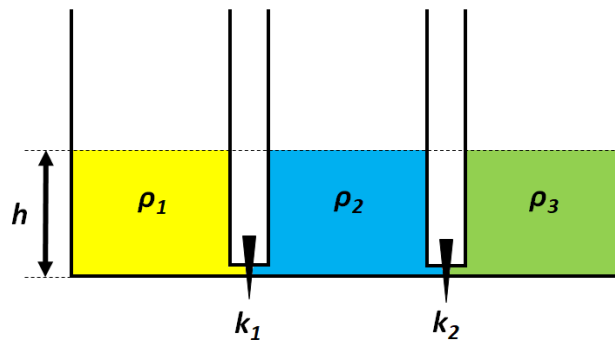


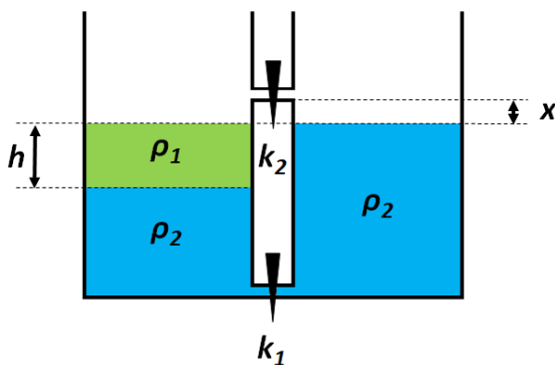
Задания заключительного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2022-2023 гг.

8 класс, задача 1, Вариант 1.

Три одинаковых сосуда соединены тонкими трубками, перекрытыми кранами  $k_1$  и  $k_2$ . В сосуды налиты жидкости с плотностями  $\rho_1 > \rho_3 > \rho_2$ . Начальная высота столбиков жидкости в сосудах одинакова и равна  $h$ . Сначала открывают кран  $k_2$ , дожидаются, когда столбики жидкостей в сосудах придут в равновесие, после чего закрывают. Затем открывают кран  $k_1$ , дожидаются равновесия, и закрывают. В результате в среднем сосуде образовался столбик из трех жидкостей, причем толщина нижнего слоя оказалась в  $q = 10$  раз меньше начальной высоты  $h$ , а среднего – в  $p = 9$  раз меньше  $h$ . Найдите отношение плотностей  $\rho_1 : \rho_3$  и  $\rho_3 : \rho_2$ . Жидкости не смешиваются.



8 класс, задача 1, Вариант 2.



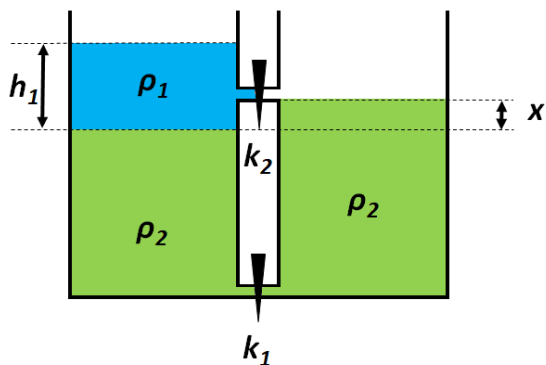
Экспериментальная установка, изображенная на рисунке, предназначена для измерения плотности масла. Она представляет собой два одинаковых сосуда, соединенных двумя тонкими трубками: у самого дна и посередине. В каждой трубке установлены краны ( $k_1$  и  $k_2$ ), изначально они закрыты. В левом сосуде находятся несмешивающиеся вода (плотность  $\rho_2 = 1$  г/мл) и масло с неизвестной плотностью  $\rho_1$ , в правом только вода. Поверхности жидкостей в сосудах находятся на одном уровне, причем ниже верхней трубочки.

Студентам предлагалось определить плотность масла  $\rho_1$ , выполнив следующие действия:

- 1) Измерить высоту столба масла  $h$  и расстояние  $x$  от поверхности жидкости в правом сосуде до верхней трубочки.
- 2) Открыть кран  $k_1$  и дождаться равновесия.
- 3) Закрывать кран  $k_1$ , открыть  $k_2$  и дождаться равновесия.
- 4) Закрывать  $k_2$ , вновь открыть  $k_1$ , дождаться равновесия.
- 5) Измерить расстояние  $y$  от верхней трубочки до поверхности жидкости в правом сосуде.
- 6) По результатам измерений  $h$ ,  $x$  и  $y$  вычислить плотность масла.

Один студент поленился делать эксперимент, измерил только  $h = 15$  см и  $x = 1$  см и пошел домой. Накануне сдачи отчета он «подогнал»  $y$  так, чтобы плотность масла получилась  $\rho_1 = 0,8$  г/мл. Какое значение  $y$  он взял?

8 класс, задача 1, Вариант 3.



Два одинаковых сосуда соединены двумя тонкими трубочками: у самого дна и посередине. В каждой трубочке установлены краны, изначально они закрыты. В левом сосуде находятся несмешивающиеся жидкости плотностью  $\rho_2 > \rho_1$ , в правом только жидкость плотностью  $\rho_2$ . Поверхность жидкости плотностью  $\rho_2$  в правом сосуде находится на уровне верхней трубочки, а в левом — на  $x = 2$

см ниже. Высота столба жидкости  $\rho_1$  равна  $h_1 = 16$  см.

С установкой производят следующие манипуляции. Открывают кран K2, ждут равновесия, закрывают K2. Открывают кран K1, ждут равновесия, закрывают K1. И, снова, открывают кран K2 и ждут равновесия. В результате оказалось, что высота столба жидкости  $\rho_1$  в левом сосуде в  $q = 1,25$  раза больше, чем в правом. Найти отношение плотностей  $\rho_1/\rho_2$ .

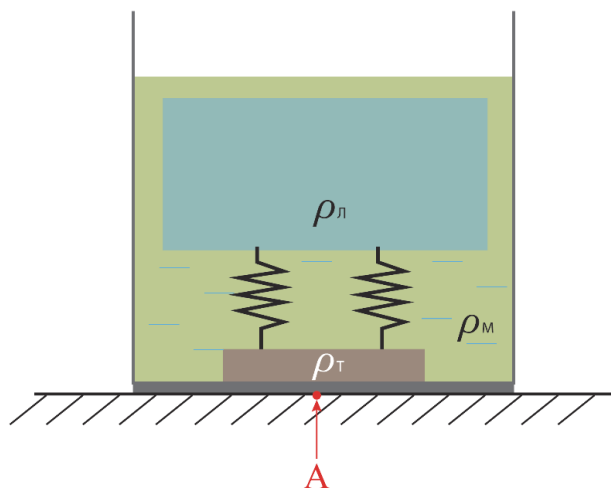
8 класс, задача 2, Вариант 1.

На дно пустого цилиндрического сосуда поместили конструкцию из легкого тела, скрепленного двумя невесомыми упругими пружинками с бруском водяного льда. Затем в сосуд наливают масло так, что оно полностью покрывает лед (см. рисунок) и может просачиваться между телом и дном сосуда. Плотности соотносятся между собой как  $\rho_T < \rho_M < \rho_L$ .

В начальный момент времени система находится при температуре  $0^\circ$ .

- 1) Найдите плотности  $\rho_T$  и  $\rho_M$ , если известны объемы тела  $V_T = 0.0012 \text{ м}^3$ , льда  $V_L = 0.01 \text{ м}^3$  и масла  $V_M = 0.02 \text{ м}^3$ ; плотность льда  $\rho_L = 900 \text{ кг/м}^3$ ; отношение толщины слоя масла в начальном состоянии к толщине слоя масла после того, как лед полностью растаял  $\frac{H}{H'} = 1.5$ . Кроме того, известно, что в начальный момент времени тело давит на дно сосуда с силой  $P = 5 \text{ Н}$ .
- 2) Найдите, как изменится давление сосуда на стол в точке А после того, как лед полностью растает.

Считать, что в конечном состоянии все жидкости в системе разделяются на несмешивающиеся однородные слои.



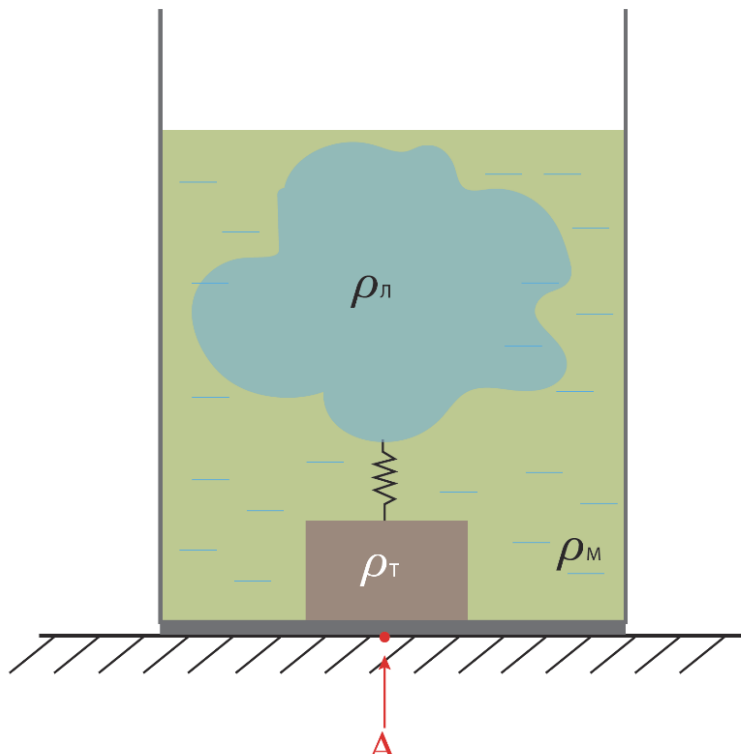
### 8 класс, задача 2, Вариант 2

В сосуд, заполненный маслом, опустили конструкцию из тела, скрепленного невесомой упругой пружинкой с бруском водяного льда объема  $V_{\text{л}} = 5\,000\text{ см}^3$ . Масло полностью покрывает лед (см. рисунок) и может просачиваться между телом и дном сосуда.

В начальный момент времени система находится при температуре  $0^\circ$ . Плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 900\text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000\text{ кг/м}^3$ , плотность масла  $\rho_{\text{м}} = 920\text{ кг/м}^3$ .

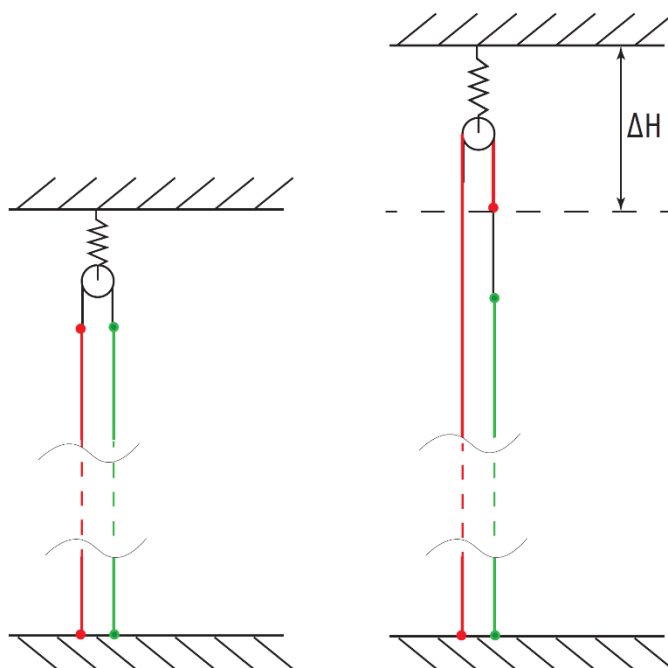
- 1) Найдите, какой объем тела будет погружен в воду после того, как весь лед растает. Известно, что  $\rho_{\text{м}} < \rho_{\text{т}} < \rho_{\text{в}}$ , и что сила реакции опоры, действующая на тело в начальный момент времени,  $N = 0.5\text{ Н}$ , а тело не выступает над поверхностью жидкости.
- 2) Найдите, как изменится давление сосуда на стол в точке А после того, как лед полностью растает.

Считать, что в конечном состоянии все жидкости в системе разделяются на несмешивающиеся однородные слои.



### 8 класс, задача 3

Система состоит из массивного блока, подвешенного на пружине жесткостью  $k_1$ , и двух невесомых упругих жгутов с жесткостями  $k_2$  и  $k_3$  ( $k_2 < k_3$ ), связанных невесомой нерастяжимой нитью. Связка нить-жгуты перекинута через блок и может скользить по нему без трения. Концы пружины и жгутов прочно прикреплены к двум параллельным горизонтальным плоскостям (см. Рисунок). В начальный момент времени жгуты не растянуты. Плоскости развели, увеличив расстояние между ними на  $\Delta H$ . Найдите, на сколько удлинилась пружина и жгуты по сравнению с начальным состоянием. Геометрическими размерами блока можно пренебречь.



### 8 класс, задача 4, Вариант 1

Имеется два теплоизолированных сосуда, в каждом из которых содержится насыщенный водяной пар массой 0,1 кг и вода массой 0,8 г. Температура пара в первом сосуде  $94^\circ\text{C}$ , во втором –  $100^\circ\text{C}$ . Каждый из сосудов нагревают до тех пор, пока вода в нем не испарится полностью. Определите, на сколько количество теплоты, сообщенное в первый сосуд, отличалось от сообщенного во второй. Считайте, что удельная теплота парообразования не зависит от температуры, а давление насыщенного водяного пара возрастает на 2,4 кПа при повышении температуры на 1 К. Удельная теплоемкость водяного пара 1,38 кДж/кг·К. Давление насыщенного пара при  $100^\circ\text{C}$  равно 101,3 кПа.

### 8 класс, задача 4, Вариант 2

Имеется два теплоизолированных сосуда, в каждом из которых содержится насыщенный водяной пар массой 0,1 кг и вода массой 0,5 г. Температура пара в первом сосуде 96 °С, во втором – 100 °С. Каждый из сосудов нагревают до тех пор, пока вода в нем не испарится полностью. Определите, на сколько количество теплоты, сообщенное в первый сосуд, отличалось от сообщенного во второй. Считайте, что удельная теплота парообразования не зависит от температуры, а давление насыщенного водяного пара возрастает на 2,4 кПа при повышении температуры на 1 К. Удельная теплоемкость водяного пара 1,38 кДж/кг·К. Давление насыщенного пара при 100 °С равно 101,3 кПа.

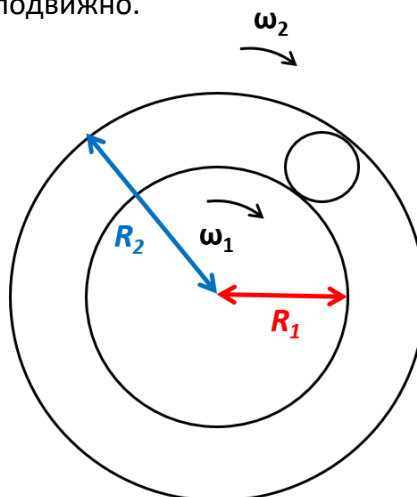
### 8 класс, задача 4, Вариант 3

Имеется два теплоизолированных сосуда, в каждом из которых содержится насыщенный водяной пар массой 0,1 кг и вода массой 0,7 г. Температура пара в первом сосуде 98 °С, во втором – 100 °С. Каждый из сосудов нагревают до тех пор, пока вода в нем не испарится полностью. Определите, на сколько количество теплоты, сообщенное в первый сосуд, отличалось от сообщенного во второй. Считайте, что удельная теплота парообразования не зависит от температуры, а давление насыщенного водяного пара возрастает на 2,4 кПа при повышении температуры на 1 К. Удельная теплоемкость водяного пара 1,38 кДж/кг·К. Давление насыщенного пара при 100 °С равно 101,3 кПа.

### 8 класс, задача 5, Вариант 1

Система из трех колец закреплена так, как показано на рисунке. Внутреннее кольцо радиусом  $R_1$  вращается вокруг своей оси с частотой  $\omega_1$ , внешнее кольцо радиусом  $R_2$  – с частотой  $\omega_2 > \omega_1$  в том же направлении. Между кольцами  $R_1$  и  $R_2$  зажато малое кольцо радиусом  $r$  так, что при вращении колец оно движется без проскальзывания. Определите:

- 1) Время, за которое ось малого кольца совершит полный оборот вокруг оси колец  $R_1$  и  $R_2$ ;
- 2) Частоту обращения малого кольца вокруг своей оси в системе отсчета, в которой внутреннее кольцо неподвижно.



### 8 класс, задача 5, Вариант 2

Система из трех колец закреплена так, как показано на рисунке. Внутреннее кольцо радиусом  $R_1$  вращается вокруг своей оси с частотой  $\omega_1$ , внешнее кольцо радиусом  $R_2$  – с частотой  $\omega_2 < \omega_1$  в противоположном направлении. Между кольцами  $R_1$  и  $R_2$  зажато малое кольцо  $r$  так, что при вращении колец оно движется без проскальзывания. Определите:

- 1) Время, за которое ось малого кольца совершит полный оборот вокруг оси колец  $R_1$  и  $R_2$ ;
- 2) Частоту обращения малого кольца вокруг своей оси в системе отсчета, в которой внутреннее кольцо неподвижно.

