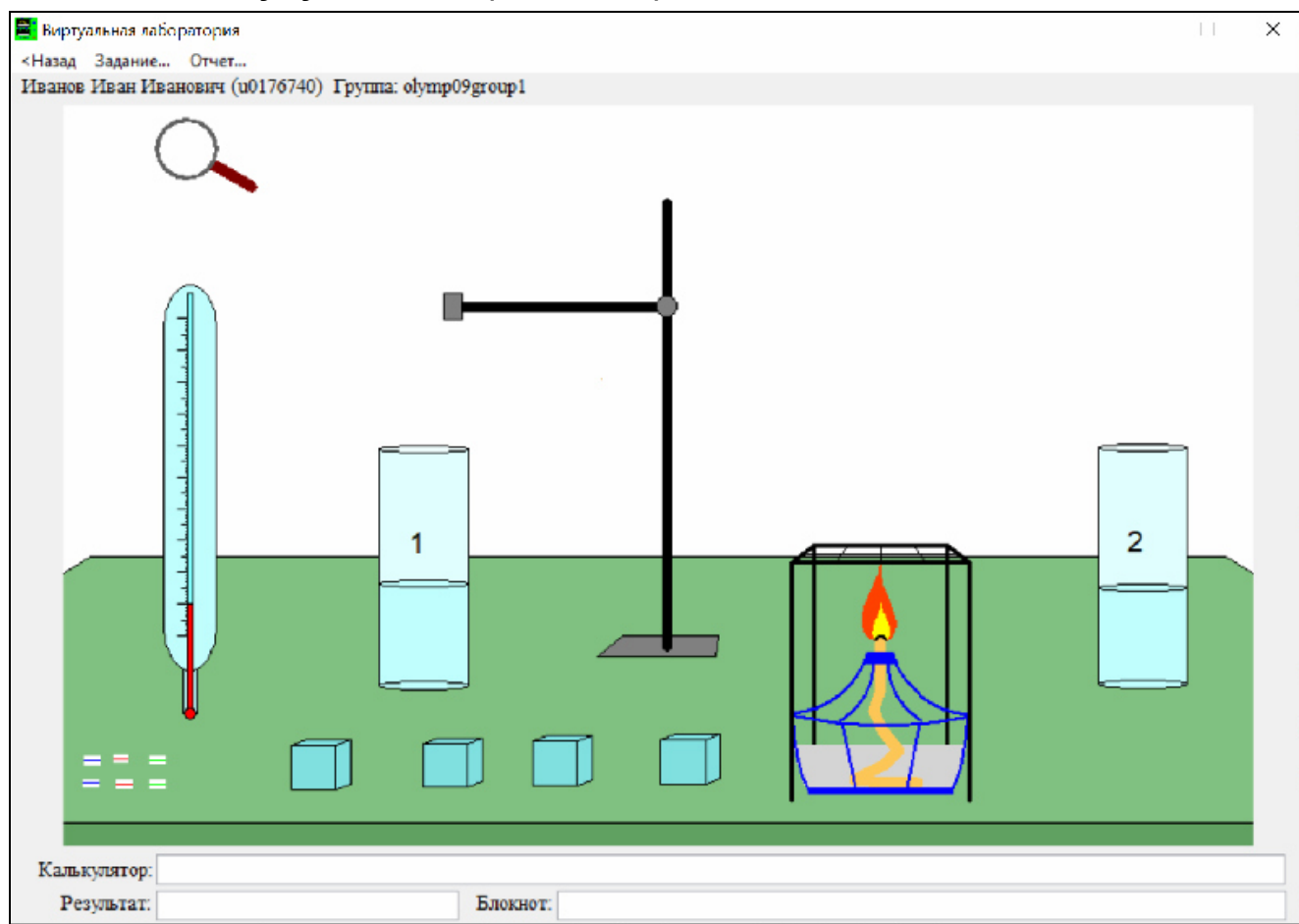


Разбор избранных заданий Интернет-олимпиады школьников по физике 2024/2025 учебного года

1. Тур 1. 8 класс. Олимпиада, модель: Определите температуру воды в стаканах и массу кубика льда (15 баллов)



Имеется два стакана с водой, четыре одинаковых кубика льда, спиртовка и градусник с самодельной неподписанной шкалой. Также имеется шесть разноцветных наклеек, которые можно закреплять на градуснике. Объём воды в первом стакане равен 194 см^3 , во втором 184 см^3 .

Определите температуру воды в каждом из стаканов, а также массу одного кубика льда. Ответы вводите с точностью не хуже чем до десятых. Плотность воды считайте равной 1 г/см^3 , удельная теплота плавления льда равна 335 кДж/кг , теплоёмкость воды равна $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$. Начальная температура льда равна 0°C .

Время в модельном эксперименте ускорено, чтобы не приходилось ждать слишком долго, а происходящие процессы изображаются идеализированно - можно пренебречь теплоемкостью стаканов и обменом тепла между водой и окружающей средой во всех случаях, кроме того, когда стакан с водой находится на спиртовке.

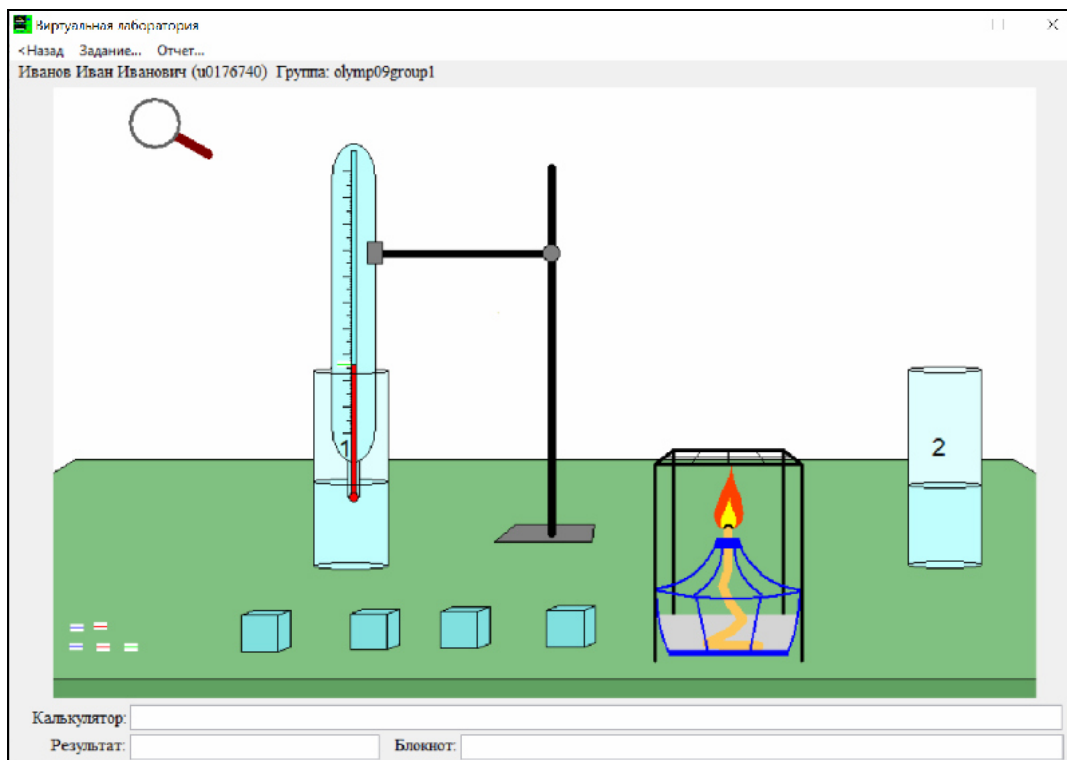
Градусник зажимается лапкой штатива, если поднести его сбоку на небольшую глубину внутрь лапки и отпустить. Проносить градусник или кубики сквозь стекло нельзя.

Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе любой выбранный участок экрана, после чего щелчок мышью в любом месте экрана возвращает

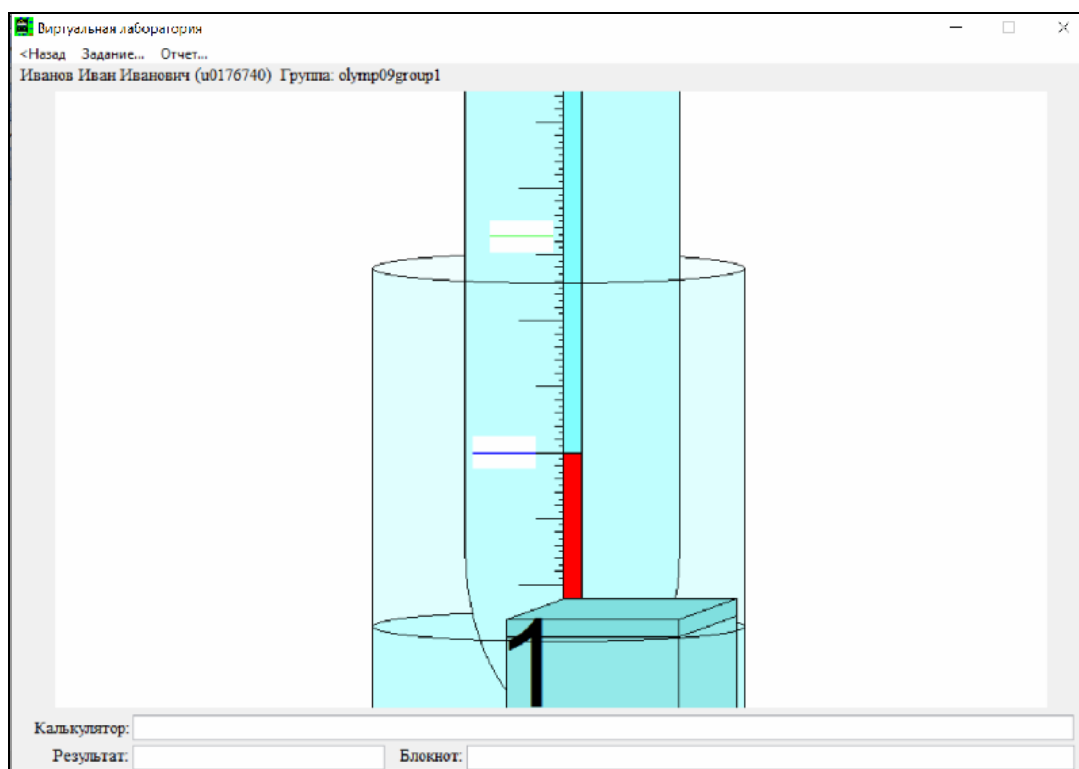
первоначальный масштаб. Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается до трех штрафных баллов.

Решение.

Опустим градусник сверху вниз в стакан (проносить сквозь стекло стакана его нельзя!) и закрепим в лапке штатива. Отметим положение столбика термометра зеленой наклейкой.

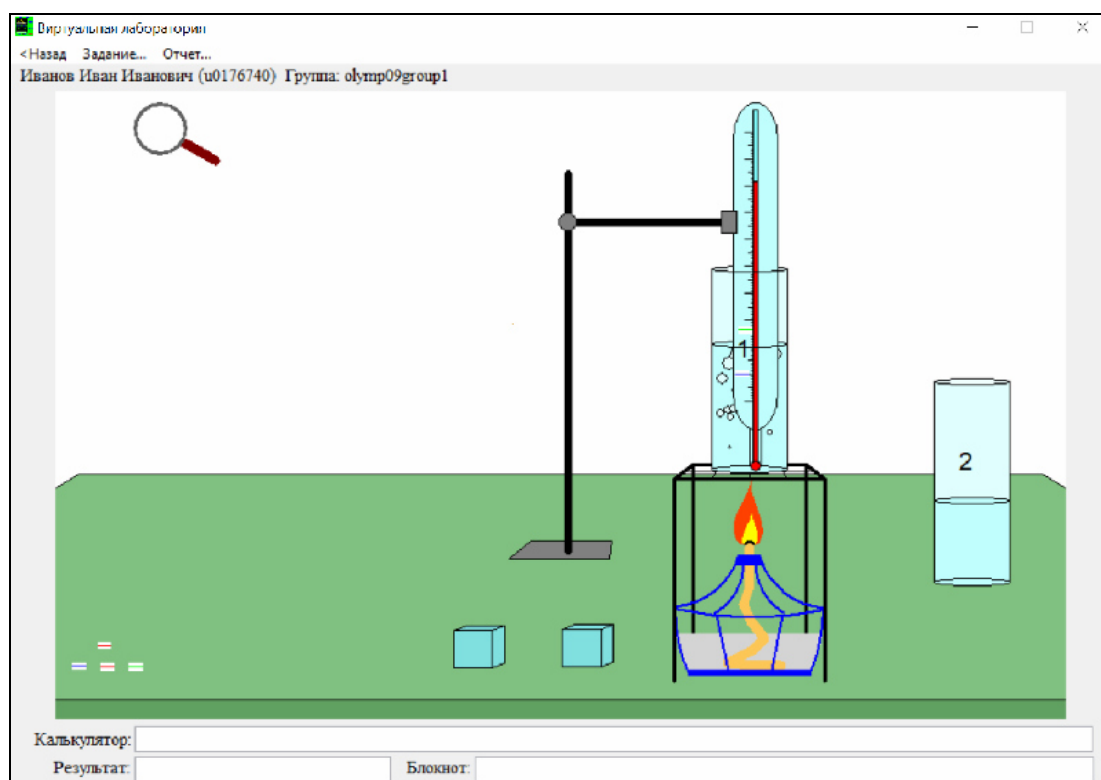


Положим в стакан кубик льда. Он полностью растает. Положим в стакан еще один кубик льда. Он растворится лишь частично. Пометим синей наклейкой положение столбика термометра.



Данное состояние соответствует 0°C .

После чего поставим стакан нагреваться на спиртовке и дождемся кипения воды.



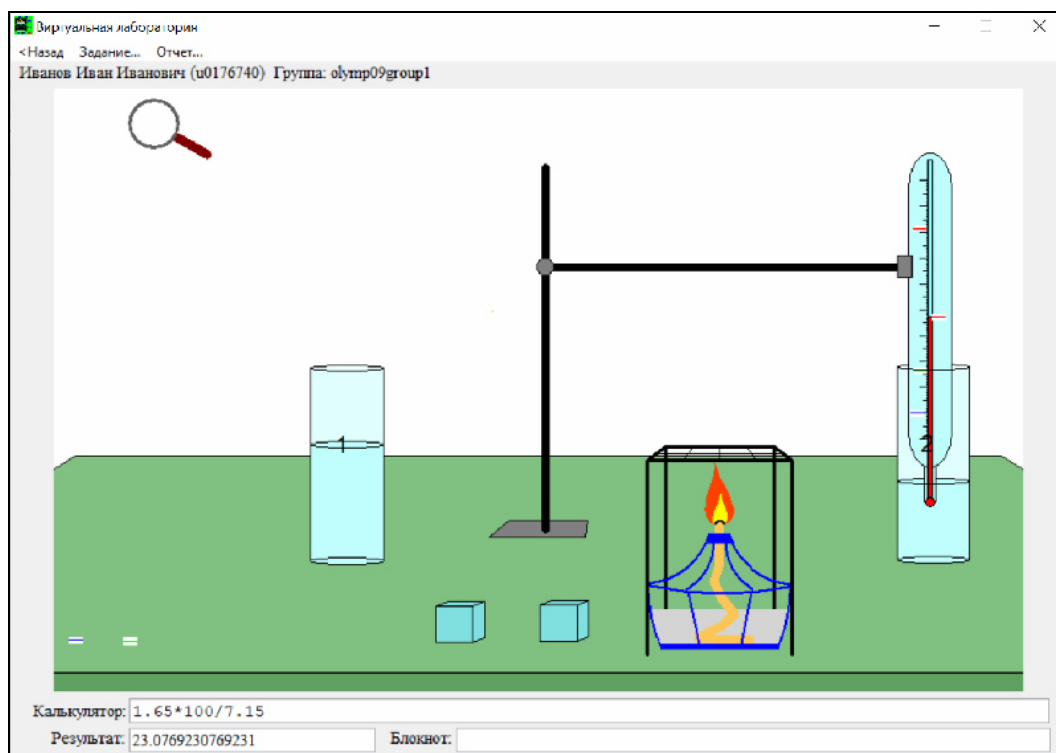
Пометим соответствующее положение столбика термометра красной наклейкой.

Получим 7.15 больших делений шкалы градусника от 0°C до 100°C . То есть

1 большое деление = 10 малых делений = 20 самых маленьких делений = $100/7.15^{\circ}\text{C}$.

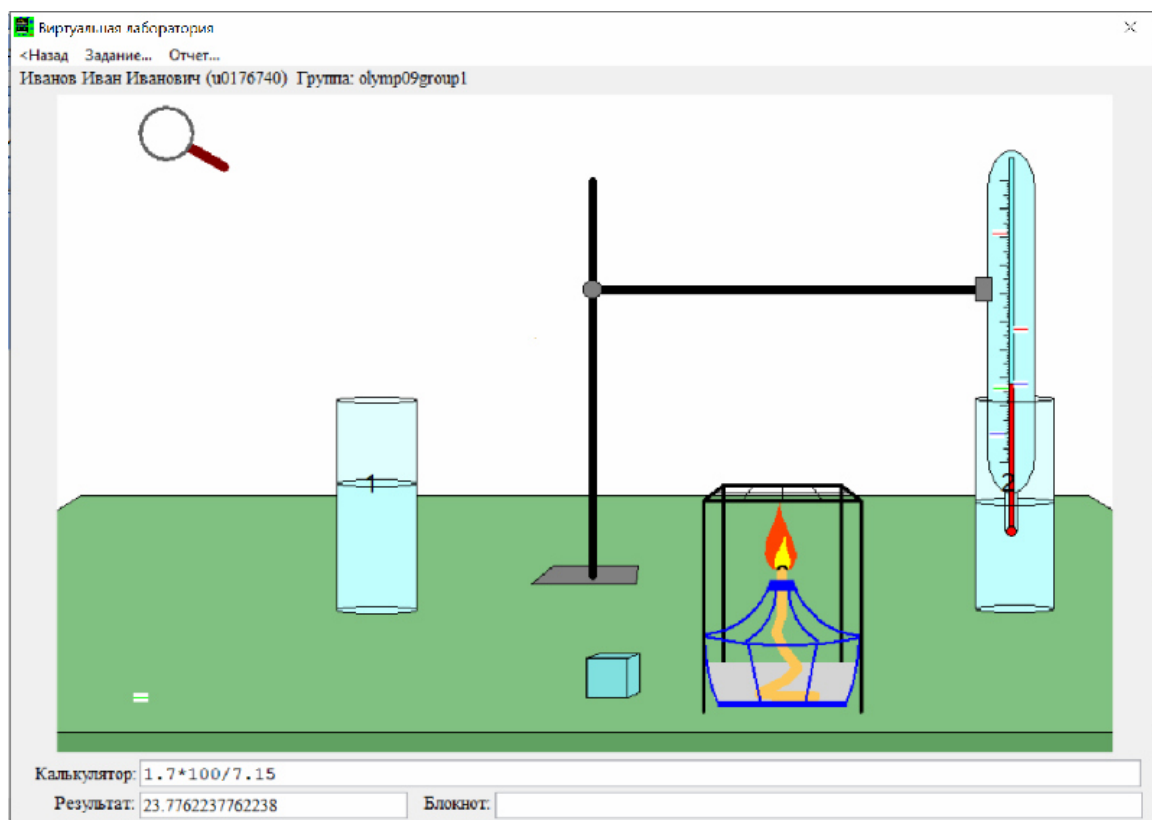
Начальная температура в первом стакане $t_1 = 1.65$ больших делений = 23.1°C .

Аналогичным образом измеряем начальную температуру во втором стакане:



Пометим положение столбика термометра красной наклейкой с правой стороны от столбика (чтобы не запутаться). Получаем $t_2 = 3.7$ больших делений = 51.75°C .

Поместим во второй стакан кубик льда. Пометим положение столбика термометра синей наклейкой с правой стороны от столбика.



При этом температура воды уменьшится от $t_2 = 51.75^\circ\text{C}$ до $t_2' = 1.7$ больших делений = 23.78°C .

По условию объём воды во втором стакане $V_2 = 184\text{ см}^3$, а плотность воды равна 1 г/см^3 . Следовательно, масса воды во втором стакане $m_2 = 184\text{ см}^3 \cdot 1\text{ г/см}^3 = 184\text{ г} = 0.184\text{ кг}$.

Обозначим массу кубика льда m , удельная теплоемкость воды $C_v = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, удельная теплота плавления льда $\chi = 335\text{ кДж/кг}$. Составим уравнение теплового баланса, учтя, что при плавлении кубик льда превращается в воду массой m и температурой $t_0 = 0^\circ\text{C}$:

$$C_v m_2 (t_2 - t_2') - \chi m + C_v m (t_0 - t_2') = 0.$$

Из него, с учетом того, что $t_0 = 0^\circ\text{C}$, получаем

$$m = C_v m_2 (t_2 - t_2') / (\chi + C_v t_2').$$

Либо, что эквивалентно,

$$m = m_2 (t_2 - t_2') / (\chi / C_v + t_2').$$

Поэтому $m = 0.184 \cdot (51.75 - 23.78) / (335000 / 4200 + 23.78)\text{ кг} = 49.7\text{ г}$.

Замечание: точности при использовании одного кубика льда может оказаться недостаточно. Поэтому для охлаждения жидкости №2 лучше использовать два кубика льда.

Виртуальная лаборатория

< Назад Задание... Отчет...

Иванов Иван Иванович (u0176740) Группа: olymp09group1

Отчет

Название	Ответ	Результат	Баллы
Температура воды в первом стакане (°C)	23.1	Правильно	5
Температура воды во втором стакане (°C)	51.75	Правильно	5
Масса кубика льда (г)	49.7	Правильно	5
За текущую попытку :			15
Штрафных баллов :			0
Итого за задание :			15 (из 15)

Сообщение с веб-страницы

Молодец, Иван, правильно!

ОК

Очистить

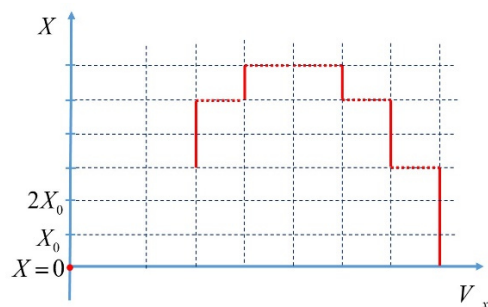
Закрыть

Калькулятор: $4200 * 0.184 * (51.75 - 23.78) / (335000 + 4200 * 23.78)$

Результат: 0.049704320311997

Блокнот:

2. Тур 1. 8 класс. Олимпиада, задача: График с неподписанной осью (25 баллов)

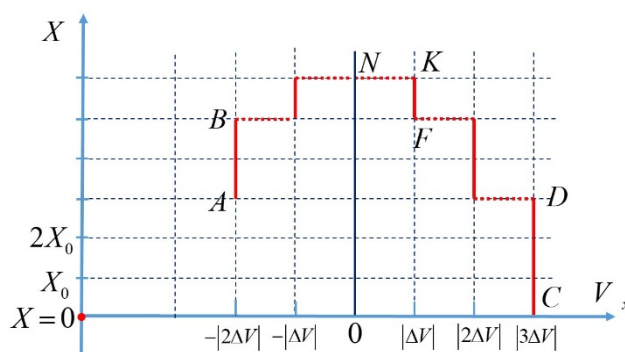


В момент начала отсчёта времени материальная точка начинает движение вдоль оси Ox из начала координат $x=0$ с некоторой начальной скоростью, причём через каждые $\Delta t = 2$ с считая от начала движения проекция её скорости на ось Ox изменяется на величину ΔV . На рисунке показан весь график зависимости координаты точки от проекции её скорости. Масштаб графика линейный, но подписи по оси скоростей отсутствуют. Значение $X_0 = 2.6$ м. Определите:

1. Максимальное значение $V_{\max}$ скорости точки.
2. Максимальное расстояние $X_{\max}$, на которое точка удалялась от начала координат.
3. Проекцию S_x на ось Ox суммарного перемещения точки за последние два интервала Δt .
4. Путь L , который прошла точка за всё время движения.
5. Среднюю путевую скорость $V_{\text{ср}}$ (отношение пути к времени движения) точки за всё время движения.

Ответы вводите с точностью не хуже, чем до одного процента.

Решение.



1. Самое сложное в задаче – понять, из какого места на графике начато движение. Хотя в условии и сказано, что движение начинается из начала координат $x=0$, но многие ошибочно считают, что из точки А. Правильно, конечно, что началу отсчёта времени соответствует точка С, проекция

скорости точки убывает во времени, уменьшаясь на ΔV через каждые Δt секунд. На графике движение происходит от точки С к точке А.

Вторая сложность – понять, где находится ноль на оси скорости. Обратим внимание, что на графике есть точка N, когда после изменения скорости не происходило изменения координаты. Следовательно, эта точка соответствует нулевому значению проекции скорости.

К этому выводу можно прийти и другим способом – составив последовательность изменения координаты X за промежутки Δt (уменьшение V на шаг ΔV влево) начиная с точки С: $3X_0, 2X_0, 1X_0, -1X_0, -2X_0$.

Обратим внимание, что при движении со скоростью ΔV (участок FK) координата изменяется на X_0 за интервал времени Δt . Максимальное значение скорости точки

$$V_{\max} = 3V_0 = 3X_0 / \Delta t = 3 \cdot 2.6 / 2 \text{ м/с} = 3.9 \text{ м/с}.$$

2. Максимальное расстояние, на которое точка удалялась от начала координат

$$X_{\max} = 6X_0 = 6 \cdot 2.6 \text{ м} = 15.6 \text{ м}.$$

3. За последние два интервала времени Δt координата точки уменьшилась на $3X_0$.

Проекция перемещения точки на ось Ox

$$S_x = -3X_0 = -7.8 \text{ м}.$$

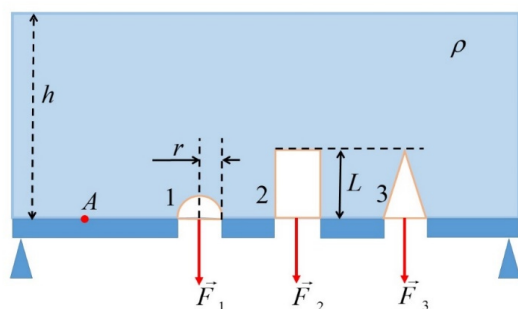
4. Путь, пройденный точкой за всё время движения

$$L = 9X_0 = 23.4 \text{ м}.$$

5. Полное время движения $t = 6\Delta t = 12 \text{ с}$. Средняя путевая скорость

$$V_{\text{ср}} = L/t = 23.4/12 \text{ м/с} = 1.95 \text{ м/с}.$$

3. Тур 1. 8 класс. Олимпиада, задача: Сосуд с отверстиями (20 баллов)



Цилиндрический сосуд заполнен жидкостью плотностью $\rho = 1.1 \text{ г/см}^3$ до высоты $h = 46 \text{ см}$. Сосуд опирается на подставки, в свободной от опоры части дна проделаны три круглых отверстия, радиусом $r = 3.9 \text{ см}$. Для того чтобы жидкость не вытекала, отверстия закрыты лёгкими

колпачками, радиус основания которых практически совпадает с r . Первый колпачок – полусфера, второй – цилиндр, высотой $L=19.8$ см, третий – конус тоже высотой L . Массой колпачков и толщиной их стенок можно пренебречь. Атмосферное давление $p_a=101.6$ кПа. Определите:

1. Силу F_1 давления первого колпачка на дно сосуда .
2. Силу F_2 давления второго колпачка на дно сосуда.
3. Силу F_3 давления третьего колпачка на дно сосуда.
4. Давление p в точке А на дне сосуда.

В ответ силы вводите с точностью не хуже, чем до десятой процента, давление – с точностью до одного паскаля. Число $\pi=3.1416$. Ускорение свободного падения примите равным 9.8 м/с². Объем сферы радиусом R равен $4/3\pi R^3$, объем конуса с радиусом основания R и высотой H равен $\pi R^2 H/3$.

Решение.

Воспользуемся третьим законом Ньютона: для того, чтобы определить силу, действующую со стороны колпачков на опору, будем искать силу реакции опоры, действующую на колпачки. Колпачки неподвижны. Сумма сил, действующих на колпачок равна нулю. Следовательно, сила, с которой дно (опора) действует на колпачок, компенсирует разницу сил давления жидкости и воздуха сверху и воздуха снизу. Поскольку атмосферное давление действует и на верхнюю, и на нижнюю поверхности колпачка, нам необходимо вычислить только силу давления со стороны столбика жидкости, находящейся над колпачком.

Проще всего вычислить силу, действующую на колпачок 2. Площадь поперечного сечения столба $S=\pi r^2$, а его высота $h-L$. Поэтому его объем $V=\pi r^2(h-L)$, а масса $m=\rho V$. Следовательно,

$$F_2 = mg = \rho \pi r^2 (h-L) g = 13.5 \text{ Н.}$$

2. Для того, чтобы обобщить решение для случаев 1 и 3 заметим, что $V=V_0 - V_2$, где $V_0=\pi r^2 h$ объем столба радиусом r от дна сосуда до высоты h , а V_2 – объем колпачка 2. В общем случае получается аналогично: сила, действующая со стороны колпачка на дно сосуда, $F=mg=\rho Vg$, где m – масса столба жидкости над колпачком, а V – ее объем. Но V равен разности V_0 и объема жидкости V_n , вытесненной колпачком с номером n . Поэтому получаем формулу

$$F = \rho (\pi r^2 h - V_n) g$$

Первый колпачок является полусферой объемом $V_1=4/3\pi r^3/2=2/3\pi r^3$, поэтому

$$F_1 = \rho (\pi r^2 h - 2/3\pi r^3) g = 22.3 \text{ Н.}$$

3. Третий колпачок – конус объемом $V_3=\pi r^2 L/3$, поэтому

$$F_3 = \rho (\pi r^2 h - \pi r^2 L/3) g = 20.3 \text{ Н.}$$

4. Давление в точке А равно сумме давления жидкости и атмосферного давления:

$$p = \rho gh + p_a = 106558.8 \text{ Па .}$$