 У идеального газа забрали 300 Дж теплоты, и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 100 Дж. Чему равна работа, совершенная газом?

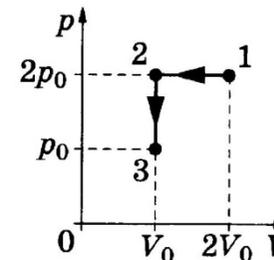
Ответ: _____ Дж

10 Зависимость температуры 0,2 кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты при остывании представлена на рисунке. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?



Ответ: _____ кДж/кг

11 Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объема V . Количество вещества газа при этом не меняется. Из приведенного ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующие процессы на графике, и укажите их номера.



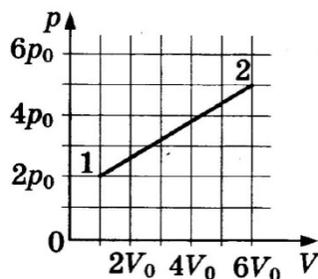
- 1) Абсолютная температура газа минимальна в состоянии 2.
- 2) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
- 3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 2 раза.
- 4) Концентрация газа минимальна в состоянии 1.
- 5) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа уменьшается в 4 раза.

Ответ:

--	--



- 12 Один моль идеального газа перевели из состояния 1 в состояние 2 так, как показано на p - V диаграмме. Установите соответствие между изменением температуры газа ΔT_{12} , его работой A в этом процессе и формулами, по которым их можно рассчитать (R – универсальная газовая постоянная).



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) изменение температуры газа ΔT_{12}

Б) работа газа A

ФОРМУЛЫ

1) $28 \frac{p_0 V_0}{R}$

2) $12 \frac{p_0 V_0}{R}$

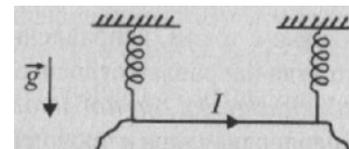
3) $17,5 p_0 V_0$

4) $12,5 p_0 V_0$

Ответ:

А	Б

- 13 По проводнику течет ток I . Проводник находится в равновесии в поле тяжести и магнитном поле. (см. рис.) Как направлено в области проводника однородное магнитное поле? *Ответ запишите словом (словами): вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.*



Ответ: _____

- 14 Два одинаковых металлических шарика заряжены положительными зарядами q и $4q$. Центры шариков находятся на некотором расстоянии друг от друга. Шары привели в соприкосновение. Во сколько раз необходимо увеличить расстояние между их центрами, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

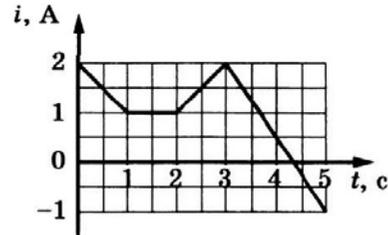
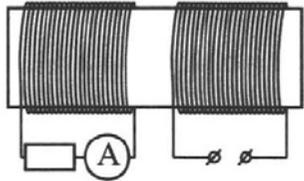
Ответ: _____ раз

- 15 Найдите энергию магнитного поля соленоида, если при силе тока 10 А в нем возникает магнитный поток 0,5 Вб.

Ответ: _____ Дж



- 16 На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите два верных утверждения. Индуктивностью катушек пренебречь.



Выберете **два** верных утверждения и укажите их номера.

- 1) В промежутке между 1 с и 2 с показания амперметра были равны 0.
- 2) В промежутках 0-1 с и 2-3 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Всё время измерений сила тока через амперметр была отлична от 0.
- 5) В промежутках 0-1 с и 2-3 с сила тока в левой катушке была одинаковой.

Ответ:

--	--

- 17 В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и вторым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

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.

Длина волны света, достигающего решетки	Угол между нормалью к решетке и вторым дифракционным максимумом

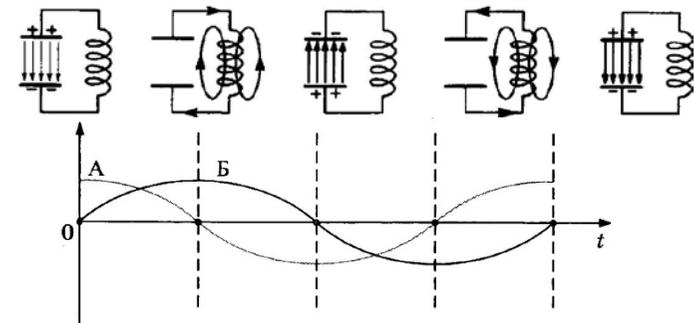
Ответ:

--	--

- 18 Схемы и графики на рисунке иллюстрируют свободные электромагнитные колебания. Колебания в контуре возникли при подключении концов катушки к обкладкам заряженного конденсатора (первая схема слева).

Установите соответствие между графиками А и Б и физическими величинами, значения которых в момент $t = \frac{1}{4}T$ приведено в списке.

СХЕМЫ И ГРАФИКИ



ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- 1) модуль силы тока в катушке максимален
- 2) модуль напряжения между обкладками конденсатора максимален
- 3) сила тока в катушке равна нулю
- 4) напряжение между обкладками конденсатора равно нулю

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими графикам буквами.

Ответ:

А	Б



19

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

2	II	Li	3	Be	4	5	B
		ЛИТИЙ 7 ₀₃ 6,74		БЕРИЛЛИЙ 9 ₁₀₀		БОР 11 ₈₀ 10,20	
3	III	Na	11	Mg	12	13	Al
		НАТРИЙ 23 ₁₀₀		МАГНИЙ 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀		АЛЮМИНИЙ 27 ₁₀₀	
4	IV	K	19	Ca	20	Sc	21
		КАЛИЙ 39 ₆₃ 41 ₃₇		КАЛЬЦИЙ 40 ₉₇ 44 _{2,1}		СЦИЛНИЙ 45 ₁₀₀	
	V	29	Cu	30	Zn	31	Ga
		МЕДЬ 63 ₆₉ 65 ₃₁		ЦИНК 64 ₄₀ 66 ₂₈ 68 ₁₀		ГАЛЛИЙ 69 ₆₀ 71 ₄₀	

Определите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного стабильного изотопа кальция.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

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

20

Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $\nu = 9 \cdot 10^{14}$ Гц и мощностью $P = 13,2 \cdot 10^{-14}$ Вт. За какое время детектор поглощает $N = 2 \cdot 10^6$ фотонов?

Ответ: _____ с

21

Монохроматический свет с энергией фотонов E_{ϕ} падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжении, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно $U_{зап}$. Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{зап}$ и частота $\nu_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов E_{ϕ} уменьшится, но фотоэффект не прекратится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- увеличивается
- уменьшается
- не изменится

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

Модуль запирающего напряжения $U_{зап}$	Частота $\nu_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта

Ответ:

A	B

22

С помощью ученической линейки измерили толщину стопки из 20 шайб. Толщина стопки оказалась (42 ± 1) мм. Определите толщину одной шайбы с учетом погрешности измерений.
 Ответ: (____ ± ____) мм

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

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 190204



23

Ученик изучает свойства пружинных маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице. Какие из маятников нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от жесткости пружины?

№ маятника	Жесткость пружины	Объем сплошного груза	Материал, из которого сделан груз
1	10 Н/м	10 см ³	Сталь
2	20 Н/м	50 см ³	Сталь
3	10 Н/м	50 см ³	Алюминий
4	40 Н/м	10 см ³	Сталь
5	50 Н/м	80 см ³	Дерево

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ:

24

На рисунке изображено положение нескольких звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Из приведенных ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.



- 1) Звезда Беллатрикс относится к белым звездам спектрального класса А.
- 2) Процион В относится к классу белых карликов.
- 3) Ахернар и α Центавра В находится на главной последовательности.
- 4) Сириус В и Сириус А находятся на главной последовательности.
- 5) Антарес и Арктур относятся к красным сверхгигантам.

Ответ:

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 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.

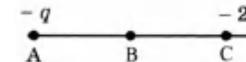
25

Небольшой груз массой 200 г совершает гармонические колебания по закону $x = 0,05 \cdot \sin(2\pi t)$. Чему равна максимальная кинетическая энергия груза? Ответ выразите в мДж, округлив до целых.

Ответ: _____ мДж

26

Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды $-q$ и $-2q$ ($|q| = 1$ нКл) расположены в точках А и С соответственно. Какой положительный заряд надо поместить в точку С взамен заряда $-2q$, чтобы модуль напряженности электрического поля в точке В увеличился в 2 раза?



Ответ: _____ нКл



- 27 Объектив какой оптической силы нужно взять для фотоаппарата, чтобы с самолета, летящего на высоте 5 км, сфотографировать местность в масштабе 1:20000? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ дптр

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

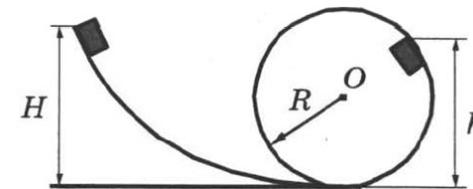
Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 Имеется два сосуда с водой. В первом сосуде плавает кусок льда, внутри которого находится кусочек свинца, а во втором – кусок льда, внутри которого находятся пузырьки воздуха. Как изменится уровень воды в каждом из сосудов, когда лед растает?

Ответ поясните, указав, какие физические закономерности были использованы.

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 Небольшой кубик массой $m = 1$ кг начинает соскальзывать с высоты $H = 3$ м по гладкой горке, переходящей в мёртвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли R , если на высоте $h = 2,5$ м от нижней точки петли кубик давит на её стенку с силой $F = 4$ Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.

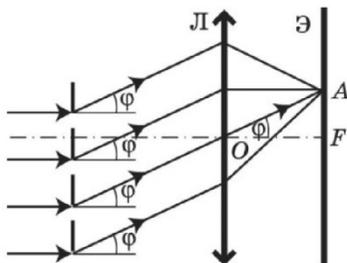


- 30 В комнате объемом $V = 50$ м³ воздух имеет температуру $t = 27$ °С и относительную влажность $\varphi_1 = 30\%$. Сколько времени должен работать увлажнитель воздуха, распыляющий воду с производительностью $\alpha = 2$ кг/ч, чтобы относительная влажность в комнате повысилась до $\varphi_2 = 70\%$? Давление насыщенных паров при этой температуре $p_n = 3565$ Па, молярная масса воды $M = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

- 31 Два одинаковых одноименно заряженных пластиковых шарика подвешены на тонких нитях равной длины в одной точке. Нити расходятся на некотором угле α . Когда шарики погрузили в жидкость, этот угол не изменился. Определите плотность жидкости, в которую опустили шарики. Плотность пластика 1200 кг/м³, диэлектрическая проницаемость жидкости равна $2,5$.



- 32 Период дифракционной решетки $d = 4$ мкм. Дифракционная картина наблюдается с помощью линзы L с фокусным расстоянием $F = 40$ см. Определите длину волны λ световой волны падающего нормально на решетку света, если первый максимум получается при небольшом угле на расстоянии $b = 5$ см от центрального.



О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»

Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100 баллов» <https://vk.com/ege100ballov> и безвозмездно распространяется для любых некоммерческих образовательных целей.

Нашли ошибку в варианте?

Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!

Для замечаний и пожеланий: https://vk.com/topic-10175642_39008096

(также доступны другие варианты для скачивания)

Список источников:

- открытый банк заданий ЕГЭ (фипи) <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-ege>
- варианты ЕГЭ прошлых лет
- образовательный интернет-ресурс <http://sverh-zadacha.ucoz.ru>
- Физика. Решение задач. Н.И. Зорин
- ЕГЭ 2018. Физика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ЕГЭ. О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина
- ЕГЭ. Физика. Сборник заданий для подготовки к ЕГЭ. Г.А. Никулова, А.Н. Москалев

- ЕГЭ. Физика. Высший балл. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ.
О. И. Громцева

- Практикум по выполнению типовых тестовых заданий ЕГЭ. С.Б. Бобошина, 2017



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–27

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25, 26 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5–7, 11, 12, 16–18 и 21, 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	-4	15	2,5
2	3600	16	15 51
3	15	17	22
4	300	18	41
5	34 43	19	2020
6	32	20	9
7	43	21	23
8	3	22	2,100,05
9	-400	23	14 41
10	30	24	23 32
11	34 43	25	10
12	13	26	1
13	от наблюдения	27	4
14	1,25		

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 28–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

28

Имеется два сосуда с водой. В первом сосуде плавает кусок льда, внутри которого находится кусочек свинца, а во втором – кусок льда, внутри которого находятся пузырьки воздуха. Как изменится уровень воды в каждом из сосудов, когда лед растает?

Ответ поясните, указав, какие физические закономерности были использованы.

Возможное решение

На кусок льда действуют уравнивающие друг друга сила тяжести и выталкивающая сила (сила Архимеда). Кусок льда со свинцом имеет массу, большую, чем кусок чистого льда того же объема. Значит, по закону Архимеда, кусок льда со свинцом глубже погружен в воду, чем чистый кусок льда. И вытесняет больший объем воды, чем тот, который займет вода, образовавшаяся при таянии льда. Поэтому, когда лед растает, уровень воды понизится (кусок свинца при этом упадет на дно, но его объем останется прежним, и он непосредственно уровня воды не изменит).

При наличии пузырьков воздуха лед имеет массу, меньшую, чем сплошной кусок льда того же объема. И, следовательно, погружен на меньшую глубину, чем сплошной кусок льда того же объема. Однако, поскольку массой воздуха можно пренебречь (по сравнению с массой льда), то кусок льда по-прежнему вытесняет воду, масса которой равна массе льда. И когда лед растает, уровень жидкости не изменится (когда лед растает, пузырьки поднимутся вверх и уйдут из воды).

Ответ: в 1-ом – уменьшится; во 2-ом – не изменится.

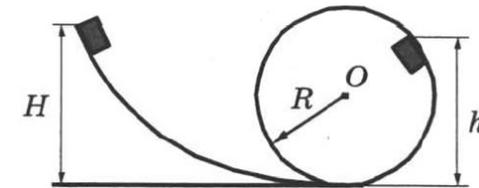
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильные объяснения и ответ, а также исчерпывающие вер-	3



ные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>равновесие сил</i> ; <i>закон Архимеда</i>).	
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p>	1

ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29 Небольшой кубик массой $m = 1$ кг начинает соскальзывать с высоты $H = 3$ м по гладкой горке, переходящей в мёртвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли R , если на высоте $h = 2,5$ м от нижней точки петли кубик давит на её стенку с силой $F = 4$ Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



Возможное решение

1) Пусть скорость кубика на высоте h равна v , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по закону сохранения механической энергии

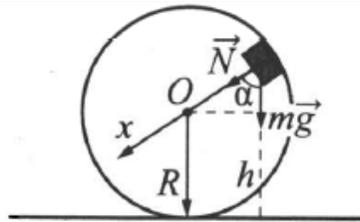
$$mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh, \text{ откуда } v^2 = 2g(H - h).$$

2) Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное (ось Ox) направление в момент, когда кубик находится на высоте h :

$$Mg\cos\alpha + N = \frac{mv^2}{R}, \text{ где } \frac{v^2}{R} = a_{ц} - \text{центробежное ускорение кубика в этой точке.}$$

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 190204





3) По третьему закону Ньютона $N = F$.
Из рисунка видно, что $\cos\alpha = (h - R)/R$.
Подставляя это в формулу второго закона Ньютона из п. 2 получим:
 $R = \frac{m(gh - v^2)}{mg - F}$. Подставим в последнюю дробь значение v^2 из п. 1:
 $R = \frac{mg(3h - 2H)}{mg - F} = 2,5 \text{ м.}$

Ответ: $R = 2,5 \text{ м.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии; второй закон Ньютона, центростремительное ускорение; третий закон Ньютона</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следую-	2

щих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла Максимальный балл	0 3

30 В комнате объемом $V = 50 \text{ м}^3$ воздух имеет температуру $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительную влажность $\varphi_1 = 30\%$. Сколько времени должен работать увлажнитель воздуха, распыляющий воду с производительностью $\alpha = 2 \text{ кг/ч}$, чтобы



относительная влажность в комнате повысилась до $\varphi_2 = 70\%$? Давление насыщенных паров при этой температуре $p_n = 3565$ Па, молярная масса воды $M = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Возможное решение	
<p>Относительная влажность воздуха $\varphi_1 = p_1/p_n = 0,3$. Здесь $p_1 = \varphi_1 p_n$ – давление ненасыщенных водяных паров. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона: $p_1 V = (m/M)RT$, откуда масса водяных паров $m_1 = \frac{p_1 M V}{RT} = \frac{\varphi_1 p_n V M}{RT}$. После работы увлажнителя воздуха давление и масса водяных паров: $p_2 = \varphi_2 p_n$, $m_2 = \frac{\varphi_2 p_n V M}{RT}$. Следовательно, испарилось $(m_2 - m_1)$ воды. Для этого потребовалось время: $t = (m_2 - m_1)/\alpha = \frac{p_n V M}{\alpha RT} (\varphi_2 - \varphi_1) = 0,26$ ч = 15,5 мин.</p> <p>Ответ: $t = 15,5$ мин.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>относительная влажность воздуха; уравнение Менделеева-Клапейрона</i>). II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые</p>	2

<p>преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

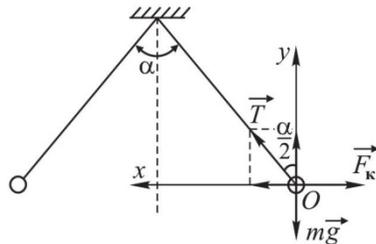


31

Два одинаковых одноименно заряженных пластиковых шарика подвешены на тонких нитях равной длины в одной точке. Нити расходятся на некоторый угол α . Когда шарики погрузили в жидкость, этот угол не изменился. Определите плотность жидкости, в которую опустили шарики. Плотность пластика 1200 кг/м^3 , диэлектрическая проницаемость жидкости равна $2,5$.

Возможное решение

1) Шарик покоится, следовательно, его ускорение $a = 0$.



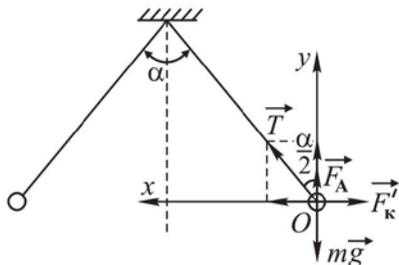
Тогда второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy примет вид:

$$\begin{cases} Ox: T \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - F_k = 0 \\ Oy: T \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - mg = 0. \end{cases} \quad \text{Откуда: } \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F_k}{mg}$$

Здесь F_k – сила Кулона взаимодействия шариков.

2) Когда шарик погрузили в жидкость кулоновская сила уменьшилась в ϵ раз, т.к. $F_k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2}$. А также начала действовать архимедова сила F_A . Тогда

$$\begin{cases} Ox: T \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - F'_k = 0 \\ Oy: T \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + F_A - mg = 0. \end{cases}$$



Отсюда $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F'_k}{mg - F_A}$. Учитывая, что $F'_k = F_k/\epsilon$ и $F_A = \rho_{жс}gV = \rho_{жс}gm/\rho_{пл}$

получим: $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F_k}{\epsilon(mg - mg \frac{\rho_{жс}}{\rho_{пл}})} = \frac{F_k}{\epsilon mg (1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_{пл}})}$

3) Т.к. Шарики в обоих случаях разошлись на тот же угол α ,

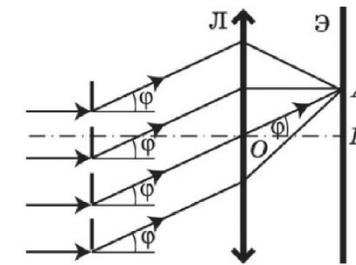
то: $\frac{F_k}{mg} = \frac{F_k}{\epsilon mg (1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_{пл}})}$. Откуда $\rho_{жс} = \frac{\rho_{пл}(\epsilon - 1)}{\epsilon} = 720 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $\rho_{жс} = 720 \text{ кг/м}^3$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае <i>второй закон Ньютона, закон Кулона, сила Архимеда</i>).</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычис-</p>	2



<p>лениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3



Возможное решение	
<p>Пусть направление на первый максимум характеризуется углом φ, тогда по формуле дифракционной решетки $d \sin \varphi = k \lambda = \lambda$, так как $k = 1$. Из ΔOAF: $\operatorname{tg} \varphi = AF/OF = b/F$. При малых φ $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx b/F$, поэтому $\lambda = db/F = 0,5$ мкм.</p> <p>Ответ: $\lambda = 0,5$ мкм.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула дифракционной решетки</i>); II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей, их преломление и отражения; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, фи-</p>	2

32

Период дифракционной решетки $d = 4$ мкм. Дифракционная картина наблюдается с помощью линзы Л с фокусным расстоянием $F = 40$ см. Определите длину волны λ световой волны падающего нормально на решетку света, если первый максимум получается при небольшом угле на расстоянии $b = 5$ см от центрального.



<p>зические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказан-</p>	0

ным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	
<i>Максимальный балл</i>	3

