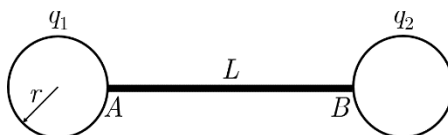


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2026–2027 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Максимальный балл за работу – 30.

Задание 1. Вариант 1.

Два диэлектрических шарика одинакового радиуса $r = 12$ мм закреплены на концах тонкого диэлектрического стержня длиной $L = AB = 25$ см. По объёму одного шарика равномерно распределили заряд $q_1 = +2$ нКл, по объёму другого – заряд $q_2 = -4$ нКл. Считайте, что шарики расположены в идеальной непроводящей среде. Значение постоянного коэффициента в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



а) Как взаимодействуют между собой шарики с зарядами q_1 и q_2 ?

- Притягиваются
- Отталкиваются
- Не взаимодействуют
- Могут как притягиваться, так и отталкиваться

б) Определите величину (модуль) силы электростатического взаимодействия шариков сразу после размещения зарядов на них. Ответ выразите в микроニュтонах, округлите до сотых.

в) Определите модуль разности потенциалов между точками A и B – концами диэлектрического стержня сразу после размещения зарядов на шариках. Ответ выразите в киловольтах, округлите до десятых.

г) Диэлектрический стержень обладает гигантским сопротивлением $R = 500$ ГОм. Тем не менее, по нему заряды могут перетекать от одного шарика к другому. Определите силу тока в стержне сразу после того, как шарики зарядили. Ответ выразите в наноамперах, округлите до десятых.

д) Спустя длительное время система зарядов приходит в равновесие и ток исчезает. Какой суммарный заряд перетечёт по стержню к моменту установления равновесия? Ответ выразите в нанокулонах, округлите до десятых.

Матрица параметров к вариантам задания 1.

№ варианта	r, мм	L, см	q_1, нКл	q_2, нКл	R, ГОм
1	12	25	2	−4	500
2	8	30	1	3	700
3	17	42	9	4	185
4	14	14	−6	2	820
5	6	20	−3	−4	300
6	10	32	8	−4	460
7	15	35	−7	−10	250
8	11	18	−3	4	620
9	9	24	5	−1	330
10	12	36	6	2	155
11	13	28	−5	−7	115
12	16	22	−8	4	590
13	8	34	4	5	120
14	14	19	−6	3	800
15	15	45	−7	−2	290
16	17	34	7	3	430
17	16	30	4	−5	850
18	10	27	−5	3	720
19	9	21	6	−4	890
20	13	26	6	2	560

Задание 2. Вариант 1.

Учитель ведёт урок в закрытом кабинете объёмом $V = 220 \text{ м}^3$. В кабинете находятся $N = 19$ человек (18 учеников и сам учитель). Температура воздуха в помещении равна $t = 23^\circ\text{C}$ и остаётся постоянной на протяжении всего урока. Начальная относительная влажность воздуха $\varphi_0 = 30 \%$.

Люди, находящиеся в кабинете, увеличивают влажность воздуха за счёт дыхания и испарения влаги с поверхности кожи. Считайте, что за $\tau = 45$ мин урока каждый человек выделяет в воздух $m = 40$ г водяного пара. Считайте давление водяного пара по всему объёму одинаковым. Кабинет считайте герметичным.

При расчётах используйте следующие значения:

- универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;
- молярная масса водяного пара $M = 18 \text{ г/моль}$;
- давление насыщенного водяного пара при температуре $t = 23^\circ\text{C}$ равно $p_{\text{нас}} = 2,81 \text{ кПа}$;
- плотность воды $\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$;
- абсолютный нуль температуры $t_0 = -273^\circ\text{C}$.

а) На сколько процентных пунктов увеличится относительная влажность воздуха в кабинете за 45 минут? Например, если начальная влажность была 20 %, а стала 28 %, ответом является 8. Ответ округлите до десятых. Считайте, что конденсация пара не происходит — вся испарившаяся вода остаётся в воздухе.

б) Каким при этом станет парциальное давление водяного пара? Дайте ответ в кПа с округлением до сотых долей.

в) Дело происходит зимой, поэтому температура воздуха вблизи оконного стекла значительно ниже, чем в основной части кабинета, и составляет $t_{\text{ст}} = 13,2^\circ\text{C}$.

Давление насыщенного водяного пара (в кПа) зависит от температуры t в градусах Цельсия по формуле Магнуса:

$$p_{\text{нас}}(t) = 0,611 \text{ кПа} \cdot e^{\frac{17,27 \cdot t}{t+237,3}}$$

Чему равно давление насыщенного водяного пара при температуре $t_{\text{ст}}$? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до сотых.

г) Во время перемены учитель и все ребята остались на своих местах, чтобы обсудить подготовку к празднику, а сразу после обсуждения начался второй урок. Через какое время после начала первого урока окна начнут запотевать? Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Считайте, что скорость испарения воды остаётся неизменной, а конденсация начинается, как только давление водяного пара у окна достигает давления насыщенного пара при температуре стекла.

д) После начала запотевания концентрация водяного пара вблизи окон и в остальной части помещения может различаться: у стекла она остаётся на уровне насыщения, а в основной части помещения может продолжать увеличиваться. Считайте, что всё тепло, выделяющееся при конденсации, отводится через оконное стекло на улицу, при этом температуры стекла и воздуха в помещении остаются постоянными.

Мощность тепловых потерь через окна составляет $P = 200$ Вт. Удельная теплота парообразования (конденсации) воды равна $L = 2,45$ МДж/кг. Определите скорость конденсации воды на окнах. Ответ выразите в мл/мин, округлите до десятых.

Матрица параметров к вариантам задания 2.

№ вари анта	$V, \text{м}^3$	N	N'	$t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$	$\varphi_0, \%$	$m, \text{г}$	$P, \text{Вт}$
1	220	19	18	13,2	30	40	200
2	180	21	20	14,5	32	35	400
3	230	23	22	12,4	25	50	250
4	190	16	15	13,8	35	40	300
5	200	26	25	11,7	22	45	350
6	170	18	17	14,1	28	38	180
7	240	29	28	15,3	33	39	450
8	155	20	19	12,8	21	48	220
9	210	25	24	14,8	29	43	480
10	250	31	30	13,5	24	32	160
11	175	17	16	13	35	39	420
12	195	28	27	15,6	23	47	280
13	165	22	21	14,3	31	36	330
14	225	30	29	11,3	27	33	380
15	185	24	23	13,9	23	50	270
16	160	27	26	15,9	23	45	310
17	205	19	18	10,8	32	34	460
18	235	16	15	14,6	34	54	200
19	215	29	28	11,9	21	33	430
20	245	31	30	12,2	30	31	500

Задание 3. Вариант 1.

Основным источником энергии на металлургических заводах XVIII века была энергия падающей воды. Обычно на реке строили плотину. Вода накапливалась в образовавшемся водоёме, а затем по специальным водоводам с высоты падала на водобойное колесо. Колесо, вращаясь, поворачивало вал. На другом конце вала имелось несколько выступов, которые по очереди упирались в конец рукоятки большого молота. Рукоятка



поворачивалась относительно неподвижной оси, и массивная рабочая часть молота поднималась вверх. Когда выступ соскальзывал с рукоятки, молот падал вниз и рабочей частью ударял по наковальне, располагаясь в этот момент горизонтально.

Даны характеристики завода в городе N .

Плотина: перепад высот между верхним краем плотины и осью колеса составляет $H = 6$ м. Объёмный расход воды, падающей на колесо, равен $Q = 40$ л/с. Скоростью воды в верхней части плотины пренебрегите, так как водохранилище имеет большую площадь.

Водяное колесо: радиус $R = 3.5$ м. Скорость, с которой движутся крайние точки колеса, $v = 1.6$ м/с.

Молот: масса рабочей части $m = 100$ кг, длина рукоятки $L = 5$ м. Ось вращения молота делит рукоятку в отношении 1 : 4 (как на рисунке). Массой рукоятки по сравнению с массой рабочей части пренебрегите.

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, ускорение свободного падения примите равным $g = 9.8$ м/с², $\pi = 3.14$.

а) Чему равно изменение потенциальной энергии воды, падающей с края плотины на уровень оси колеса за время $t = 1$ с? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

б) Столкновение воды с лопастями колеса можно считать абсолютно неупругим. Какое максимальное количество энергии (механической и тепловой) вода может передать колесу за время $t = 1$ с? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

в) Во время работы молота его рукоятка поворачивается на максимальный угол $\alpha = 30^\circ$ относительно горизонтального положения. Какая энергия при этом запасается в рабочей части молота за один подъём? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

г) До какой скорости разгоняется рабочая часть молота при падении на наковальню? Силу трения в осях и сопротивление воздуха не учитывайте. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

д) Чему равно КПД всего этого устройства (колесо и молот), если за один оборот колеса молот поднимается на максимальную высоту четыре раза? Полезной энергией считайте энергию удара молота, а затраченной – изменение потенциальной энергии воды. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Матрица параметров к вариантам задания 3.

№ варианта	H , м	Q , л/с	R , м	v , м/с	m , кг	L , м	α , °
1	6	40	3.5	1.6	100	5	30
2	5	41	4	1.7	110	5.1	31
3	5.25	42	4.25	1.8	120	5.2	32
4	5.5	43	4.5	1.9	130	5.3	33
5	5.75	44	4.75	2	140	5.4	34
6	6	45	5	2.1	150	5.5	35
7	6.25	46	5.25	2.2	160	5.6	36
8	6.5	47	5.5	2.3	170	5.7	37
9	6.75	48	5.75	2.4	180	5.8	38
10	7	49	6	2.5	190	5.9	39
11	7.25	50	6.25	2.6	200	6	30
12	7.5	51	6.5	2.7	190	6.1	31
13	7.75	52	6.75	2.8	180	6.2	32
14	8	53	7	2.9	170	6.3	33
15	8.25	54	7.25	3	200	6.4	34
16	8.5	55	7.5	3.1	190	6.5	35
17	8.75	56	7.75	3.2	180	6.6	36
18	9	57	8	3.3	170	6.7	37
19	9.25	58	8.25	3.4	200	6.8	38
20	9.5	59	8.5	3.5	190	6.9	39