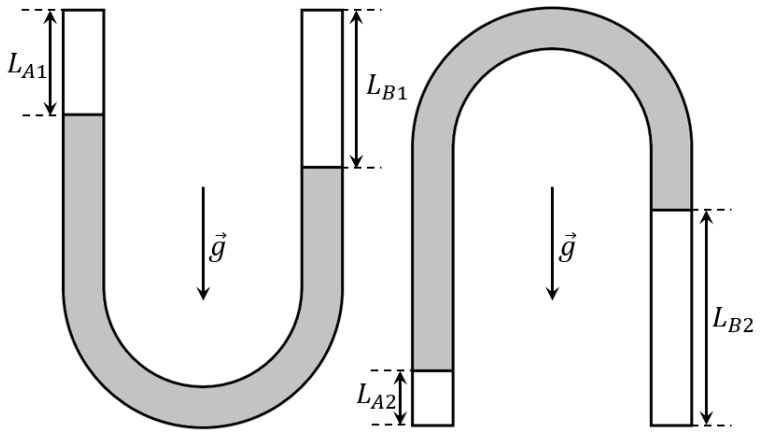
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2026–2027 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Максимальный балл за работу – 50 баллов.

Задание № 1.

TpUбка

В термостате расположена U-образная стеклянная трубка с постоянной площадью поперечного сечения. Длины обоих колен трубки одинаковы, оба конца трубки закрыты. В левом и правом коленах находятся гелий и азот соответственно, разделённые столбиком жидкости, который не разрывается при переворотах трубки. Пузырьки газа не могут перейти из одного колена в другое. Стенки трубки хорошо проводят теплоту, температура в термостате поддерживается постоянной.



Когда U-образная трубка стоит вертикально концами вверх, длины газовых столбов равны

$$L_{A1} = 12 \text{ см}, L_{B1} = 18 \text{ см}.$$

Когда трубка перевёрнута концами вниз, длина столба гелия равна

$$L_{A2} = 6 \text{ см}.$$

Плотность жидкости равна $\rho = 13{,}6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.

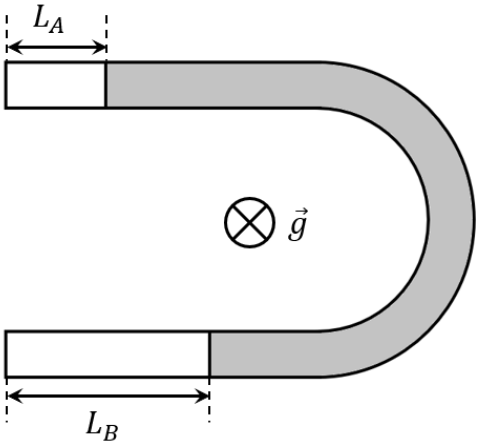
Вопрос 1. Определите длину L_{B2} столба азота после переворота трубки. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до целого числа.

Вопрос 2. Во сколько раз $n_A = \frac{p_{A2}}{p_{A1}}$ изменилось давление гелия после переворота трубки? Ответ дайте с точностью до сотых.

Вопрос 3. Какова разница давлений $p_{A2} - p_{B2}$ гелия и азота после переворота трубки? Ответ дайте в килопаскалях с точностью до десятых.

Вопрос 4. Найдите отношение ν_B/ν_A количества азота к количеству гелия. Ответ дайте с точностью до целого числа.

U-образную трубку положили на стол горизонтально.



Вопрос 5. Найдите длину L_A столба гелия в таком положении. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Вопрос 6. Найдите длину L_B столба азота в таком положении. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Вопрос 7. Каким стало давление газов p в таком положении? Ответ дайте в килопаскалях с точностью до десятых.

Абсолютную температуру в термостате увеличили в два раза ($T' = 2T$), оставив трубку в горизонтальном положении.

Вопрос 8. На сколько изменилась длина столба гелия после увеличения температуры в результате перехода в новое состояние термодинамического равновесия? Тепловым расширением жидкости пренебрегите. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до целого числа.

Матрица параметров к вариантам задания 1.

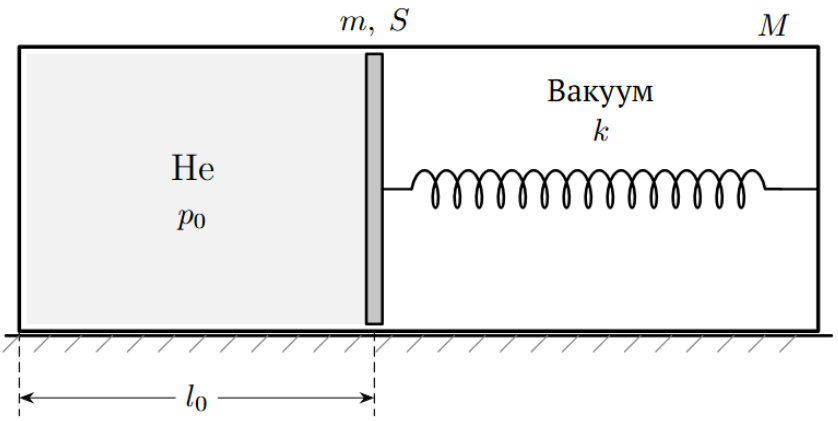
№ варианта	L_{A1}, см	L_{B1}, см	L_{A2}, см
1	12	18	6
2	16	24	8
3	14	21	7
4	18	27	9
5	10	15	5

Задание № 2.

Поршень и пружина

На гладкой горизонтальной поверхности находится цилиндрический сосуд массой $M = 4$ кг. Внутри него расположен поршень массой $m = 1$ кг и площадью $S = 100$ см^2, который может двигаться без трения вдоль оси цилиндра. Поршень соединён лёгкой горизонтальной пружиной с жесткостью k =1000 Н/м с правой стенкой сосуда. Справа от поршня – вакуум, слева – гелий, который можно считать идеальным одноатомным газом. Показатель адиабаты гелия $\gamma = \frac{5}{3}$.

Первоначально система находится в равновесии, расстояние от левой стенки цилиндра до поршня равно $l_0 = 40$ см, давление гелия равно $p_0 = 20$ кПа.



Стенки цилиндра и поршень теплоизолированы. Поршень плотно подогнан к стенкам цилиндра. Массой газа по сравнению с m и M можно пренебречь. Цилиндр достаточно длинный: поршень не сталкивается с его торцами.

Удерживая цилиндр неподвижным, поршень медленно перемещают влево до положения, в котором расстояние между поршнем и левой стенкой равно $l = l_0/2$. Известно, что пружина в этом положении не деформирована. Затем поршень и цилиндр одновременно отпускают без начальных скоростей в момент времени $t_0 = 0$ с. Считайте процессы, происходящие с гелием, квазистационарными.

Вопрос 1. Чему равна внутренняя энергия U_0 гелия в момент времени $t_0 = 0$ с? Ответ дайте в джоулях с точностью до целого числа.

Вопрос 2. Определите модуль максимальной скорости V_{max} цилиндра при движении системы. Ответ дайте в метрах в секунду с точностью до сотых.

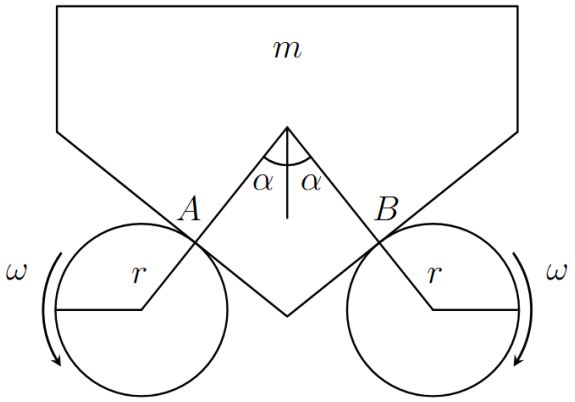
Матрица параметров к вариантам задания 2.

№ варианта	M, кг	m, кг	S, см²	l_0, см	p_0, кПа	k, Н/м
1	4	1	100	40	20	1000
2	6	2	120	60	25	1000
3	5	1	80	40	30	1200
4	8	2	150	50	30	1800
5	7	3	100	50	50	2000

Задание № 3.

Транспортировка грузов

Груз массой $m = 5$ кг симметрично установлен на двух одинаковых параллельных цилиндрах радиуса $r = 10$ см, оси которых расположены в одной горизонтальной плоскости. Груз соприкасается с цилиндрами в точках A и B. Радиусы, проведённые к точкам контакта, образуют с вертикалью одинаковые углы $\alpha = 55°$.



Коэффициент трения скольжения между грузом и поверхностями цилиндров равен $\mu = 0{,}8$. Цилиндры могут вращаться вокруг своих осей с одинаковой по модулю угловой скоростью $\omega = 20$ рад/с. Считайте, что груз остаётся симметрично расположенным относительно цилиндров.

К грузу прикладывают горизонтальную силу F, направленную вдоль осей цилиндров, заставляя его двигаться равномерно со скоростью $v_0 = 3{,}0$ м/с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

В первой части задачи цилиндры вращаются в направлениях, показанных на рисунке.

Вопрос 1. Определите скорость V скольжения поверхности груза в точках касания с цилиндром относительно поверхности каждого цилиндра в точках контакта. Ответ дайте в метрах в секунду с точностью до сотых.

Вопрос 2. Пусть N – сила нормальной реакции, действующая на груз со стороны одного цилиндра, а N_0 – аналогичная сила, действующая в случае невращающихся цилиндров. Найдите отношение $n = \frac{N_0}{N}$. Ответ дайте с точностью до сотых.

Вопрос 3. Найдите величину силы F, которую необходимо прикладывать вдоль осей цилиндров, чтобы равномерно перемещать груз вдоль вращающихся цилиндров со скоростью v_0. Ответ дайте в ньютонах с точностью до десятых.

Теперь направления вращения обоих цилиндров изменяют на противоположные. Модули угловых скоростей остаются равными $\omega = 20$ рад/с.

Вопрос 4. Предполагая, что груз по-прежнему движется равномерно вдоль осей цилиндров в том же направлении со скоростью v_0, определите необходимую для поддержания подобного движения внешнюю силу F', направленную вдоль осей цилиндров. Ответ дайте в ньютонах с точностью до десятых.

Вопрос 5. При определённых значениях параметров системы движение груза становится невозможным в рамках рассматриваемой модели, поскольку силы трения неограниченно возрастают – возникает явление самозаклинивания. Какова минимально возможная скорость поступательного движения груза $v_{0,min}$? Ответ дайте в метрах в секунду с точностью до сотых.

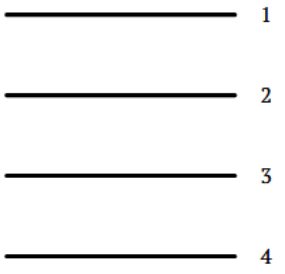
Матрица параметров к вариантам задания 3.

№ варианта	m, кг	r, см	α, °	μ	ω, рад/с	v_0, м/с
1	5	10	55	0,8	20	3
2	4	8	55	0,75	15	2,5
3	6	6	65	0,65	25	2,5
4	3	12	65	0,7	12	3
5	8	10	55	0,9	18	3,5

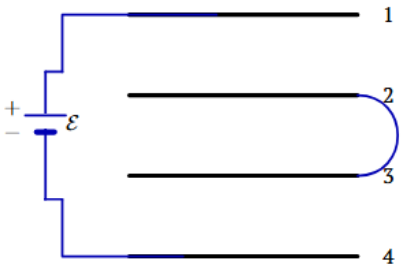
Задание № 4.

Пластины и перемычка

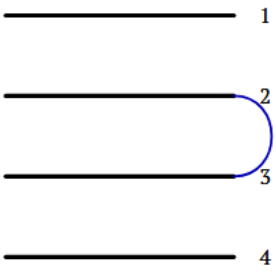
Четыре одинаковые незаряженные квадратные металлические пластины площадью $S = 100\ \text{см}^2$ каждая расположены в вакууме горизонтально, параллельно друг другу. Расстояния между соседними пластинами равны $d = 1{,}0$ мм. Пластины пронумерованы сверху вниз от 1 до 4. Электрическая постоянная равна $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \frac{\Ф}{\text{м}}$.



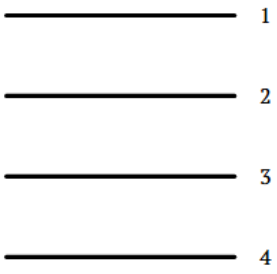
Пластины



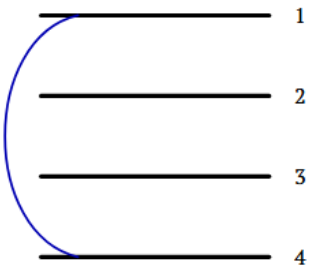
I. Подключены источник и перемычка



II. Источник отключён



III. Удалена перемычка



IV. Соединены 1 и 4

Над системой последовательно выполняют следующие действия.

I. Пластины 1 и 4 подключают к источнику постоянной ЭДС $\mathcal{E} = 600$ В (пластину 1 – к положительному полюсу), а пластины 2 и 3 соединяют проводником.

II. От пластин 1 и 4 отключают источник напряжения.

III. Проводник между пластинами 2 и 3 удаляют.

IV. Пластины 1 и 4 соединяют проводником и дожидаются установления равновесного распределения зарядов по пластинам.

При решении можете пренебречь краевыми эффектами и собственными ёмкостями соединительных проводов. Сами пластины остаются неподвижными. Обозначим φ_i – потенциал i-й пластины. Величину $U_{ij} = \varphi_i - \varphi_j$ называют напряжением между i-й и j-й пластинами.

Вопрос 1. Найдите заряд q_1 первой пластины после действия I. Ответ дайте в нанокулонах с точностью до десятых.

Вопрос 2. Вычислите полную энергию $W_{\text{нач}}$ электрического поля системы после действия III. Ответ дайте в микроджоулях с точностью до десятых.

Вопрос 3. Найдите напряжение U_{34} после действия IV. Ответ дайте в вольтах с точностью до целого числа.

Вопрос 4. Найдите заряд Δq_{14}, прошедший по соединительному проводу от пластины 1 к пластине 4 за время действия IV. Ответ дайте в нанокулонах с точностью до десятых.

Вопрос 5. Определите модуль электростатической силы, действующей на пластину 1 после действия IV. Ответ дайте в миллиньютонах с точностью до сотых.

Вопрос 6. Найдите изменение энергии $\Delta W = W_{\text{кон}} - W_{\text{нач}}$ электрического поля системы за время действия IV. Ответ дайте в микроджоулях с точностью до десятых.

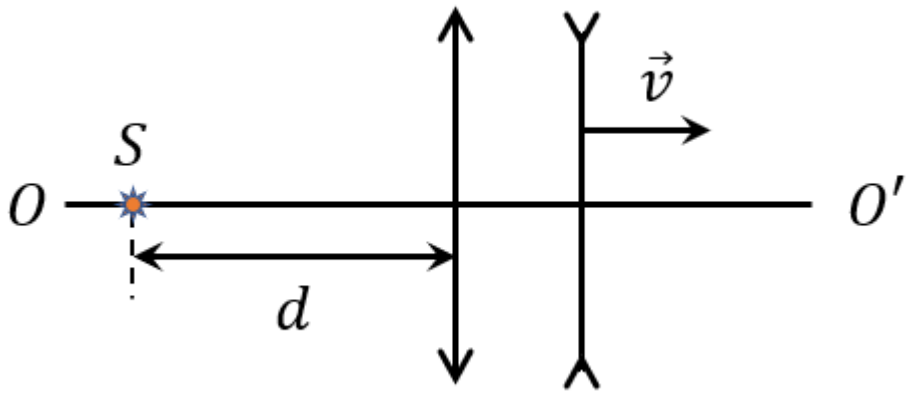
Матрица параметров к вариантам задания 4.

№ варианта	S, см²	d, мм	$\mathcal{E}$, В
1	100	1,0	600
2	144	1,2	900
3	225	1,5	1200
4	196	2,0	1500
5	256	1,6	1800

Задание № 5.

Система линз

Оптические оси собирающей и рассеивающей линз совпадают, их фокусные расстояния $F_1 = 70$ см и $F_2 = -50$ см соответственно. На оптической оси на расстоянии $d = 120$ см от собирающей линзы находится точечный источник света S. Изначально линзы плотно прижаты друг к другу. Рассеивающую линзу приводят в движение с постоянной скоростью $v = 2$ см/с.



Вопрос 1. На каком расстоянии f_1 от собирающей линзы находится изображение источника, создаваемое только собирающей линзой? Ответ дайте в сантиметрах с точностью до целого числа.

Вопрос 2. Через какой промежуток времени Δt_1 после начала движения изображение источника в системе двух линз станет действительным? Ответ дайте в секундах с точностью до целого числа.

Вопрос 3. В течение какого промежутка времени Δt_2 изображение источника в системе двух линз будет действительным? Ответ дайте в секундах с точностью до целого числа.

Вопрос 4. Чему равен модуль скорости $|u|$ движения изображения источника в системе двух линз в момент, когда расстояние между линзами равно $l = 120$ см? Ответ дайте в см/с с точностью до целого числа.

Вопрос 5. Найдите минимальное расстояние между линзами l_{min}, при котором мгновенная скорость изображения в системе линз равна нулю. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до целого числа.

Матрица параметров к вариантам задания 5.

№ варианта	F_1, см	F_2, см	d, см	v, см/с	l, см
1	70	−50	120	2	120
2	30	−20	60	2	45
3	40	−30	80	2	60
4	30	−10	75	1	42
5	24	−18	40	2	48