УТВЕРЖДАЮ
Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа
Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования

____________________Р.С. Сидоренко
«___» марта 2015 г.

Республиканская физическая олимпиада 2015 год
(Заключительный этап)

Теоретический тур

9 класс.

1. Полный комплект состоит из трех не связанных между собой заданий.

2. При оформлении работы каждую задачу начинайте с новой страницы. Первая половина тетради предназначена для чистовика, вторая - для черновика. При недостатке бумаги обращайтесь к оргкомитету!

3. Подписывать тетради и отдельные страницы запрещается.

4. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

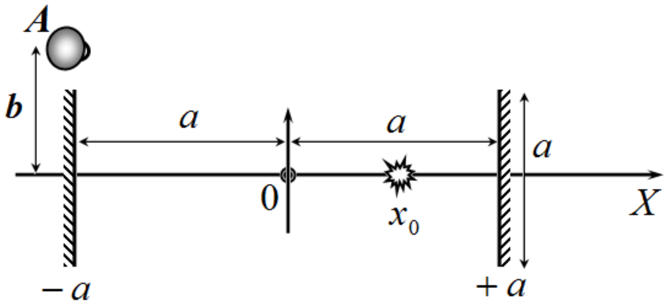
5. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к представителям Жюри.

Постарайтесь внимательно прочитать условия задач! Может вам покажется, что условия задач слишком длинные. Но мы сочинили их такими, чтобы Вам было легче решать. Поверьте, иногда решения короче таких условий! Не теряйте присутствия духа, смело беритесь за решение каждой задачи. Помните, оцениваются не только полные решения, но и их отдельные части и даже отдельные здравые мысли.

<u>9 класс</u>

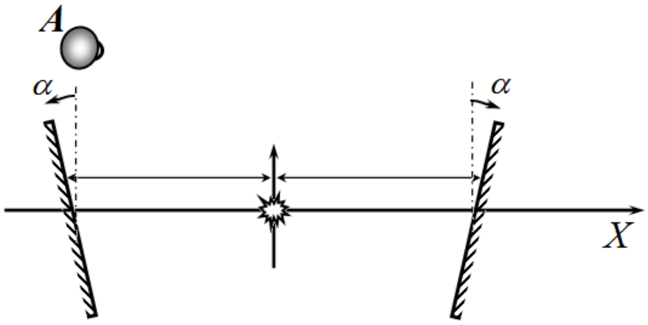
Задача 9-1. Зеркала

1.1 Два плоских зеркала расположены параллельно друг другу на расстоянии $2a$ и перпендикулярно оси OX, симметрично относительно этой оси. Координаты зеркал равны $\pm a$, где $a = 10\,см$. Поперечные размеры зеркал также равны a. В точке с координатой $x_0 = \frac{a}{2}$ находится точечный источник света. Глаз наблюдателя A находится над левым зеркалом на расстоянии $b = 11\,см$ от оси системы.



Получите формулы, описывающие координаты всех изображений источника в зеркалах. Рассчитайте координаты всех изображений источника, которые может увидеть наблюдатель, постройте эти изображения.

1.2 Зеркала повернули на угол $\alpha = 10°$, а источник сместили в начало координат. Получите формулы, описывающие координаты всех изображений источника в этом случае. Рассчитайте координаты всех изображений, который может увидеть наблюдатель с прежней точки зрения. Постройте эти изображения.
При необходимости вы можете ввести новую систему координат.

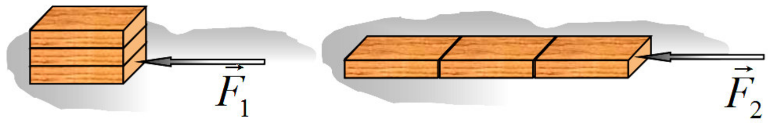


Задача 9-2. В память о лесосплаве

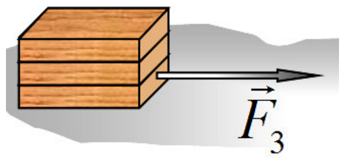
Очень увлекательна работа на лесозаготовках. То надо лесу навалять, то необходимо стопу бревен переложить, то выдернуть из штабеля какое-то особенно нужное бревно и т.д. В общем, интересно: свежий воздух, физические упражнения, грибы, ягоды. Потом, будучи на занятиях часто вспоминается это увлекательное дело. Но, попробуем, как физики могут смоделировать реальную ситуацию в лаборатории, чтобы понять, что можно делать, а чего делать не следует.

Для этого в качестве модели возьмем три одинаковых бруска, т.е. массы брусков одинаковы и равны m . Коэффициент трения брусков между собой и с поверхностью стола одинаков и равен μ . Размеры всех брусков одинаковы.

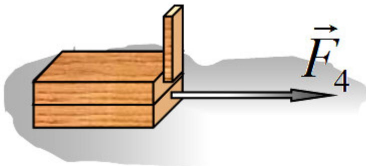
2.1 В каком случае, когда бруски сложены стопкой, или когда поставлены в один ряд, требуется приложить к брускам меньшую, горизонтально направленную силу (F_1 или F_2), чтобы сдвинуть из с места?



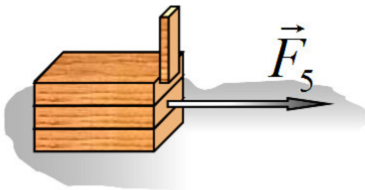
2.2 Три бруска расположили стопкой один на одном. С каким максимальным ускорением можно перемешать стопку по горизонтальной поверхности, чтобы она не разъехалась во время движения? Какую силу F_3 следует приложить, и к какому бруску, чтобы таким образом перемещать стопку? Можно ли перемещать стопку, прикладывая силу к верхнему бруску, так чтобы стопка не разъехалась?



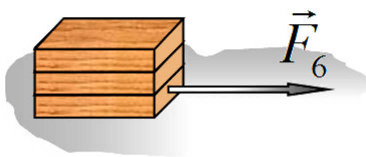
2.3 Иногда возникает необходимость выдернуть один брусок из-под другого. Два бруска лежат один на одном. Для того, чтобы выдернуть нижний брусок, верхний брусок удерживают в состоянии покоя с помощью упора. Какую минимальную силу F_4 необходимо приложить к нижнему бруску, чтобы вытянуть его?



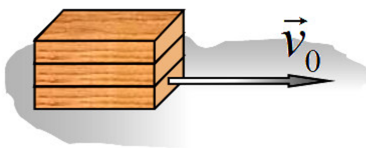
2.4 Теперь необходимо вытянуть средний брусок из стопки из трех брусков. Верхний брусок опять удерживают с помощью упора. Какую минимальную силу F_5 следует приложить к среднему бруску, чтобы выдернуть его из стопки? Сдвинется ли при этом нижний брусок?



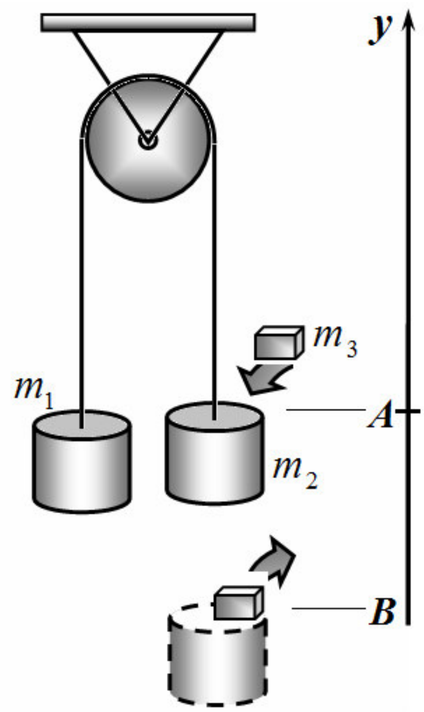
2.5 Теперь требуется выдернуть нижний брусок из стопки из трех брусков без упора. Какую минимальную силу F_6 следует приложить к этому бруску, чтобы выдернуть его?



2.6. Брусок можно не только вытащить, но и выбить резким ударом. Нижнему бруску (в стопке из трех) сообщили такую скорость v_0, что он вылетел из-под стопки со скоростью v. Какую скорость при этом приобрела оставшаяся стопка брусков? На каком расстоянии друг от друга окажутся все бруски после прекращения движения?



Задача 9-3. Равноускоренные колебания



Два груза массами $m_1 = 1{,}00m$ и $m_2 = 0{,}99m$ соединены лёгкой нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок. Систему удерживают неподвижно, когда верхняя поверхность груза m_2 находится на уровне **A**. На груз массой m_2 кладут перегрузок массой $m_3 = 0{,}020\ m$ и систему отпускают. После того как верхняя поверхность груза m_2 оказывается на уровне **B,** перегрузок снимают и вновь кладут когда груз m_2 снова оказывается на уровне **A,** и процесс повторяется так далее (перегрузок снимают на уровне **B** и кладут на уровне **A**). Расстояние между уровнями **A** и **B** $h = 0{,}040$ *м*.

3.1 Определите модуль ускорения системы грузов a_1 при движении груза m_2 вниз между уровнями **A** и **B**.

3.2 Определите модуль ускорения системы грузов a_2 при движении груза m_2 вниз, когда он находится ниже уровня **B**.

3.3 Постройте график зависимости координаты верхней поверхности груза m_2 от времени $y(t)$ за промежуток времени от первого до пятого раза помещения перегрузка на груз m_2 на уровне **A**. Координаты (значения координаты y и соответствующие времена их прохождения) характерных точек графика (прохождения уровней **A** и **B,** максимальное и минимальное отклонения) сведите в таблицу. За начало отсчёта по оси y примите уровень **A**, ось y направьте вверх. Расстояние от грузов до блока считать много больше чем h. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ *м/с*^{2}.

3.4 Найдите функции, описывающие зависимости $y_{max}(n)$ и $y_{min}(n)$ координат максимума и минимума графика функции $y(t)$ от порядкового номера помещения n перегрузка на груз m_2.

Таблица к п. 3.3

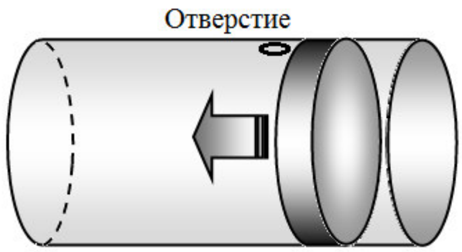
	$n = 1$		$n = 2$		$n = 3$		$n = 4$		$n = 5$	
	y	t	y	t	y	t	y	t	y	t
y_A										
y_B										
$y_{\min}$										
y_B										
y_A										
$y_{\max}$										

Задача 10-1. Вода из воздуха

В воздухе, окружающем нас, всегда содержится некоторое количество водяного пара. При некоторых условиях этот пар конденсируется, то есть превращается в воду. В природе такой эффект мы можем наблюдать в виде капель на листьях растений (росы) при том, что дождя перед этим не было. Отношение количества водяного пара в воздухе к предельному, когда он начнет конденсироваться, называют относительной влажностью воздуха, или просто влажностью (φ).

В данной задаче на примере работы юного экспериментатора Феди вам предлагается рассмотреть возможность получения некоторого количества воды из воздуха при помощи различных физических процессов. Водяной пар и воздух в решении можете считать идеальными газами.

Наконец, напомним вам некоторые физические постоянные (никто не гарантирует, что все из них вам понадобятся):
Универсальная газовая постоянная R = 8,31 Дж/(К·моль)
Постоянная Авогадро $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Постоянная Больцмана $k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Молярная масса воды $M = 1{,}8 \cdot 10^{-2}$ кг/моль
Удельная теплоемкость воды $c_в$ = 4200 Дж/(кг·°С)
Нормальное атмосферное давление $p_{атм} = 1{,}01 \cdot 10^5$ Па
Температура кипения воды (при $p_{атм}$) $T_{кип}$ = 100 °С = 373 К
Ускорение свободного падения считайте равным g = 10 м/с^2



Молодой, но талантливый экспериментатор Федя, захотев получить воду прямо из воздуха, провел физический опыт. Федина установка представляет собой цилиндрический герметичный сосуд (рис. 1) с поршнем малой массы, способным двигаться практически без трения. Стенки сосуда и поршень хорошо проводят тепло. В начальном положении в сосуд через отверстие поступает воздух из комнаты. Температура воздуха в комнате t_1 = 20 °С, (давление насыщенного водяного пара при этой температуре равно $p_{нас}$ = 2,35 кПа) его относительная влажность φ = 77%. Начальный объем сосуда с поршнем V_1 = 5,0 л.

Федя медленно уменьшает объем газа, оказывая давление на поршень. При этом успевает полностью проходить процесс теплообмена через стенки с окружающей средой. Максимальное избыточное давление, которое Федя может оказать на поршень при помощи своего оборудования, составляет $0{,}5p_{атм}$. Федя рассчитал, что в процессе сжатия после некоторого положения поршня на стенках сосуда и на поршне начнут появляться мелкие капли влаги.

1.1 Определите, при каком объеме воздуха водяной пар в сосуде начнет конденсироваться.

Для получения максимально возможного количества воды Федя сжимал газ в сосуде до наименьшего объема, которого он мог достичь.

1.2 Определите, до какого минимального объема Федя может сжать воздух в сосуде.

В расчетах объем воды, образующейся в процессе конденсации, можете считать пренебрежимо малым по сравнению с объемом сосуда.

А3. Рассчитайте массу воды, образовавшейся в результате такого сжатия.

Предположим, что Федя разработал некоторый механизм, позволяющий собирать влагу из сосуда, не открывая его и не влияя на давление, объем или температуру газов.

1.4 Определите, за сколько таких «сжатий» можно будет собрать один стакан воды (m_c = 200 г).
1.5 Оцените количество работы, которую совершил Федя при сжатии.

Для повторения всего процесса Федя организовал работу по следующему циклу. После описанного сжатия и сбора образовавшейся влаги Федя медленно увеличивает размер сосуда до первоначального объема. При достижении объема V_1 открывается отверстие для доступа воздуха, окружающего сосуд. Выждав достаточное время, Федя снова начинает сжатие.

1.6 Схематически (без точных числовых значений) изобразите *p-V* диаграмму для водяного пара в описанном циклическом процессе. Укажите направление процесса на диаграмме.
1.7 Оцените полное количество работы, совершаемое Федей за один цикл.

Для определения «трудоемкости» процесса получения воды из воздуха Федя придумал следующую характеристику – удельную работу конденсации (Θ), – равную работе, затраченной на образование 1 килограмма воды.

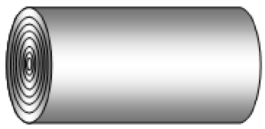
1.8 Оцените удельную работу конденсации для описанного цикла.

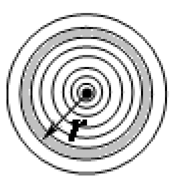
Задача 10- 2. Слоистые резисторы

Современные нанотехнологии позволяют создавать синтетические материалы с заданными физическими свойствами. Рассмотрим слоистый резистор в форме цилиндра длиной $l = 20$ см и радиусом $a = 2{,}0$ см, удельное сопротивление ρ материала которого изменяется от слоя к слою. Электрический ток пропускается между торцами цилиндра при помощи хорошо проводящих контактов, подключенных к источнику постоянного напряжения $U = 1{,}5$ В. Будем считать, что при нагревании проводника его удельное сопротивление остается постоянным. Порядок напыления слоёв может быть различным.

Примечание: согласно уравнению Фурье количество теплоты ΔQ, переносимое в некоторой среде вдоль оси Ox через площадку S за промежуток времени Δt равно $\Delta Q = -\gamma \dfrac{\Delta T}{\Delta x} S \Delta t$, где $\gamma = 6{,}7 \cdot 10^{-3}$ Вт/(°С·м) – теплопроводность рассматриваемого материала (считайте ее постоянной во всех слоях), ΔT – изменение температуры на участке Δx.

1. **«Трубчатая структура»** В этом варианте напыления слои следуют друг за другом от оси цилиндра, подобно системе тонкостенных трубок, вложенных одна в одну (см. рис). Радиусы слоев при этом постепенно увеличиваются. Напыляемый материал подбирается так, что удельное сопротивление $\rho(r)$ резистора увеличивается прямо пропорционально расстоянию r от данного слоя до оси цилиндра $\rho(r) = \alpha \cdot r$, где $\alpha = 6{,}4$Ом – постоянная размерная величина.

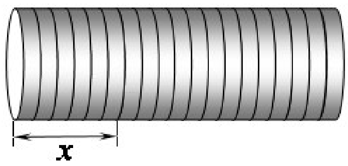




1.1. Вычислите сопротивление R_1 такого резистора.

1.2. Найдите также силу тока I_1 и мощность выделяющейся теплоты P_1 при подключении этого резистора к источнику напряжения $U = 1{,}5$ В. Какая часть цилиндра больше нагреется при прохождении тока?

1.3. Найдите максимальную температуру $T_{\max 1}$ внутри резистора, если температура на его поверхности поддерживается постоянной и равной $T_0 = 20°\text{C}$. Считайте, что торцы цилиндра теплоизолированы.



2. **«Блинная структура»** При таком напылении тонкие слои одинакового поперечного сечения чередуются подобно «блинам», положенным друг на друга (см. рис). Рассмотрим слоистый резистор такой структуры, что его удельное сопротивление ρ линейно увеличивается с расстоянием x от правого края так, что $\rho(x) = \alpha \cdot x$, где $\alpha = 6{,}4$ Ом – постоянная размерная величина.

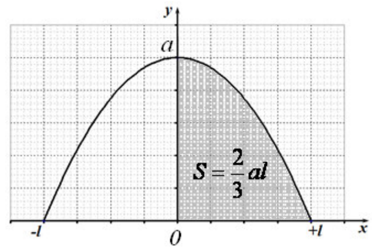
2.1. Вычислите сопротивление R_2 такого резистора.

2.2. Найдите также силу тока I_2 и мощность теплоты P_2, выделяющейся на данном резисторе, при его подключении к источнику напряжения $U = 1{,}5$ В. Какая часть цилиндра нагреется больше при прохождении тока?

2.3. Найдите максимальную температуру $T_{\max 2}$ внутри резистора, если температура его левого торца поддерживается постоянной $T_0 = 20°\text{C}$. Считайте, что боковая поверхность цилиндра и его правый торец теплоизолированы.

2.4. Вычислите электрический заряд q^*, накопившийся внутри резистора в установившемся режиме протекания тока.

Подсказка (может понадобиться!). Площадь криволинейной трапеции, ограниченной графиком параболической зависимости $y(x) = a(1 - \frac{x^2}{l^2})$ *и осью абсцисс (см. рис) на участке* $(0;+l)$ *вычисляется по формуле* $S = \frac{2}{3}al$.



Задача 10- 3. Просто цепь

В электрической цепи, изображенной на рис. 1, характеристики элементов следующие: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 15$ Ом; $\varepsilon = 2{,}0$ В, $r = 5{,}0$ Ом. Вольтамперная характеристика нелинейного элемента НЛ представлена на отдельном бланке - можете выполнять на нем все необходимые построения, после чего вложите бланк в тетрадь с решениями.

Электрические свойства диодов упрощенно можно описать следующим образом: при напряжениях меньших $U^* = +0{,}70\,B$ сила тока через них пренебрежимо мала, при больших напряжениях сопротивлением диодов можно пренебречь.

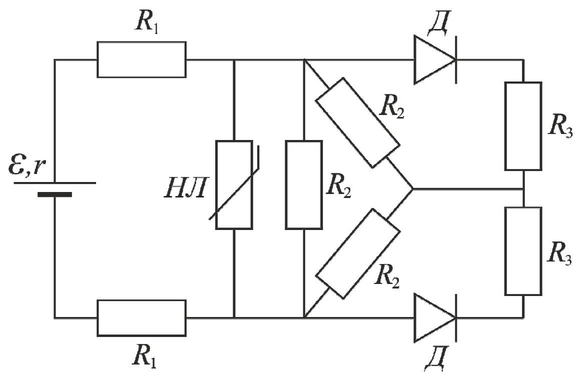
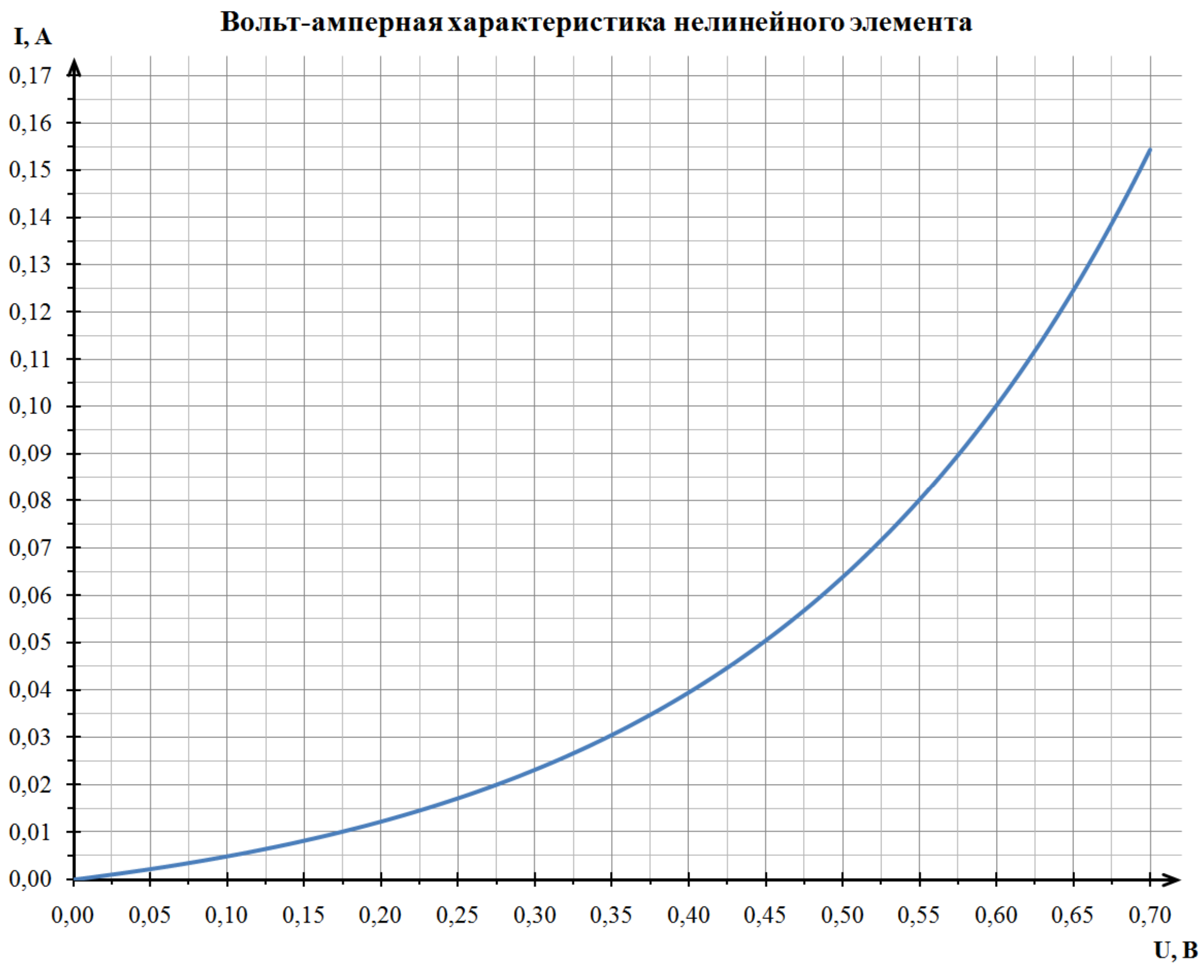


Рисунок 1 – Схема электрической цепи

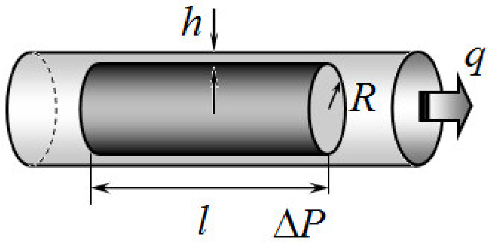
Задание: Найдите напряжения и силы токов на резисторах R_3 и R_1.



Задача 11-1. Гидроатмосферный подъемник

1. Введение.

При движении жидкости существенную роль играют силы вязкого трения – силы, возникающие между слоями жидкости, движущимися с разными скоростями, а также силы, действующие между движущейся жидкостью и стенками сосуда.



Пусть жидкость движется по горизонтальной трубе, внутри которой находится неподвижный цилиндрический цилиндр, коаксиальный с трубой (играющий роль препятствия). Радиус цилиндра равен R, длина l, толщина зазора между боковой поверхностью цилиндра и стенками трубы равна h (она значительно меньше радиуса цилиндра $h \ll R$)

Если разность давлений жидкости на торцах цилиндра равна ΔP, то расход жидкости q (объем, протекающий в единицу времени) протекающий через зазор определяется формулой:

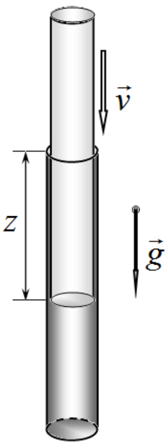
$$q = \frac{\pi R h^3}{6\eta l}\Delta P, \qquad (1)$$

где η - характеристика протекающей жидкости, которая называется *вязкостью* (в данной задаче рассматривается вода, ее вязкость η и плотность ρ считайте известными).

Пусть расход воды в описанной трубе с цилиндром постоянен и равен q.

1.1	Найдите суммарную силу вязкого трения, действующую на воду в зазоре между цилиндром и трубой $F_{вязк.}$
1.2	Найдите силу вязкого трения, действующую на боковую поверхность цилиндра $F_{бок.}$.
1.3	Найдете отношение силы вязкого трения, действующей на боковую поверхность цилиндра, к разности сил давления F_0, действующих на торцы цилиндра $\frac{F_{бок.}}{F_0}$.

Часть 2. Описание эффекта (пробирка в пробирке).



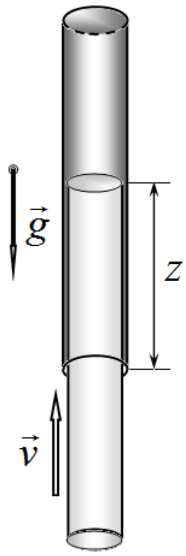
Принцип работы рассматриваемого гидроподъемника может быть изучен на простом устройстве, состоящем из двух длинных пробирок. Каждую из них можно считать цилиндрической трубкой, закрытой с одного конца. Диаметры пробирок различаются мало, поэтому меньшая из них входит в большую и может скользить в ней. Обозначим радиус меньшей пробирки R, ее масса m. Толщина зазора между стенками пробирок (когда меньшая находится в большей) мала по сравнению с радиусами пробирок и равна h.

2.1 Большую пробирку располагают вертикально и полностью заполняют водой. После этого в нее аккуратно опускаю меньшую пробирку, и она медленно начинает опускаться.

2.1.1	Найдите, на какую максимальную глубину $z_{\max}$ опустится меньшая пробирка.
2.1.2	Постройте схематический график зависимости скорости пробирки $v(z)$ от глубины погружения z.
2.1.3	Оцените время погружения пробирки от начального положения $z=0$ до глубины $0{,}5z_{\max}$.

<u>Математическая подсказка</u>. При движении тела в вязкой среде, на него действуют силы вязкого трения, зависящие от скорости движения тела. Наличие этих сил приводит к тому, что скорость тела изменяется достаточно медленно, поэтому в уравнении второго закона Ньютона $ma = F(x, v)$, можно пренебречь слагаемым ma. Такое приближение называется квазистационарным. Кстати, оно же используется при описании электрического тока на основании закона Ома.

2.2 Если большую пробирку заполнить водой, погрузить в нее меньшую пробирку и резко перевернуть систему вверх дном, то при некоторой высоте подъема меньшая пробирка начнет медленно подниматься вверх.

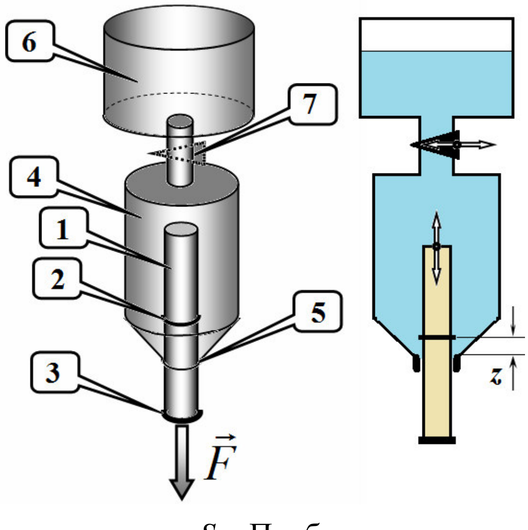


2.1.1	Найдите, при какой минимальной высоте подъема $z_{\min}$ меньшая пробирка начнет подниматься вверх.
2.1.2	Постройте схематический график зависимости скорости пробирки от высоты ее подъема $v(z)$.
2.1.3	Оцените время подъема пробирки от высоты $1{,}5z_{\min}$ до высоты $2z_{\min}$.

Часть 3. Подъемник.

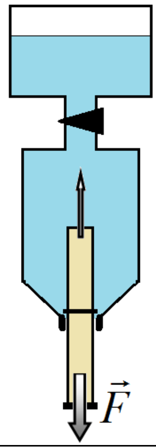
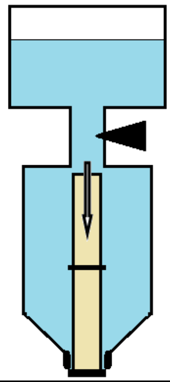
На основании рассмотренного устройства сконструирован гидроатмосферный подъемник, схема которого показана на рисунке.

Пробирка 1 с двумя упорами 2 (точно на середине пробирки) и 3 (в ее нижней части) вставлена вертикально в горлышко бутылки 4 полностью заполненной водой, диаметр горлышка 5 которой незначительно превышает внешний диаметр бутылки. Бутылка соединена трубкой с краном 7 с большим открытым сосудом-накопителем 6 также заполненным водой. Пробирка может двигаться вертикально внутри бутылки, при ее любом положении (в том числе и на упорах) вода может просачиваться в зазоре между горлышком бутылки и пробиркой. В качестве координаты, определяющей положение пробирки z, используется расстояние от горлышка бутылки до середины пробирки (упора 2).



Длина пробирки l, площадь ее поперечного сечения - S. Пробирка начинает подниматься внутри бутылки, если она погружена в нее на одну четверть своей длины. В бутылку 4 воздух не попадает, высота бутылки больше, чем $\frac{l}{2}$. Плотность воды ρ, ускорение свободного падения - g.

Принцип работы устройства следующий.

1	Пробирка находится в крайнем нижнем положении. Кран закрывают, пробирка начинает подниматься вверх. При этом она подключается к некоторому внешнему устройству, над которым совершается полезная работа.	
2	Когда пробирка достигает крайнего верхнего положения, кран открывают, и вода из сосуда накопителя очень быстро поступает в бутылку. Внешнее устройство отключается, пробирка быстро опускается вниз.	

3.1	Определите массу пробирки.
3.2	Нарисуйте график рассмотренного циклического процесса: зависимость силы действующей на пробирку со стороны внешнего устройства F от координаты пробирки z. Считайте все процессы квазистационарными (т.е. считайте, что в любом положении пробирка находится в состоянии равновесия).
3.3	Рассчитайте, какую максимальную полезную работу может совершить подъемник за один цикл.
3.4	Найдите КПД устройства (определение КПД в этом случае сформулируйте самостоятельно).

Задача 11-2. Перераспределение зарядов.

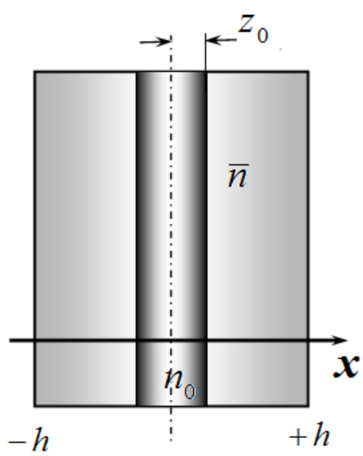
К сожалению, задачи с равномерно распределенными по объему электрическими зарядами являются искусственными, потому, что не известно, как реально создать такие системы. Поэтому рассмотрим более реальную систему и проанализируем динамику изменения распределения зарядов.

Зададим характеристики рассматриваемой пластины: пластина является слабо проводящей с удельным электрическим сопротивлением ρ (не путайте с объемной плотностью зарядов!), концентрация свободных электронов (заряд электрона e) внутри этой пластины равна $\overline{n}$.

1. Под действием электрического поля напряженности E электроны внутри проводника движутся со средними скоростями

$$v = \beta E \tag{1}$$

где величина β называется подвижностью электронов. Выразите подвижность электронов внутри данной пластины, через ее характеристики $\rho, \overline{n}$.



Пусть внутри рассмотренной пластины возник тонкий слой толщиной $2z_0$*, в котором создана избыточная концентрация электронов* n_0 *(например, с помощью электронной пушки*[1]*). С течением времени эта область избыточного заряда будет расплываться.*

2 С какой скоростью будет двигаться граница области z с избыточной концентрацией электронов?

3 Найдите зависимость избыточной концентрации электронов $n(x)$ от координаты x в разные моменты времени. Постройте схематические графики этой зависимости для нескольких (наиболее характерных времен), укажите параметры этих зависимостей.

4 Нарисуйте схематический графики зависимости потенциала $\varphi(x)$ для тех же моментов времени, какие вы рассмотрели в п.3.

5 Оцените время, за которое все избыточные электроны окажутся на поверхности пластины.

[1] Конечно, проще «нанести» электроны на поверхность пластины, но (1) симметричные задачи проще решаются, суть рассматриваемых процессов при этом не изменяется!

Задача 11-3. Вода из воздуха

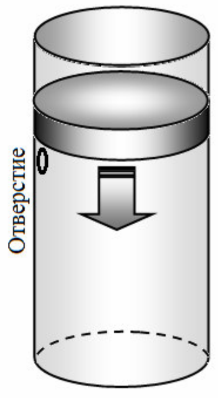
В данной задаче на примере работы юного экспериментатора Феди вам предлагается рассмотреть возможность получения некоторого количества воды из воздуха при помощи различных физических процессов. Водяной пар и воздух в решении можете считать идеальными газами.

Для решения задачи вам может понадобиться график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры, представленный на отдельном бланке. При желании вы можете делать любые пометки и построения на данном графике. По окончании работы вложите данный бланк в тетрадь с решением.

Наконец, напомним вам некоторые физические постоянные (никто не гарантирует, что все из них вам понадобятся):

Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(К·моль)
Постоянная Авогадро $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Постоянная Больцмана $k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Молярная масса воды $M = 1{,}8 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Удельная теплоемкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг·°С)
Нормальное атмосферное давление $p_{атм} = 1{,}01 \cdot 10^5$ Па
Температура кипения воды (при $p_{атм}$) $T_{кип} = 100$ °С = 373 К
Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с^2

Юный экспериментатор Федя, захотев получить воду прямо из воздуха, поставил физический эксперимент. Федина установка представляет собой вертикальный цилиндрический герметичный сосуд с поршнем малой массы, способным двигаться практически без трения. Считайте, что поршень создает дополнительное давление которым, по сравнению с атмосферным, можно пренебречь. В начальном положении в сосуд через отверстие поступает воздух из комнаты. Для сжатия воздуха Федя помещает сосуд в холодильную установку. Все процессы считайте достаточно медленными.



Температура воздуха в комнате $T_1 = 20$ °С, его относительная влажность $\varphi = 77\%$.
Начальный объем сосуда с поршнем $V_1 = 5{,}0$ л.

1. До какой температуры необходимо охладить сосуд, чтобы водяной пар начал конденсироваться?

С помощью холодильной установки Федя охлаждает сосуд с содержимым до температуры $T_2 = 4{,}0$ °С.

2. Определите массу воды, образующейся в результате такого охлаждения.
3. Определите, за сколько таких «охлаждений» можно будет собрать один стакан воды ($m_с = 200$ г).

Для повторения процесса Федя организует цикл по следующей схеме. После охлаждения из сосуда собирается вся влага, затем сосуд медленно нагревается обратно до комнатной температуры. При достижении комнатной температуры Федя открывает отверстие для поступления окружающего воздуха. Выждав достаточное время, юный экспериментатор снова охлаждает сосуд.

4. Схематически (без точных числовых значений) изобразите p-V диаграмму для водяного пара в описанном циклическом процессе. Укажите направление процесса на диаграмме.

5. Оцените полное количество работы, совершаемое над содержимым сосуда за один цикл.

Для определения «трудоемкости» процесса получения воды из воздуха Федя придумал следующую характеристику – удельную работу конденсации (Θ), – равную работе, затраченной на образование 1 килограмма воды.

6. Оцените удельную работу конденсации для данного цикла.