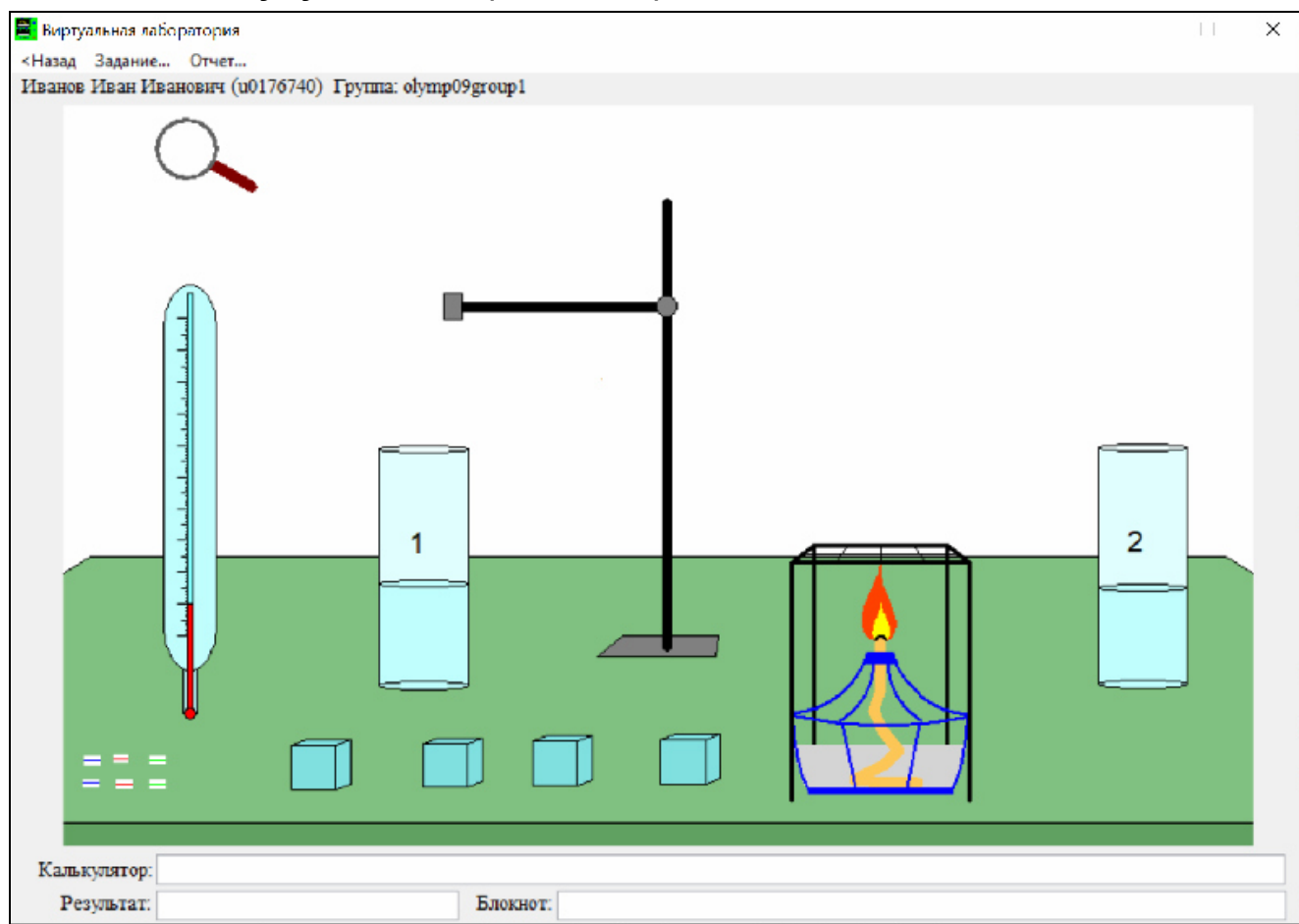


Разбор избранных заданий

Интернет-олимпиады школьников по физике 2024/2025 учебного года

1. Тур 1. 9 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.

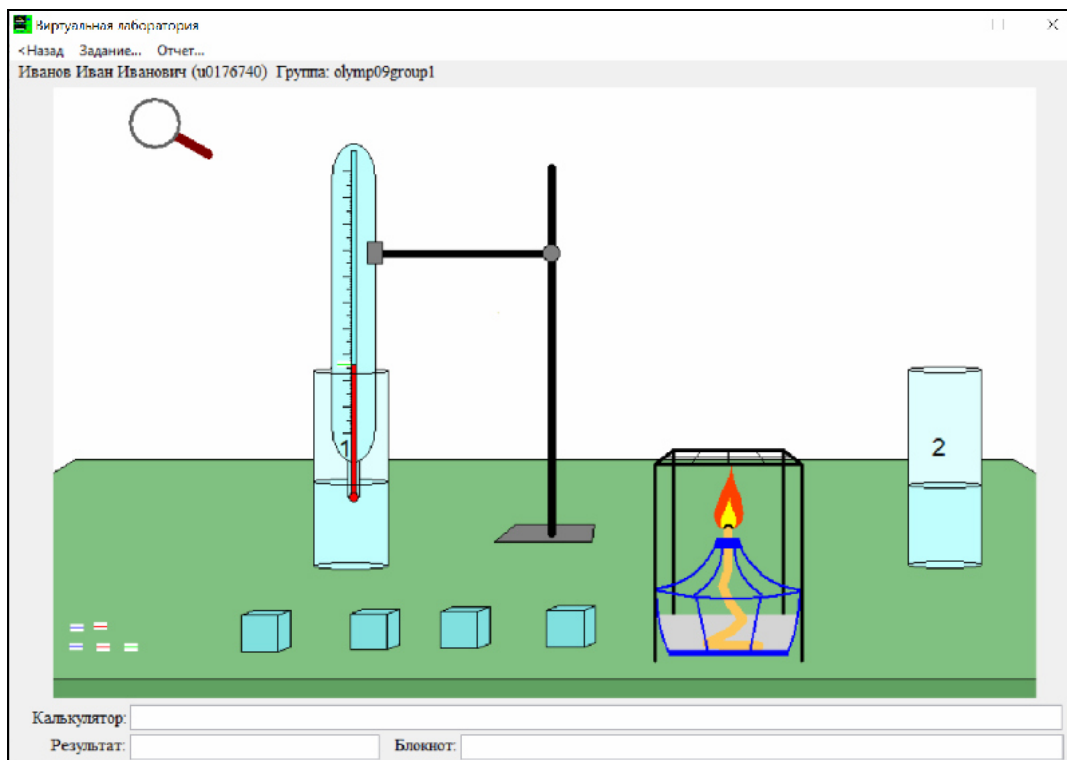
Градусник зажимается лапкой штатива, если поднести его сбоку на небольшую глубину внутрь лапки и отпустить. Проносить градусник или кубики сквозь стекло нельзя.

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

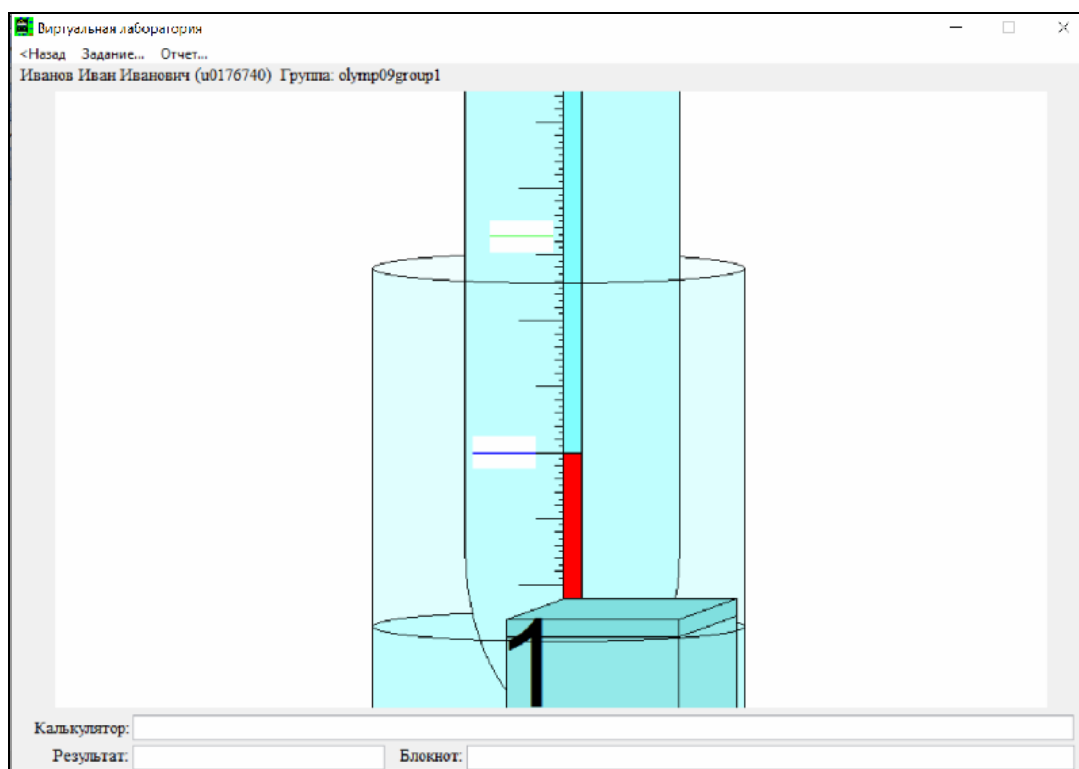
первоначальный масштаб. Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается до трех штрафных баллов.

Решение.

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

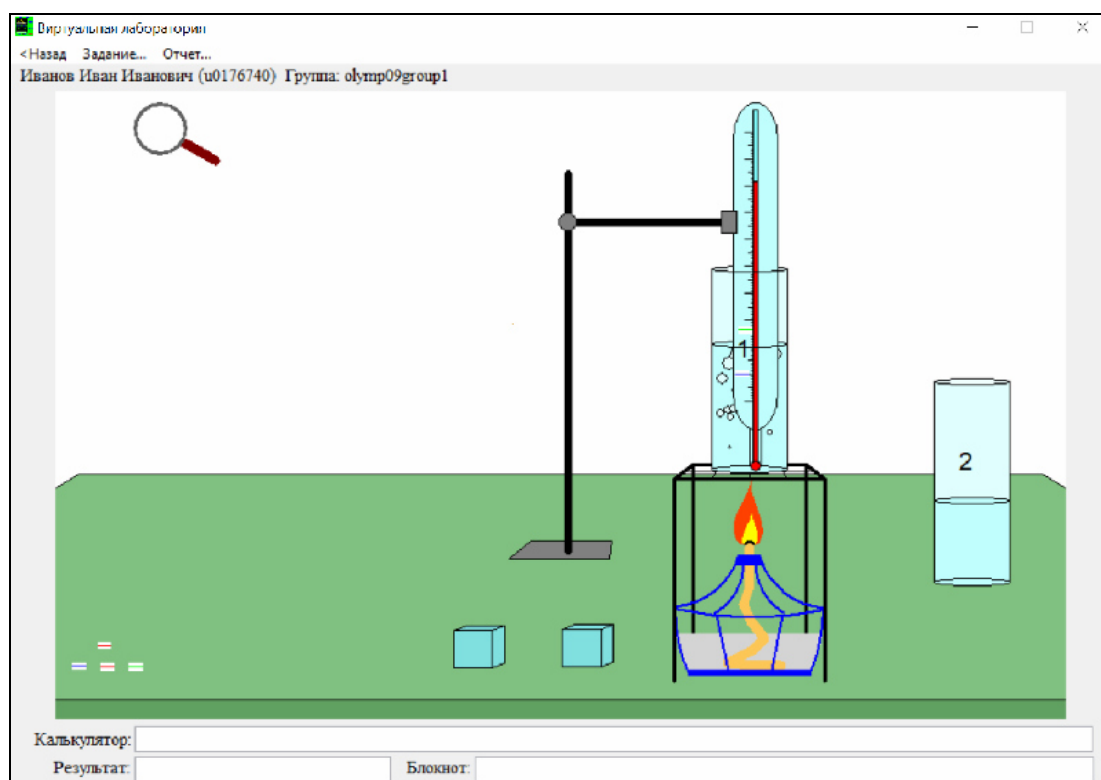


Положим в стакан кубик льда. Он полностью растает. Положим в стакан еще один кубик льда. Он растворится лишь частично. Пометим синей наклейкой положение столбика термометра.



Данное состояние соответствует 0°C .

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



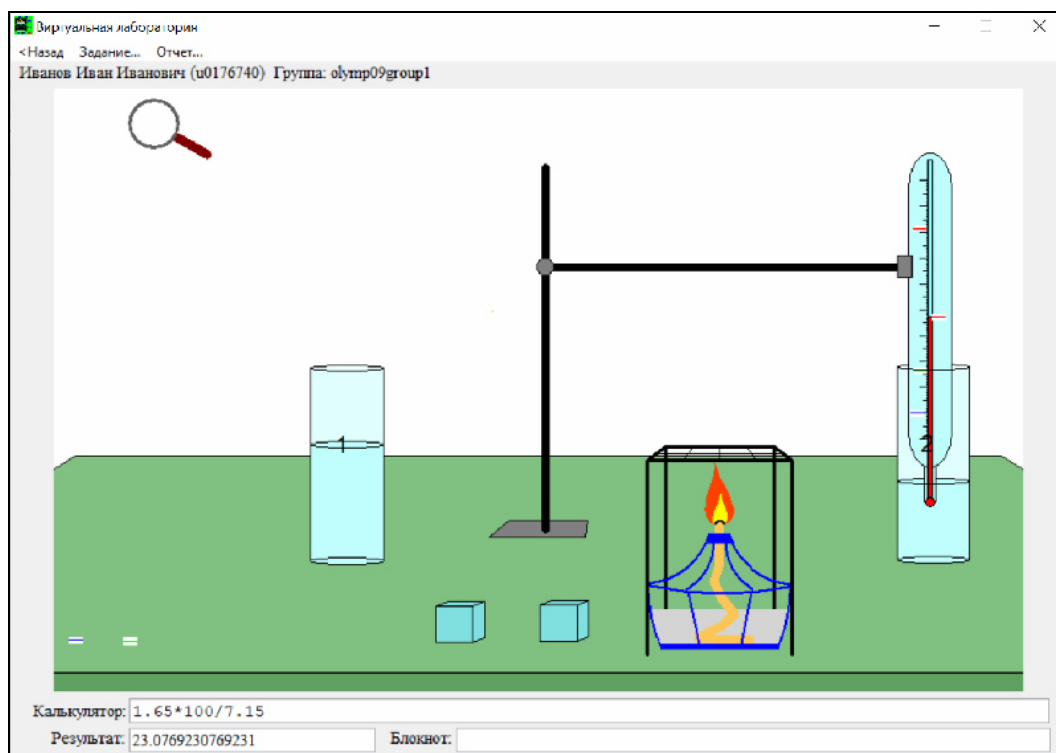
Пометим соответствующее положение столбика термометра красной наклейкой.

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 = $100/7.15^{\circ}\text{C}$.

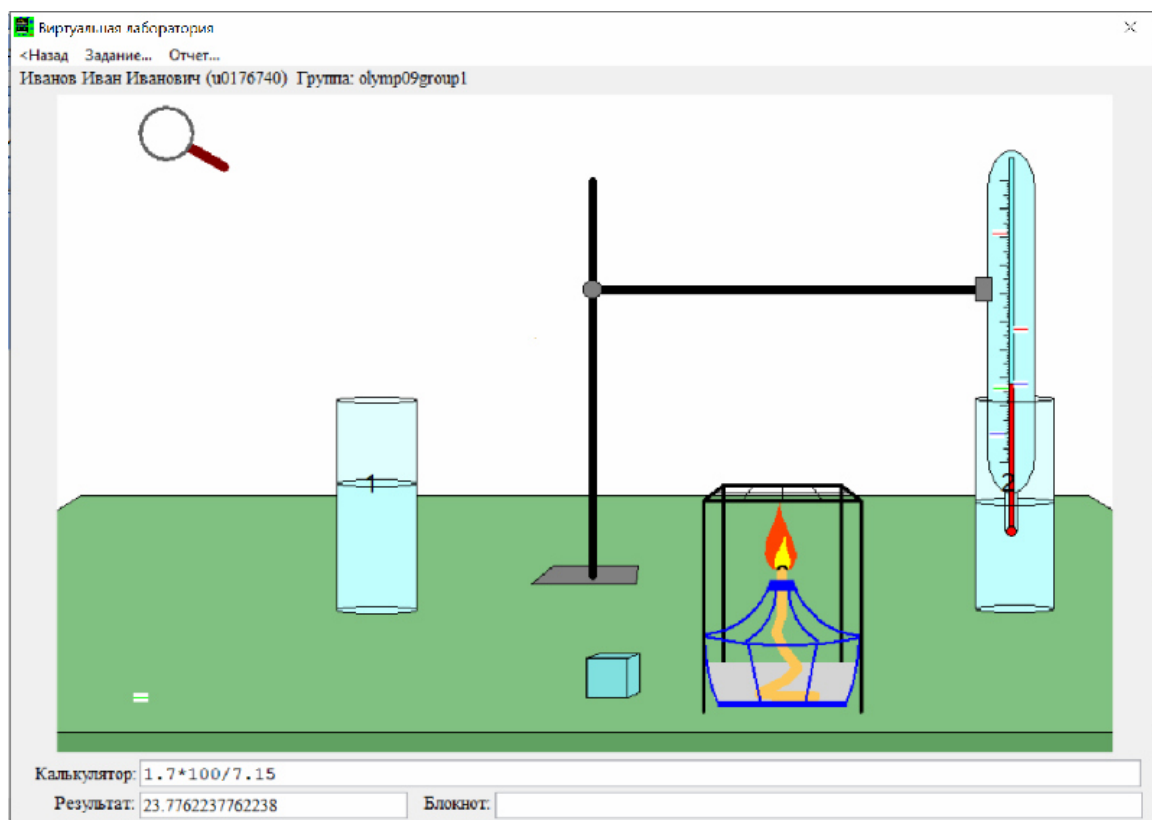
Начальная температура в первом стакане $t_1 = 1.65$ больших делений = 23.1°C .

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.