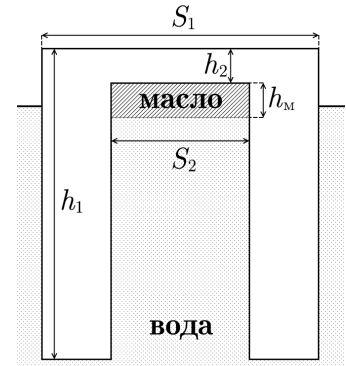


Физическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2017-2018 учебный год. Заключительный этап

### Задачи для 8 класса

**8.1.** Бегун бежит дистанцию 6 км. Первый км он пробегает за 3 минуты, а каждый последующий — за время на  $t$  большее, чем предыдущий. Известно, что средняя скорость бегуна на дистанции равна 18 км/ч. Найдите  $t$ .

**8.2.** Перевернутый толстостенный ледяной стакан плавает в воде. Верхнюю часть стакана наполняет слой масла толщиной  $h_m = 5$  см, ниже которого вода. Высота стакана от дна до краев  $h_1 = 54$  см, толщина дна  $h_2 = 5$  см. Внешняя площадь дна стакана  $S_1 = 100$  см<sup>2</sup>, внутренняя  $S_2 = 50$  см<sup>2</sup>. В дне стакана просверливают тонкое вертикальное отверстие. Насколько в нем поднимется уровень масла, если считать, что площадь отверстия много меньше площади дна стакана?



**Примечание.** Плотность воды  $\rho_v = 1$  г/см<sup>3</sup>, плотность льда  $\rho_l = 0,9$  г/см<sup>3</sup>, плотность масла  $\rho_m = 0,7$  г/см<sup>3</sup>.

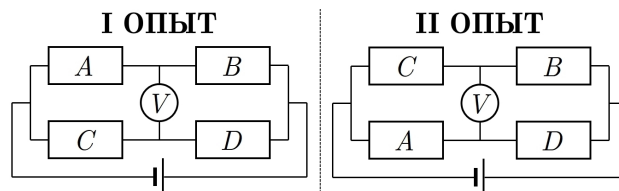
**8.3.** Чтобы наполнить полную ванную объемом  $V = 540$  л, требуется  $t = 30$  минут. Вода нагревается газовым водонагревателем, при этом температура горячей воды  $T = 35^\circ\text{C}$ , а температура поступающей в водонагреватель холодной  $T_0 = 15^\circ\text{C}$ . Какова мощность водонагревателя и за какое время он израсходует  $m = 1$  кг бытового газа?

**Примечание.** Удельная теплота сгорания бытового газа  $q = 31,5$  МДж/кг.

**8.4.** Копаясь в своей детской, экспериментатор Глюк нашел электрическую схему из своего набора «Юный физик». Схема состоит из четырех резисторов и вольтметра. Экспериментатор помнит, что сопротивления резисторов равны 1, 2, 4 и 8 Ом, но не помнит, у какого из них какое.

Подключив схему к идеальной батарейке с напряжением  $U = 9$  В, Глюк обнаружил, что вольтметр показывает  $U_1 = 0$  В. Тогда он поменял местами резисторы  $A$  и  $C$ , после чего вольтметр показал  $U_2 = 2$  В.

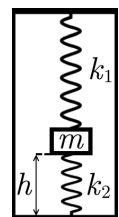
Может ли теперь Глюк, измерив только сопротивление  $D$ , определить все остальные? Рассмотрите все возможные варианты.



**8.5.** Груз массой  $m = 4$  кг висит в емкости на двух пружинах, одна из которых прикреплена к крышке емкости, а другая — ко дну. Коэффициент упругости верхней пружины  $k_1 = 1500$  Н/м, нижней —  $k_2 = 500$  Н/м. Тело покоится на высоте  $h = 30$  см над дном.

Как изменится его положение, если емкость наполнить водой?

**Примечание.** Плотность воды  $\rho_v = 1$  г/см<sup>3</sup>, плотность грузика  $\rho_r = 2$  г/см<sup>3</sup>.



Физическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2017-2018 учебный год. Заключительный этап

**Задачи для 9 класса**

**9.1.** Вася стоит у края платформы, к которой подъезжает поезд. Вася заметил, что первый вагон проехал мимо него за время  $t_1$ , а второй за время  $t_2$ .

За какое время мимо него пройдет весь поезд, если известно, что край последнего вагона остановится точно напротив Васи, а поезд замедляется с постоянным ускорением?

**9.2.** Ледяная пушка использует для приготовления льда теплую воду с начальной температурой  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ . Доля  $\eta = 5\%$  от энергии, которая выделяется при охлаждении и заморозке воды, тратится пушкой на выбрасывание приготовленных ледышек.

Найдите максимальную дальность полета ледяных снарядов, если считать, что силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

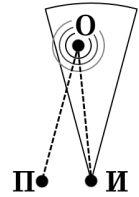
**Примечание.** Удельная теплоемкость воды  $C = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 336 \frac{\text{КДж}}{\text{кг}}$ .

**9.3.** Фургон нагревается от источника тепла постоянной мощности. Известно, что если стены фургона сделаны из однородного материала, то температура воздуха внутри него растет пропорционально их толщине. Если стены делать из материала I, то при толщине  $l_1 = 2$  см и температуре внешнего воздуха  $T_0 = 0^\circ\text{C}$  внутри фургона установится  $T = 20^\circ\text{C}$ . Если стены делать из материала II, то такая же температура установится при толщине  $l_2 = 6$  см.

Какова полная толщина стен в третьем фургоне таких же размеров, если известно, что они сделаны на половину толщины из материала I, на другую половину — из материала II, а установившаяся внутри третьего фургона температура равна  $T = 10^\circ\text{C}$ ?

**9.4.** Принцип радиолокации таков: источник **И** с постоянной мощностью излучает примерно равномерное излучение в некоторый конус направлений, а приемник **П** ловит отраженный от объекта **О** сигнал.

1. Во сколько раз изменяется мощность попадающего на объект излучения при увеличении расстояния до него в 2 раза?
2. Предположим, приемник ловит отраженный сигнал от объекта, максимально удаленного от источника (и, соответственно, приемника) на 10 км. Во сколько раз нужно увеличить мощность источника, чтобы сигнал от этого объекта ловился на расстоянии 20 км?

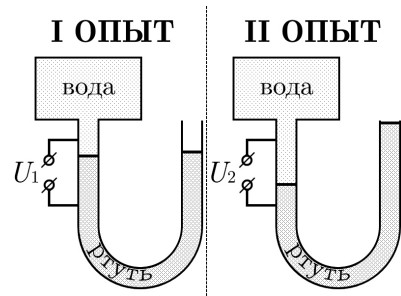


**Примечание.** Считайте, что объект рассеивает излучение равномерно во все стороны; приемник же срабатывает, если мощность, попадающая в него, не меньше некоторого минимального порога.

**9.5.** Экспериментатору Глюку наскучили обычные электрические схемы, и потому он решил собрать новую, оригинальную. К одному из колен U-образного сосуда с диэлектрическими стенками он приварил большую емкость, наполненную соляным раствором воды, в другое налил ртуть, после чего подключил к источнику напряжения так, как это показано на рисунке.

При подключении  $U_1 = 100$  В экспериментатор наблюдал, как вода некоторое время расширяется, смещая границу со ртутью вниз, но затем останавливается. Измерив температуру, Глюк обнаружил, что на проводящем участке установилась постоянная температура  $T_1 = 40^\circ$ . При подключении напряжения  $U_2 = 200$  В установившаяся температура оказалась равна  $T_2 = 60^\circ$ .

Какое напряжение нужно подключить к схеме, чтобы установилась температура  $T_3 = 80^\circ$ ?



**Примечание.** Считайте, что удельное сопротивление соляного раствора не зависит от температуры, а его расширение (смещение границы воды) зависит от температуры  $T$  следующим образом:  $x = B(T - T_0)$ , где  $B$  — некоторый неизвестный постоянный коэффициент. Мощность теплотерь прямо пропорциональна разности температур. Температура окружающей среды  $T_0 = 20^\circ$ . Удельное сопротивление ртути можно считать пренебрежимо малым.

### Задачи для 10 класса

**10.1.** Вода массой  $m = 1$  кг нагревается в кастрюле с помощью электроплитки мощностью 100 Вт и не может закипеть — температура воды в кастрюле остается равной 98 градусам. Кастрюлю быстро переставили на другую электроплитку, более мощную, и вода дошла до кипения за 5 секунд.

Чему равна мощность второй электроплитки?

**10.2.** В два одинаковых плоских конденсатора, пластины которых расположены горизонтально, влетают заряженные частицы с одинаковыми массами  $m$  и зарядами  $+q$  и  $-q$ . Обе частицы прилипают к нижней пластине конденсатора, но первая — в два раза дальше от края, чем вторая. Начальные скорости обеих частиц равны и направлены горизонтально, начальное положение находится точно в середине между пластинами.

Найдите напряженность электрического поля  $E$  между пластинами конденсатора.

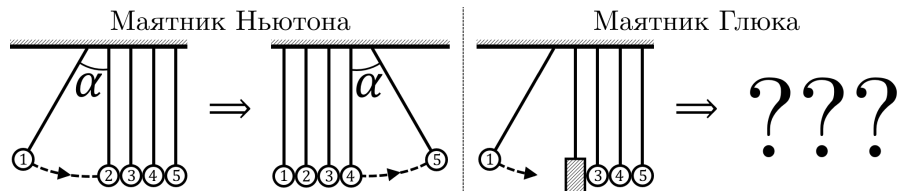
**10.3.** Капля дождя, испаряясь, падает в воздухе. Медленно замедляясь (то есть с очень маленьким ускорением), капля начального радиуса  $r_0$  до своего полного испарения за время  $t_0$  успела пролететь расстояние  $h_0$ .

1. За какое время полностью испарится капля радиуса  $2r_0$ ?
2. Какое расстояние она успеет пройти?

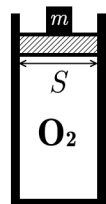
**Примечание.** Силу сопротивления воздуха считайте пропорциональной скорости и радиусу капли:  $F = kvr$ .

**10.4.** У экспериментатора Глюка на рабочем столе стоит маятник Ньютона, содержащий 5 металлических шариков. Как известно, отклонив первый шарик и отпустив, он стукнется о второй шарик и остановится, а в результате передачи импульса отклонится последний шарик.

Глюк решил заменить шарик с номером 2 на резиновую прокладку. Сколько шариков отклонится от положения равновесия после удара первого шарика?



**10.5.** Сосуд с теплоизолирующими стенками закрыт легким теплоизолирующим поршнем. В сосуде находится  $\nu = 0,01$  молей кислорода. В начальный момент времени поршень удерживали таким образом, что давление в сосуде было  $P_1 = 3 \cdot 10^4$  Па, затем на поршень поставили тело массой  $m = 10$  кг и отпустили. Какая температура установится в сосуде после того, как система придет в равновесие?



**Примечание.** Считайте, что все тепло, выделившееся при движении поршня, осталось в сосуде; площадь поршня над левой половиной  $S = 10$  см<sup>2</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 10^5$  Па.

Физическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2017-2018 учебный год. Заключительный этап

**Задачи для 11 класса**

**11.1.** Кубик с длиной ребра  $a = 10$  см погружен в емкость с сильно соленой водой, плотность которой меняется с глубиной по закону:  $\rho = \rho_0 + bh$ , где  $\rho_0 = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $b = 0,005$  г/см<sup>4</sup>. Кубик находится в равновесии, когда глубина погружения его верхней грани  $H = 75$  см.

1. Найдите массу кубика.
2. Найдите период малых вертикальных колебаний кубика около этого положения равновесия.

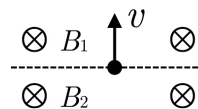
**Примечание.** Силой сопротивления среды пренебрегите.

**11.2.** Вокруг некой звезды обращаются две планеты. Орбиты планет являются окружностями с радиусами  $r_1 = r$  и  $r_2 = 4r$  и лежат в одной плоскости. Известно, что астрономы на дальней планете наблюдают прохождение ближней по диску звезды с периодичностью  $T$ .

1. Сколько длится год на каждой из планет?
2. Найдите массу звезды.

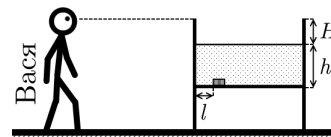
**Примечание.** Считайте, что массы планет пренебрежимо малы по сравнению с массой звезды.

**11.3.** Положительно заряженная частица находится на границе границе двух постоянных магнитных полей  $B_1$  и  $B_2$  и летит с начальной скоростью  $v$ , направленной перпендикулярно этой границе.



Найдите среднюю скорость перемещения частицы в этой системе.

**11.4.** Перед Васей стоит стеклянный сосуд с водой, уровень воды в котором  $h = 50$  см. На расстоянии  $l = 50$  см от стенки сосуда на его дне лежит упавшая в воду маленькая монета. Когда Вася, двигаясь горизонтально, приблизил голову к краю сосуда, он заметил, что видит сразу две монетки; но когда приблизил голову еще сильнее, то снова стал видеть лишь одну.



1. На каком расстоянии был Васин глаз от края сосуда в тот момент, когда он впервые увидел двойное изображение?
2. На каком расстоянии он был, когда оно вновь пропало?

Известно, что глаза Васи находятся на высоте  $H = 30$  см выше уровня воды в сосуда, а коэффициент преломления воды  $n_1 = 4/3$ .

3. Как качественно изменится ситуация, если вместо воды в сосуд налить жидкость с коэффициентом преломления  $n_2 = 1,5$ ?

**Примечание.** Толщину стеклянных стенок сосуда считайте пренебрежимо малой.

**11.5.** Сосуд объема  $V$  разделен на две части подвижным поршнем. В обеих частях сосуда находится по  $\nu$  моль гелия. В начальный момент в обеих частях поддерживается одинаковая температура  $T$ . Затем к правой части медленно подводится количество теплоты  $Q$ .

1. Какими станут объемы правой и левой части сосуда?
2. Какие температуры установятся в этих частях?

**Примечание.** Считайте, что ни стенки сосуда, ни поршень не пропускают тепло.