

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

8 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 1. Вареники с творогом.

Восьмиклассник Андрей после школы собрался сварить 20 вареников с творогом. Включив газовую плиту мощностью 1250 Вт, Андрей решил ускорить процесс – влил в кастрюлю горячую воду из недавно кипевшего чайника ($T_1 = 90^\circ$) и тут же закинул в воду один вареник. Остальные вареники Андрей кидал по очереди с интервалами в 12 секунд. Считайте, что вареники абсолютно идентичные и при опускании в кастрюлю имеют температуру 0°C . Масса одного вареника 25 грамм, удельная теплоемкость 3 кДж/кг \cdot $^\circ\text{C}$. Теплоемкость воды 5000 Дж/ $^\circ\text{C}$. Теплоемкостью кастрюли и тепловыми потерями можно пренебречь. Кроме того, Андрей все время помешивает содержимое кастрюли, так что оно приходит к тепловому равновесию очень быстро.

- 1) Сколько раз закипала вода в кастрюле у Андрея до момента опускания последнего вареника?
- 2) Сколько будет закипаний, если Андрей уменьшит интервал опускания вареников до 7 секунд?

Возможное решение:

1) Определим количество теплоты, которую нужно сообщить системе, чтобы нагреть ее до $T_k = 100^\circ\text{C}$. В начале эта величина $Q_0 = C_v \cdot (T_k - T_1) = 5000 \cdot (100 - 90) = 50\,000$ Дж = 50 кДж. (1 балл)

Каждый вареник, который попадает в кастрюлю, тоже надо нагреть до 100 градусов, на его нагревание должно уйти $Q_n = c_n m_n (T_k - T_n) = 3000 \cdot 0,025 \cdot (100 - 0) = 7\,500$ Дж = 7,5 кДж. (1 балл)

При этом за промежуток времени 12 секунд (от закидывания одного вареника до закидывания следующего) в систему от плиты поступает $Q = Pt = 1250 \cdot 12 = 15\,000$ Дж = 15 кДж. (1 балл)

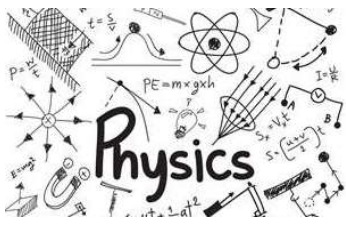
Определим первый момент, когда вода закипит. К концу промежутка N (перед тем, как закинут $(N+1)$ -й вареник) количество поступившей теплоты должно быть больше или равно необходимому для нагревания всей системы до 100 градусов:

$$N \cdot Q \geq Q_0 + N \cdot Q_n, \text{ тогда } N \geq Q_0 / (Q - Q_n), N \geq 6,67. \text{ (2 балла)}$$

Таким образом, первый раз вода закипит после заброса 7-го вареника. (1 балл)

Если же вода закипела в первый раз, то за следующие 12 секунд плита сообщит достаточное количество тепла, чтобы вода закипела снова (15 кДж > 7,5 кДж). Таким образом, вода будет кипеть в общей сложности 13 раз – первый раз мы определили выше, а также вода будет кипеть в каждый следующий промежуток времени (то есть, после 7-го, 8-го, 9-го, ... 19-го вареника). (2 балла)

2) Если промежуток времени уменьшить до 8 секунд, то от плиты в систему будет поступать $Q_1 = 1250 \cdot 7 = 8750$ Дж, тогда $N_1 \geq Q_0 / (Q_1 - Q_n), N_1 \geq 40$. Так что к моменту закидывания 20-го пельмешка вода закипеть не успеет ни разу (2 балла за аргументированный верный ответ, верный ответ без аргументации 1 балл)



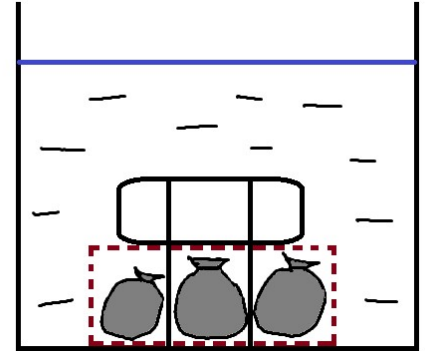
Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

8 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 2. Всплывет или нет?

В резервуар, содержащий один кубический метр воды, поместили невесомый контейнер, содержащий несколько мешочков с солью, общая масса которых 500 кг. Сверху к контейнеру прикреплен пробковый поплавок, объем которого в 10 раз меньше объема воды в резервуаре. Материал мешочков позволяет соли постепенно растворяться в воде, причем объем воды при этом меняется незначительно. Сможет ли конструкция всплыть через некоторое время, если в 1 литре воды растворяется максимум 320 грамм соли? Считайте, что объем контейнера, материала мешочков и креплений пренебрежимо мал. Плотность материала поплавка 250 кг/м^3 , плотность воды 1000 кг/м^3 , плотность соли 2800 кг/м^3 .



Возможное решение:

Будем использовать следующие обозначения: M – начальная масса соли, $V = 0,1 \text{ м}^3$ – объем пробкового поплавка, $V_0 = 1 \text{ м}^3$ – объем воды в резервуаре, $\rho_n = 250 \text{ кг/м}^3$ – плотность пробки, $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды, $\rho_c = 2800 \text{ кг/м}^3$ – плотность соли.

Рассмотрим момент, когда растворилось максимальное количество соли в воде.

Так как $1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$, то в 1 м^3 растворится $\Delta m = 320 \text{ кг}$ соли. **(1 балл)**

Тогда масса не растворившейся соли $m = M - \Delta m = 500 - 320 = 180 \text{ кг}$. **(1 балл)**

Масса пробкового поплавка $m_n = \rho_n \cdot V = 25 \text{ кг}$. **(1 балл)**

По мере растворения соли увеличивается плотность воды, что приводит к увеличению силы Архимеда, действующей на мешочки с солью и поплавок.

Определим плотность раствора после максимального растворения соли. По условию объем жидкости не меняется, поэтому при смешивании 1 кг воды (масса 1 литра воды) с 320 граммами соли получается раствор объемом 1 литр и массой 1,32 кг. Значит, плотность раствора $\rho = 1320 \text{ кг/м}^3$. **(2 балла)**

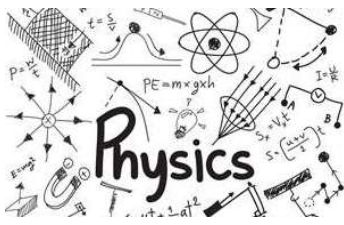
Поплавок и контейнер всплывут, если сила Архимеда окажется больше силы тяжести, действующей на поплавок и мешочки с оставшейся солью.

$$F_A = \rho g(V + V_c) = \rho g(V + m/\rho_c) = 1320 \cdot 10 \cdot (0,1 + 180/2800) = 2169 \text{ Н} \text{ (2 балла)}$$

$$F_m = mg + m_n g = 2050 \text{ Н. (1 балл)}$$

Так как $F_A > F_m$, то конструкция всплывет. **(2 балла)**

Примечание: участник может пойти другим путем – например, посчитать, сколько соли должно раствориться, чтобы конструкция всплыла, а затем сравнить с тем количеством, которое может раствориться. Также участник может не выполнять часть промежуточных вычислений. Это не является ошибкой. В этом случае оцениваются логически верные шаги и при правильном решении ставится максимальный балл.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

8 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 3. Средняя скорость.

На каникулах восьмиклассник Федор вместе с родителями поехал на машине в инженерно-физическую школу «Рысь-2». Первую часть пути они ехали со скоростью 18 м/с, вторую часть – со скоростью 43,2 км/ч, а третью часть со скоростью 900 м/мин. Оказалось, что на первый участок было затрачено $2/5$ всего времени движения, а вторая часть дороги составила $1/4$ от всего пути. Определите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

Возможное решение:

Для начала переведем все скорости в м/с: $v_2 = 12$ м/с, $v_3 = 15$ м/с. (1 балл)

Пусть s – полный путь автомобиля, а t – полное время его движения. На первый участок приходится $2/5$ всего времени, а на второй участок $1/4$ всего пути, поэтому:

$$t_2 + t_3 = 3t/5 \text{ (1 балл)},$$

$$s_2 + s_3 = 3s/4 \text{ (1 балл)}.$$

Поскольку $s_1 = v_1 \cdot 2t/5$, $s_3 = v_3 t_3$, $t_2 = (s/4)/v_2$, получаем два уравнения:

$$\frac{s}{4v_2} + t_3 = \frac{3t}{5}; \text{ тогда } t_3 = \frac{3t}{5} - \frac{s}{4v_2} \text{ (*)}$$
$$\frac{2v_1 t}{5} + v_3 t_3 = \frac{3s}{4} \text{ (**)}, \text{ подставим сюда (*)}, \text{ получим}$$
$$\frac{2v_1 t}{5} + \frac{3v_3 t}{5} - \frac{sv_3}{4v_2} = \frac{3s}{4}$$

За уравнение (*) ставится 2 балла и за уравнение (**) тоже 2 балла.

Разделим последнее уравнение на t и учтем, что $v_{\text{ср}} = s/t$, получим

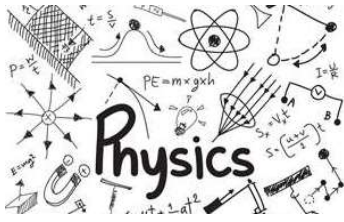
$$\frac{2v_1}{5} + \frac{3v_3}{5} - \frac{v_{\text{ср}} v_3}{4v_2} = \frac{3v_{\text{ср}}}{4}.$$

Отсюда осталось выразить $v_{\text{ср}}$ либо в общем виде, либо подставив численные значения.

$$v_{\text{ср}} = \frac{4(2v_1 + 3v_3)}{5(3 + v_3/v_2)}$$

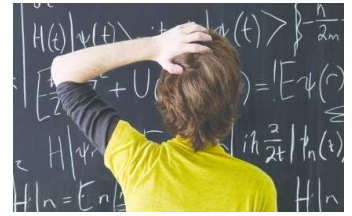
$v_{\text{ср}} \approx 15,27$ м/с $\approx 54,9$ км/ч. (3 балла за нахождение средней скорости; за подстановку численных значений в промежуточные формулы оценка не снижается)

Примечание: Участники могут решать другим способом, получая иные выражения. При альтернативных способах решения оцениваются логически верные шаги, и если получен верный ответ, то ставится максимальный балл.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

8 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.

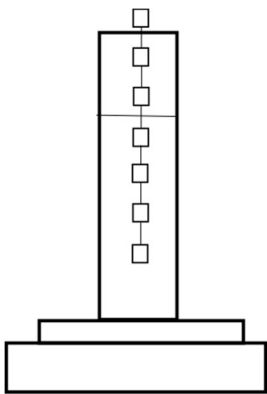


Задача 4. Бусы.

Экспериментатор Глюк решил проделать следующий опыт. Он связал между собой одинаковые тела из набора для калориметрии ниткой в «бусы». Затем на электронных весах Глюк установил мензурку объёмом 1000 мл с ценой деления 5 мл, заполненную водой до отметки 700 мл, и нажал кнопку «TARE». На циферблате экспериментатор увидел значение «0,00», после чего стал погружать «бусы» в воду. Показания весов стали увеличиваться с каждым погруженным грузом. Глюк делал опыт ак-

N	m, г
0	0
1	10,6
2	21,2
3	31,9
4	42,6
5	53,3
6	64,5
7	74,6

куратно, так что грузы в процессе не касались стенок и дна мерного цилиндра. Результаты эксперимента приведены в таблице справа.

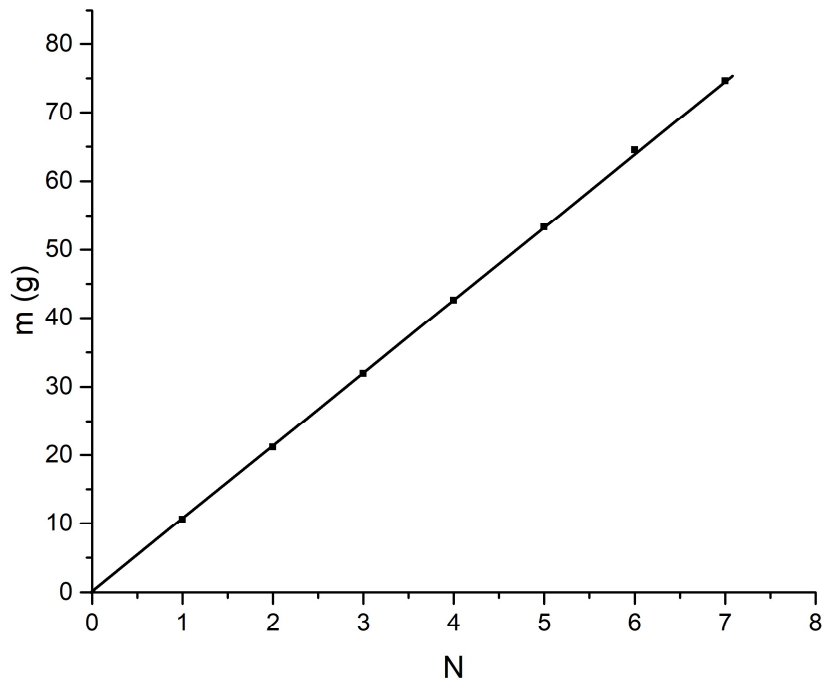


- 1) Постройте зависимость показаний весов от количества погруженных грузов.
- 2) **По графику** определите объём одного груза. Оцените погрешность определения объёма.
- 3) Взвесив на весах 7 грузов сразу, Глюк получил значение 582,5 г. Используя результаты, полученные в предыдущих пунктах, найдите плотность материала, из которого изготовлены грузы.

Возможное решение:

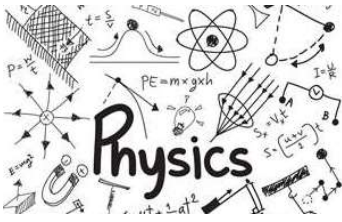
1) График оценивается **всего в 4 балла**. По 1 баллу за адекватный масштаб, чтобы все оси были подписаны, на всех осях нанесена шкала, точки не соединены ломаной линией, а проведена оптимальная прямая.

2) На груз, погруженный в воду, действует сила Архимеда, и соответственно такая же по величине сила действует на весы, в противоположном направлении. Тогда, показания весов



$$\Delta m = \frac{F_{\text{арх}}}{g} = \rho \Delta V \text{ (2 балла)}, \text{ где } \rho = 1000 \text{ кг/м}^3 \text{ плотность воды.}$$

Отсюда мы можем найти погруженный объём $\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}$.

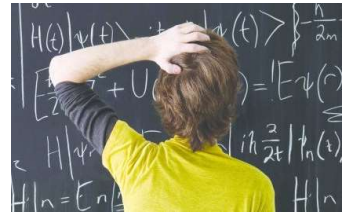


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

8 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 40 баллов.



Выбрав удобную точку на графике найдем $\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{74,6\text{см}^3}{1\text{г/см}^3} = 74,6\text{см}^3$. Этот объем соответствует семи погруженным грузам, значит объем одного $V_1 = \frac{74,6\text{см}^3}{7} \approx 10,66\text{см}^3$ (**2 балла**). При отклонении $0,05\text{см}^3$ ставится **1 балл**, при отклонении $0,1\text{см}^3$ и более 0 баллов.

Судя по записям в таблице, цена деления весов составляла 0,1 г. Если принять погрешность весов равной половине цене деления, то погрешность определения полного объема всех грузов $0,05\text{см}^3$. А погрешность определения объема одного груза $\Delta V_1 = \frac{0,05\text{см}^3}{7} \approx 0,007\text{см}^3 \approx 0,01\text{см}^3$ (**1 балл**).

Если погрешность весов приняли равной цене деления, то всё равно ставится 1 балл за этот пункт. Подходы к оценке погрешностей отличаются, поэтому если порядок величины сходится, ставить 1 балл при корректных рассуждениях.

Найдем плотность $\rho = \frac{m}{\Delta V} = \frac{582,5\text{г}}{74,6\text{см}^3} \approx 7,81\text{г/см}^3$. (**1 балл**, если отклонение не превышает $0,05\text{ г/см}^3$).