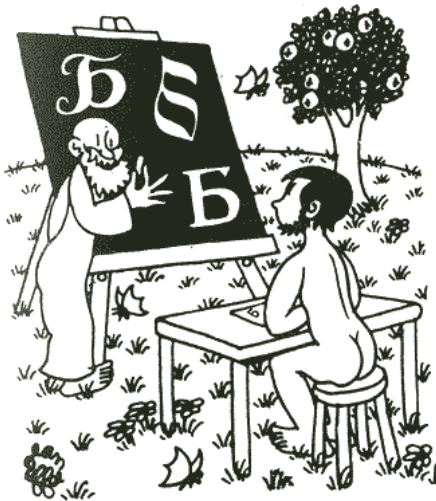




*А.И. Слободянюк  
А.А. Мищук  
Л.Г. Маркович*

*Республиканская  
физическая  
олимпиада  
(III этап)  
2011 год.*



Теоретический тур

УТВЕРЖДЕНО  
Заместитель председателя оргкомитета  
заключительного этапа Республиканской олимпиады

\_\_\_\_\_ К.С. Фарино

«\_\_» декабря 2010 г.



**Республиканская физическая  
олимпиада 2011 год.  
(III 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 - 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.



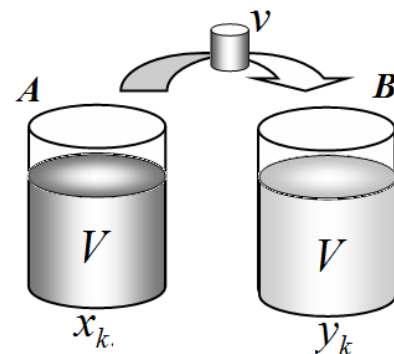
## Условия задач.

9 класс.

### Задача 9.1. Переносы...

В двух сосудах  $A$  и  $B$  находятся растворы соли в воде. Начальные концентрации растворов равны  $x_0$  в сосуде  $A$  и  $y_0$  в сосуде  $B$ . Объемы растворов одинаковы и равны  $V$ . Под концентрацией раствора понимается отношение массы растворенного вещества к объему раствора.

Для перемешивания растворов используют небольшой сосуд объема  $v$ . Этот сосуд полностью заполняют раствором из сосуда  $A$  и вливают в сосуд  $B$ , затем получившийся раствор хорошо перемешивают и заполняют им сосуд  $v$ , и вливают в сосуд  $A$ . После этого цикл повторяют. Обозначим  $x_k$ ,  $y_k$  - концентрации растворов в сосудах  $A$  и  $B$ , соответственно, после  $k$  циклов переливания (один цикл – два переливания из первого во второй, а затем из второго в первый).



- 1.1 Найдите начальные массы растворенных веществ в обоих сосудах.
- 1.2 Найдите концентрации растворов  $x_1$ ,  $y_1$  после одного цикла переливаний.
- 1.3 Найдите разность концентраций растворов после одного переливания ( $y_1 - x_0$ ).
- 1.4 Найдите разность концентраций растворов после второго переливания ( $x_1 - y_1$ ).
- 1.5 Найдите массы растворенных веществ в обоих сосудах после одного цикла переливаний.
- 1.6 Найдите концентрации растворов  $x_k$ ,  $y_k$  после  $k$  циклов переливания (получите явные выражения для этих концентраций через начальные концентрации и объемы сосудов)

### Задача 9.2 Занимательное путешествие.

Однажды юный физик Федя ехал в поезде к бабушке. Чтобы время не проходило в пустую, Федя решил измерить скорость и ускорение поезда, а также определить расстояние между остановками. К счастью для него, поезд двигался предельно просто: сначала равноускоренно разогнался до некоторой скорости, затем двигался равномерно и, наконец, тормозил, двигаясь также с постоянным ускорением. Однако, к огорчению Федя, появились сразу две проблемы.

Первая — как измерить расстояние. Поразмыслив, Федя решил считать столбы линии электропередач, проходящей вдоль путей. К сожалению, Федя не знал расстояния между ними, но решил, что пока будет измерять расстояние в столбах, а в метры переведет потом.

Вторая проблема — измерение времени. Торопясь на поезд, Федя забыл дома и часы и мобильный телефон. Юный физик, как это не странно, решил измерять время шагами. Дело в том, что Федя мечтал служить в роте почетного караула и давно умел шагать в одном темпе. Промежуток времени между шагами он не знал, но был уверен в его постоянстве. «В секунды переведу потом», — подумал Федя.

Таким образом, решив измерять столбами и шагами, юный физик приготовился к эксперименту. За окном стоял «столб номер ноль» — так обозначил его Федя.

Поезд тронулся, и юный физик начал считать количество шагов между появлениями столбов. Результаты измерений приведены в таблице.

**Таблица результатов наблюдений.**

Номер столба	Количество шагов
1	19
2	8
3	6
4	5
5	4
6	4
7	4
8	3

«Для определения ускорения вполне достаточно», — подумал Федя и присел, продолжая считать столбы. Досчитав до 45 столба, он почувствовал, что поезд перестал ускоряться. «Отлично», — подумал Федя, — «началось равномерное движение». Смекнув, что шаги теперь считать не обязательно, юный физик сосредоточился на столбах. Тем более, что его марширование по вагону вызывало некоторое раздражение у пассажиров. Насчитав еще 200 столбов, Федя почувствовал, что поезд начал тормозить. Торможение растянулось еще на 30 столбов.

Весь путь до следующей остановки Федя обрабатывал результаты эксперимента.

1. Чему равно ускорение поезда при разгоне, вычисленное Федей в его системе единиц?

2. Какова скорость поезда при его равномерном движении?

3. Чему равно ускорение поезда при торможении?

4. Определите также среднюю скорость поезда на всем пути между остановками.

Выйдя из поезда, Федя решил проделать еще одно измерение. Сначала он измерил длину вагона, которая оказалась равна 50 его шагам. Затем он остановился возле начала вагона и, как только поезд тронулся, начал маршировать, шагая в ту же сторону, в которую двигался поезд. Конец вагона проехал мимо Феде, когда он сделал 15 шагов. Удивительно, но эти измерения позволили юному физика рассчитать число шагов между столбами.

5. Сколько шагов Феде умещается между двумя столбами?

«Если я связал шаги со столбами, и столбы мне больше не нужны, то в чем же я теперь измеряю скорость и ускорение?» — подумал Федя.

6. Пересчитайте определенные вами раньше значения ускорений и скоростей и укажите единицы измерения.

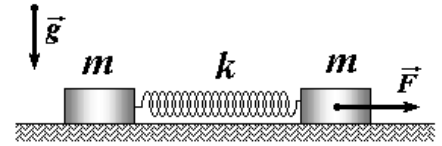
Приехав к бабушке, Федя перестал думать об этой странной ситуации и хорошо отдохнул. Окончательное решение он проделал значительно позже, в следующем учебном году на уроке физкультуры. Юный физик не стал бежать стометровку, а (во имя науки) промаршировал ее в привычной манере ровно за 4 минуты, сделав ровно 200 шагов.

7. Определите ускорения и скорости поезда в «привычных» единицах СИ.

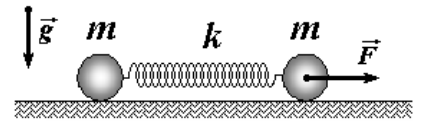
8. Сколько метров отделяли два остановочных пункта в эксперименте Феде?

### Задача 9.3. Пружинки.

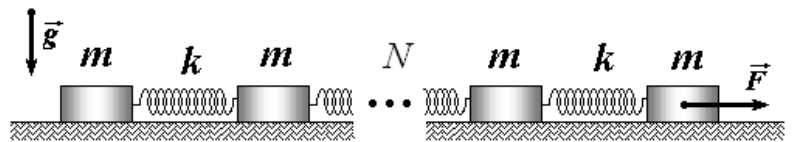
1.1 Два одинаковых бруска массой  $m$  каждый, соединенные легкой пружиной с коэффициентом упругости  $k$ , движутся по горизонтальной плоскости под действием постоянной горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к одному из них. Найдите установившееся абсолютное удлинение пружины  $\Delta x$  в зависимости от модуля  $F$  приложенной силы. Коэффициент трения брусков о плоскость –  $\mu$ . Силой сопротивления воздуха пренебречь.



1.2 Два одинаковых шара, соединенные легкой пружиной жесткости  $k$ , движутся в вязкой среде под действием постоянной горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к одному из них. Известно, что при движении такого шара в вязкой среде со скоростью  $\vec{v}$  на него действует сила сопротивления  $\vec{F}_{\text{сопр}} = -\beta \cdot \vec{v}$ , где  $\beta$  — некоторый постоянный для данной среды коэффициент. Найдите установившееся абсолютное удлинение пружины  $\Delta x$  в зависимости от модуля  $F$  приложенной силы. Силами сухого трения пренебречь.

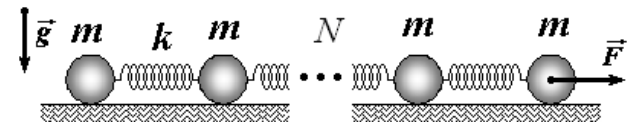


1.3  $N$  одинаковых брусков массой  $m$  каждый, соединенные легкими пружинами с коэффициентом упругости  $k$  каждая, движутся по горизонтальной плоскости с коэффициентом трения  $\mu$  под действием постоянной горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к одному из брусков. Найдите суммарное



установившееся удлинение всех пружин  $\Delta x_{\text{общ}}$  в зависимости от модуля приложенной силы  $F$ . Силой сопротивления воздуха пренебречь.

1.4  $N$  одинаковых шаров, соединенных легкими пружинами жесткости  $k$ , движутся в вязкой среде. Известно, что при движении такого шара в вязкой среде со скоростью  $\vec{v}$  на него действует сила сопротивления  $\vec{F}_{\text{сопр}} = -\beta \cdot \vec{v}$ , где  $\beta$  — некоторый постоянный для данной среды коэффициент. Найдите зависимость



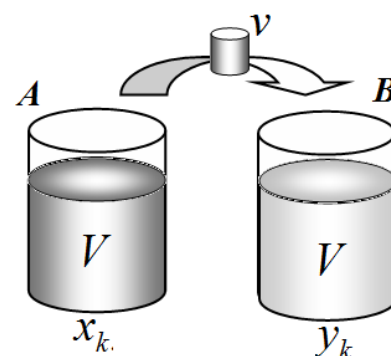
суммарного установившегося удлинения пружин  $\Delta x_{\text{общ}}$  от модуля приложенной силы  $F$ . Силами сухого трения пренебречь.

## Задача 10.1. Переносы...

## Часть 1 Перенос вещества.

В двух сосудах  $A$  и  $B$  находятся растворы соли в воде. Начальные концентрации растворов равны  $x_0$  в сосуде  $A$  и  $y_0$  в сосуде  $B$ . Объемы растворов одинаковы и равны  $V$ . Под концентрацией раствора понимается отношение массы растворенного вещества к объему раствора.

Для перемешивания растворов используют небольшой сосуд объема  $v$ . Этот сосуд полностью заполняют раствором из сосуда  $A$  и вливают в сосуд  $B$ , затем получившийся раствор хорошо перемешивают и заполняют им сосуд  $v$ , и вливают в сосуд  $A$ . После этого цикл повторяют. Обозначим  $x_k, y_k$  - концентрации растворов в сосудах  $A$  и  $B$ , соответственно, после  $k$  циклов переливания (один цикл – два переливания из первого во второй, а затем из второго в первый).



- 1.7 Найдите начальные массы растворенных веществ в обоих сосудах.
- 1.8 Найдите концентрации растворов  $x_1, y_1$  после одного цикла переливаний.
- 1.9 Найдите разность концентраций растворов после одного переливания ( $y_1 - x_1$ ).
- 1.10 Найдите разность концентраций растворов после второго переливания ( $x_2 - y_2$ ).
- 1.11 Найдите концентрации растворов  $x_k, y_k$  после  $k$  циклов переливания (получите явные выражения для этих концентраций через начальные концентрации и объемы сосудов)

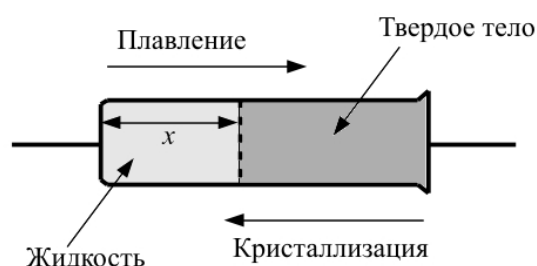
## Часть 2. Перенос теплоты «вручную».

В двух сосудах  $A$  и  $B$  находятся вода. Начальные температуры воды равны  $x_0$  в сосуде  $A$  и  $y_0$  в сосуде  $B$ . Массы воды в обоих сосудах одинаковы и равны  $m$ , удельная теплоемкость воды равна  $c$ . Для выравнивания температур используется небольшое тело теплоемкость которого равна  $C_0$ . Первоначально это тело находится в сосуде  $A$ . Его достают и перемещают в сосуд  $B$ , после установления теплового равновесия возвращают в сосуд  $A$ , после этого цикл повторяют. **Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.**

- 2.1 Найдите температуры воды в сосудах  $x_k, y_k$  после  $k$  циклов переноса теплоты.

## Задача 10.2. На грани...

Удельное сопротивление металлов в жидком состоянии значительно больше, чем в твердом. Например, жидкая медь или жидкий свинец приблизительно в два раза хуже проводят электрический ток. При этом их плотность увеличивается очень незначительно. В этой задаче Вам предстоит исследовать резистор, находящийся на грани перехода из одного агрегатного состояния в другое.



Исследуемый элемент изображен на рисунке. Непроводящая оболочка имеет незначительное сужение с одной стороны и расширение с другой. Это сделано для того, чтобы плавление твердого проводника начиналось слева, а кристаллизация справа. **При расчетах пренебрегайте этими участками и считайте форму проводника цилиндрической. Также считайте, что граница раздела жидкой и твердой фаз всегда перпендикулярна оси системы (см. рисунок).**

В данной задаче температура исследуемого элемента будет всегда близка к температуре плавления (немного больше, немного меньше), поэтому можете пренебречь зависимостью удельного сопротивления материала от температуры.

### Часть 1. Исследование элемента

Сопротивление проводника в твердом состоянии равно  $R_0$ , а в жидком в два раза больше. Длина проводника равна  $l$ .

1.1 Чему равно сопротивление элемента, если длина расплавленной области равна  $x$ ?

Оболочка элемента рассеивает тепло в атмосферу, причем мощность тепловых потерь прямо пропорциональна разности температур элемента и окружающей среды. Температура окружающей среды остается постоянной.

Напряжение на элементе медленно увеличивают, и при некотором значении  $U_0$  температура элемента достигает температуры плавления материала.

2.1 При каком напряжении материал элемента полностью расплавится?

3.1 Напряжение на элементе плавно увеличивается от  $0,5U_0$  до  $2U_0$ . Нарисуйте график зависимости сопротивления элемента от напряжения.

4.1 Изобразите вольт-амперную характеристику (ВАХ) элемента — зависимость тока от напряжения — в том же диапазоне, что и в предыдущем пункте.

### Часть 2. Элемент и резистор

Последовательно к элементу подключают резистор с сопротивлением  $r = R_0$ . На цепь подают напряжение  $U$ .

2.1 В каком интервале напряжений ( $U_{MIN}$  и  $U_{MAX}$ ) материал элемента будет частично расплавлен?

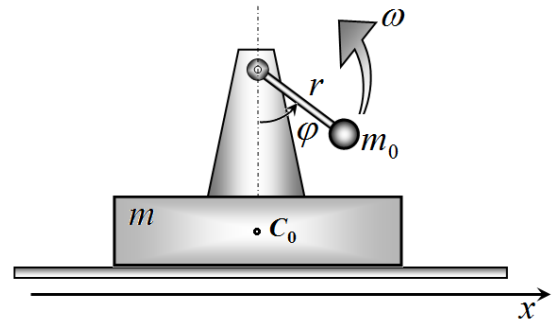
2.2 Определите значение тока в цепи в трех различных случаях:  $U = U_{MIN}$ ,  $U = U_{MAX}$ ,  $U = (U_{MAX} + U_{MIN})/2$

Последовательно к элементу подключают резистор с сопротивлением  $r = 2R_0$ .

2.3 Как будет изменяться сила тока при медленном увеличении напряжения от  $2U_0$  до  $4U_0$ .

### Задача 10.3 «Эксцентричная машинка»

На платформе с подставкой расположен электродвигатель (с источником). Полная масса платформы с подставкой и двигателем равна  $m$ , центр масс  $C_0$  расположен посередине платформы. К валу двигателя прикреплен эксцентрик, представляющий собой жесткий невесомый стержень длиной  $r$ , к концу которого жестко прикреплен небольшой шарик массы  $m_0$ . Обозначим отношение массы шарика



к массе всей платформы  $\eta = \frac{m_0}{m}$ . Двигатель вращает стержень с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Вся система расположена на горизонтальной поверхности. Положительное направление вращения эксцентрика и положительное направление оси  $Ox$  указаны на рисунке. Положение стержня определяется углом его отклонения от вертикали  $\varphi$ .

1 Найдите проекции скорости и ускорения центра масс всей системы на горизонтальную и вертикальную оси координат в зависимости от угла отклонения  $\varphi$ .

2 Пусть платформа закреплена между упорами на горизонтальной поверхности так, что не может двигаться горизонтально, но может «подпрыгивать» вверх. Определите, при какой минимальной угловой скорости вращения стержня  $\omega_0$  платформа будет отрываться от горизонтальной поверхности.

3. Пусть теперь платформа может скользить по горизонтальной поверхности без трения. Стержень вращается с постоянной скоростью  $\omega$ , которая меньше, чем величина  $\omega_0$ , найденная в предыдущем пункте. Сначала платформу удерживают, а затем отпускают. Определите закон движения центра платформы  $C_0$ , если в момент ее отпущения

3.1 Стержень располагался горизонтально;

3.2 Шарик находился в нижней точке.

Постройте примерные графики законов движения в этих двух случаях.

4. Рассмотрите теперь случай, когда между платформой и горизонтальной поверхностью присутствует сила сухого трения, коэффициент трения равен  $\mu$  ( $\mu < 1$ )

4.1 При какой минимальной угловой скорости вращения  $\omega_1$  стержня платформа сможет сдвинуться с места? В какую сторону произойдет этот сдвиг? Чему равен угол  $\varphi$  в момент начала движения?

4.2 Пусть  $\mu = 0,35$ ,  $\eta = \frac{m_0}{m} = 0,20$ , длина стержня  $r = 1,0$  м. Найдите численное значение угловой скорости  $\omega_1$ .

5. Пусть угловая скорость вращения стержня равна  $1,02\omega_1$ . Найдите среднюю скорость горизонтального движения платформы. Используйте численные данные, приведенные в пункте 4.



## Задача 11.1 Переносы...

### Часть 1. Перенос вещества.

В двух сосудах  $A$  и  $B$  находятся растворы соли в воде. Начальные концентрации растворов равны  $x_0$  в сосуде  $A$  и  $y_0$  в сосуде  $B$ . Объемы растворов одинаковы и равны  $V$ . Под концентрацией раствора понимается отношение массы растворенного вещества к объему раствора.

Для перемешивания растворов используют небольшой сосуд объема  $v$ . Этот сосуд полностью заполняют раствором из сосуда  $A$  и вливают в сосуд  $B$ , затем получившийся раствор хорошо перемешивают и заполняют им сосуд  $v$ , и вливают в сосуд  $A$ . После этого цикл повторяют. Обозначим  $x_k, y_k$  - концентрации растворов в сосудах  $A$  и  $B$ , соответственно, после  $k$  циклов переливания (один цикл – два переливания из первого во второй, а затем из второго в первый).

- 1.12 Найдите начальные массы растворенных веществ в обоих сосудах.
- 1.13 Найдите концентрации растворов  $x_1, y_1$  после одного цикла переливаний.
- 1.14 Найдите разность концентраций растворов после одного переливания  $(y_1 - x_0)$ .
- 1.15 Найдите разность концентраций растворов после второго переливания  $(x_1 - y_1)$ .
- 1.16 Найдите концентрации растворов  $x_k, y_k$  после  $k$  циклов переливания (получите явные выражения для этих концентраций чрез начальные концентрации и объемы сосудов)

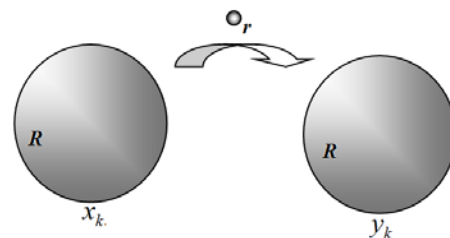
### Часть 2. Перенос теплоты «вручную».

В двух сосудах  $A$  и  $B$  находятся вода. Начальные температуры воды равны  $x_0$  в сосуде  $A$  и  $y_0$  в сосуде  $B$ . Массы воды в обоих сосудах одинаковы и равны  $m$ , удельная теплоемкость воды равна  $c$ . Для выравнивания температур используется небольшое тело теплоемкость которого равна  $C_0$ . Первоначально это тело находится в сосуде  $A$ . Его достают и перемещают в сосуд  $B$ , после установления теплового равновесия возвращают в сосуд  $A$ , после этого цикл повторяют. **Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.**

- 2.2 Найдите температуры воды в сосудах  $x_k, y_k$  после  $k$  циклов переноса теплоты.

### Часть 3. Перенос заряда.

Два одинаковых проводящих шара, радиусы которых равны  $R$ , находятся на большом расстоянии друг от друга и несут электрические заряды одного знака равные  $x_0$  и  $y_0$ . Для переноса заряда используют небольшой проводящий шарик радиуса  $r$ . Маленьким шариком касаются первого шара переносят ко второму и прикасаются к нему, после этого шарик подносят к и



касаются первого шара, далее этот цикл повторяют. Обозначим  $x_k, y_k$  - заряды шаров после  $k$  циклов переноса (один цикл – два переноса заряда из первого на второй, а затем из второго на первый).

3.1 Пусть на шаре радиуса  $R$  находится заряд  $Q$ , если к этому шару поднести небольшой шарик радиуса  $r$ , то на этот шарик перейдет заряд равный  $q = \gamma Q$ . Оцените коэффициент  $\gamma$  в данной формуле. В дальнейшем считайте его известным.

3.2 Найдите заряды шаров  $x_k, y_k$  после  $k$  циклов переноса заряда.

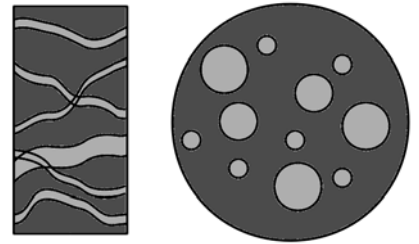
3.3 Пусть  $\frac{x_0}{y_0} = 10, \gamma = 0,10$ . Сколько циклов переноса заряда необходимо совершить, чтобы относительная разность зарядов шаров стала меньше 1,0%?

## Задача 11.2 Порометрия

В данной задаче мы предлагаем Вам рассмотреть методы исследования пористых тел. Используя порошок, волокна или ячеистый материал можно получать пористые тела с различными размерами и геометрией пор. Основной характеристикой таких тел является пористость, равная отношению объема пустот к общему объему образца:

$$\xi = V_{\text{п}} / V_0.$$

Простая модель пористого тела изображена на рисунке. Поры представляют собой каналы различного радиуса, но практически одинаковой длины. Все поры открытые и имеют выход на поверхность образца. Диаметры пор на рисунке, безусловно, очень сильно преувеличены. Для простоты, можно считать, что поры не пересекаются друг с другом. Кроме того, исследуемый в задаче образец сделан из материала очень хорошо смачиваемого водой.

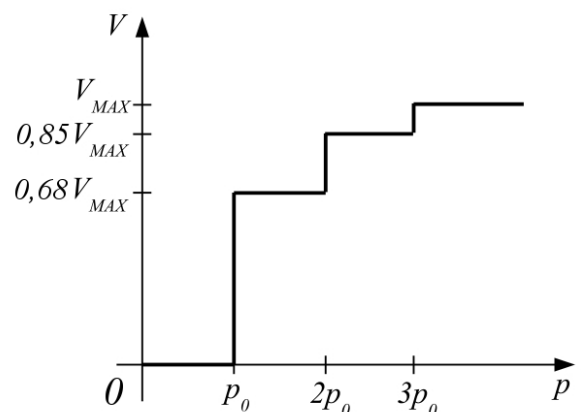


### Часть 1. Взвешивание в воде

Самый простой способ определения пористости состоит в следующем. Образец взвешивают в воздухе, затем в воде. После это высушивают, обмазывают тонким слоем парафина, закрывающего поры, и снова взвешивают в воде. Оказалось, что исследуемый нами образец весит в воде в два раза, а с закрытыми порами в три раза меньше. Определите пористость образца.

### Часть 2. Ртутная интрузионная порометрия

Данный метод позволяет не только определить пористость, но и узнать распределение пор по диаметру. Суть метода заключается в следующем. В специальной камере из пор выкачивают воздух, а затем начинают вдавливать в образец ртуть. В эксперименте измеряют зависимость вошедшего в образец объема ртути от давления. Используя график этой зависимости и считая известными значения давления  $p_0$  и поверхностного натяжения ртути  $\sigma_p$ , определите, поры какого радиуса



существуют в исследуемом образце и какое их относительное количество (отношение количества пор данного радиуса к общему количеству пор).

Ртуть совсем не смачивает материал образца.  $V_{MAX}$  - максимальный объем ртути, который можно вдавить в образец.

### Часть 3. Порометрия капиллярных потоков

Еще один метод, позволяющий измерить диаметр пор. Исследуемый образец погружают в воду, которая заполняет все поры (материал образца хорошо смачивается водой). Затем образец устанавливается в трубу. С одной стороны трубы под давлением подается идеальный газ, который постепенно вытесняет воду, с другой — регистрируется массовый расход газа, прошедшего через образец. В эксперименте измеряют зависимость **массового** расхода газа  $q$  от разности давления газа  $\Delta p$  по обе стороны образца.

Считайте, что скорость движения газа в поре прямо пропорциональна разности давлений и одинакова по сечению поры.

Нарисуйте качественный график зависимости  $q$  от  $\Delta p$  для образца, исследованного в части 2. Объясните полученные вами зависимости.

Поверхностное натяжение воды —  $\sigma_B$ . Температура газа поддерживается постоянной.

### Задача 11.3 Испарение воды

В данной задаче вам необходимо оценить скорость испарения воды.

Используйте следующие характеристики воды и водяного пара:

- молярная масса  $M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;

- плотность воды  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

- универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ ; постоянная Больцмана

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ ;

- атмосферное давление считать постоянным и равным  $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$  температуру воздуха и воды во всех пунктах задачи также считать постоянной и равной  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ;

- давление насыщенного пара при данной температуре равно  $p_n = 2,3 \text{ кПа}$ ;

- при попадании молекул воды из пара на свободную поверхность жидкости только  $\eta = 4,0\%$  молекул задерживаются ею, остальные отражаются;

- коэффициент диффузии молекул воды в воздухе при заданных условиях равен

$D = 3,1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

- абсолютный нуль температуры  $t_0 = -273,15^\circ\text{C}$ .

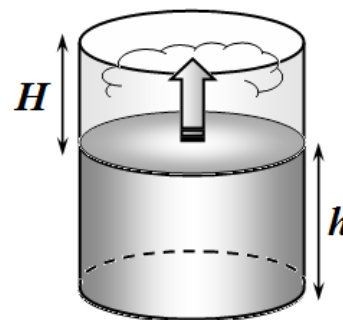
1. Покажите, что число молекул газа, ударяющихся о площадку единичной площади за единицу времени, пропорционально концентрации молекул и средней скорости их движения. Получите формулу для расчета числа ударов молекул газа.

2. В вертикальном открытом цилиндрическом сосуде находится вода при заданных условиях.

2.1 Определите число молекул воды, вылетающих с единицы площади свободной поверхности в единицу времени.

2.2 Считая, что все молекулы воды, вылетевшие с ее поверхности, назад не возвращаются, рассчитайте скорость высыхания воды в сосуде, т.е. скорость изменения высоты ее уровня  $\frac{\Delta h}{\Delta t}$  (Получите формулу и найдите численное

значение, выразив его в  $\frac{м}{час}$ )



3. Скорее всего, полученная в предыдущем пункте оценка скорости высыхания сильно завышена. Уточните ее, считая, что над водой находится воздух, влажность которого равна  $\varphi = 70\%$ .

4. Скорее всего, что новая оценка также завышена! Поэтому учтите влияние диффузии водяного пара в сосуде на скорость испарения. Пусть высота свободной части сосуда над поверхностью воды равна  $H = 10 см$ . В сосуде установится некоторое стационарное распределение концентрации молекул водяного пара по высоте (влиянием боковых стенок можно пренебречь и считать, что концентрация молекул пара зависит только от высоты). Вне сосуда (то есть на высоте  $H = 10 см$  над поверхностью воды) находится воздух, влажность которого равна  $\varphi = 70\%$ . Обозначим влажность воздуха, непосредственно примыкающего к поверхности воды  $\varphi_0$ .

4.1 Найдите зависимость влажности воздуха от расстояния до свободной поверхности воды.

4.2 Рассчитайте количество молекул воздуха, покидающих сосуд в единицу времени (величины граничных влажностей  $\varphi$ ,  $\varphi_0$  и площадь поперечного сечения сосуда считайте известными).

4.3 Найдите влажность воздуха, непосредственно примыкающего в свободной поверхности воды  $\varphi_0$ .

4.4 Рассчитайте скорость высыхания воды с учетом вертикальной диффузии молекул воды.

**Теоретическая подсказка.**

*Диффузионный поток (число молекул пересекающих площадку единичной площади в единицу времени) определяется законом Фика*

$$q = D \frac{\Delta n}{\Delta z},$$

где  $\Delta n$  - изменение концентрации молекул диффундирующих молекул на расстоянии  $\Delta z$ ,  $D$  - коэффициент диффузии.

