Разбор заданий областной олимпиады по физике
имени Н.Н. Семенова (2020-2021 учебный год)

7 класс

Теоретический тур

1. *В навигации и астрономии иногда удобно указывать время в долях суток. Например, 9 часов 36 минут 7 января 2000 года записывается как 7,4 января 2000. Круизный лайнер «Победа» под командованием известного капитана Врунгеля вышел из Лаутаки (Фиджи) 23,3 февраля 2020 и пришел на о Таити 4,27 марта 2020. Сколько времени лайнер был в пути если известно, что на пополнение припасов в общей сложности было затрачено 9 часов и больше лайнер нигде не останавливался (год не високосный).*

Решение:

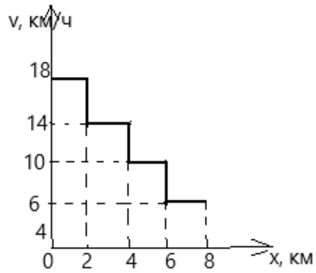
В одних сутках -1440 минут. *23,3 февраля 2020 — это* 23 февраля 2020 года 7 часов 12 минут (432 минуты)

4,27 марта 2020–4 марта 2020 6 часов 48 минут (388,8 минут)

Рассчитаем в минутах время, которое лайнер был в пути: (1440-432) + 8·24·60+388,8-9·60=1008+11520+388,8-540=12376,8минут=8 дней 14 часов 16,8 минут.

Ответ: 8 дней 14 часов 16,8 минут.

2. *Карлсон, который живет на крыше, раздобыл координаты шоколадной фабрики «Россия» и немедленно отправился туда. График зависимости его скорости от расстояния до фабрики приведен на рисунке. Какое время потребуется Карлсону чтобы добраться до фабрики? Начертите график зависимости v(t) и найдите среднюю скорость на всем пути.*



Решение:

Удобнее читать график справа налево:

1) Когда до фабрики оставалось 8 км скорость Карлсона равнялась 6 км/ч: $\tau_1 = \frac{8\text{км}-6\text{ км}}{6\text{ км/ч}} = \frac{1}{3}\text{ч}$

2) На расстоянии 6 км скорость увеличилась до 10 км/ч: $\tau_2 = \frac{6\text{км}-4\text{км}}{10\text{км/ч}} = \frac{1}{5}\text{ч}$

3) На расстоянии 4 км от фабрики скорость увеличилась до 14 км/ч: $\tau_3 = \frac{4\text{км}-2\text{км}}{\frac{14\text{км}}{\text{ч}}} = \frac{1}{7}\text{ч}$

4) Последние 2 км скорость Карлсона была 18 км/ч: $\tau_4 = \frac{2\text{ км}}{18\text{ км/ч}} = \frac{1}{9}\text{ч}$

Общее время полета: $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = \frac{1}{3}\text{ч} + \frac{1}{5}\text{ч} + \frac{1}{7}\text{ч} + \frac{1}{9}\text{ч} = \frac{744}{945}\text{ч} = 0{,}79\text{ч}$

Ответ: τ=0,79 часа

***3.** Матроскин и Шарик решили поужинать бутербродами с сыром. У них было полбатона массой 400г и плотностью 1280 кг/м^3. В холодильнике нашелся кусок сыра массой 200г и размерами 11,5 см·3,5см·4,5см. Найдите среднюю плотность бутербродов с сыром. Ответ округлите до целых и выразите в кг/м^3.*

Решение:

Общий объем сыра: $V_б$=11,5·3,5·4,5=181,125 см^3.

Общий объем продуктов: $V=V_б+V_c$

$$\frac{m_б+m_c}{\rho}=\frac{m_б}{\rho_б}+V_c \to \rho=\frac{m_б+m_c}{\frac{m_б}{\rho_б}+V_c}=1{,}216\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

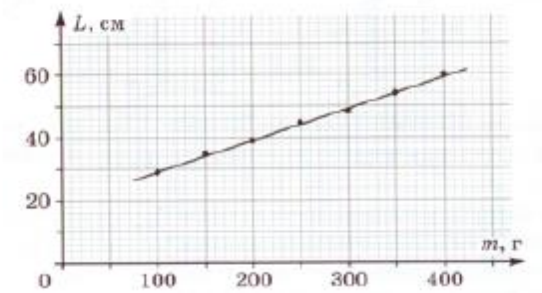
Ответ: ρ=1,216 г/см^3

***4.** Народный умелец Левша тестировал для нового устройства упругие свойства пружины. Для этого он снял зависимость ее длины L от массы m и построил график. Найдите:*

1) длину пружины в нерастянутом состоянии;

2) коэффициент жесткости пружины;

3) растяжение пружины при массе груза 900 г.



Решение:

1) Продолжим график до пересечения с осью L: L_0=20 см.

2) Согласно равенству сил тяжести и упругости и по данным графика:

$$mg=k(l-l_0)\to k=\frac{mg}{l-l_0}=\frac{0{,}4\cdot 10}{0{,}6-0{,}2}=10\text{ Н/м}$$

3) Воспользуемся предыдущей формулой для нахождения удлинения пружины:

$$\Delta l=\frac{mg}{k}=\frac{0{,}9\cdot 10}{10}=0{,}9\text{м}$$

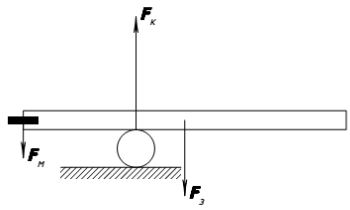
Практический тур

1 Задача: *Найдите отношение масс монеты и тетрадного (двойного) листка бумаги.*

Оборудование: *Монета (желательно минимального веса, 10 копеек гладкое ребро 1,87г, зубчатое ребро-1,95 г). Двойной лист из школьной тетради «в клеточку», карандаш или авторучка с цилиндрическим корпусом.*

Решение:

Лист бумаги при проведении эксперимента будет одновременно служить и рычагом и измерительной линейкой. Из двойного листа складывают, обеспечивая ему жёсткость, конструкцию, имеющую в поперечном сечении форму «швеллера». Желательно, чтобы этот швеллер имел по возможности большую длину, то есть самый «выгодный» способ сложения — это такой, при котором длина конструкции будет равна длине диагонали двойного листа. Швеллер уравновешивают на круглом корпусе карандаша, лежащего на столе. Для нахождения положения равновесия швеллера в горизонтальном положении карандаш можно плавно «перекатывать» пальцем. Место контакта бумажного швеллера и карандаша отмечается. Первая отметка позволяет определить горизонтальную координату центра масс листа бумаги, сложенного швеллером. Затем на одном из концов швеллера закрепляется монета, и снова ищется положение карандаша, при котором швеллер вместе с монетой будет находиться в горизонтальном положении в равновесии. И в этом случае отмечается место контакта карандаша и бумаги. Для получения второго результата можно перенести монету на другой конец швеллера и проделать такую же операцию по уравновешиванию бумаги в горизонтальном положении. После получения отметок, соответствующих координатам расположения на оси швеллера центра масс (листа бумаги вместе с монетой), лист бумаги можно развернуть и «по клеточкам» (с использованием теоремы Пифагора) измерить расстояния от мест контакта до места расположения центра монеты. Плечи рычагов на бумаге измеряются с хорошей точностью. При длине плеч около 100—50 мм ошибка в 1 мм при определении положений центра масс даёт точность не хуже 2%. (См. рис).



Изображена схема эксперимента	1 балл
Проведены взвешивания(одно)	1 балл
Эксперимент проведён с двумя противоположными плечами	1 балл
Сконструированы весы с максимально возможной длиной плечей	1 балл
Результаты нескольких (3х) взвешиваний занесены в таблицу	1 балл
Произведён расчёт отношения веса листка к весу монетки	1 балл
Определена точность взвешивания	1 балл

2. Задача «Вода в трубе»: *Найдите зависимость средней (по сечению) скорости течения воды в трубе, заполненной водой, от разности высот расположения концов трубы. Нижний конец трубы открыт, верхний конец присоединён к сосуду с водой. Глубина слоя воды в сосуде мала в сравнении с длиной трубы.*

Оборудование: *штатив с креплениями, широкий сосуд с отверстием и штуцером в нижней части, мензурка, вода по требованию, длинная (1,5 м) пластиковая трубка с одинаковым вдоль всей трубки внутренним диаметром, зажим для трубки, шприц 20 мл (без иглы), стеклянная банка (1 л), секундомер.*

Решение: Нужно убедиться, что время вытекания определённого количества воды (для отмеривания воды служит мензурка или шприц) не зависит от формы, которую принимает в пространстве трубка заданной длины и постоянного сечения, а зависит только от разности высот мест расположения её входного и выходного отверстий. Для этого желательно провести 3—4 измерения для каждой разности высот при различных формах расположения трубки (только не нужно «пережимать» трубку). Чтобы узнать площадь поперечного сечения S трубки, можно заполнить её водой с помощью шприца. Объём воды V, который потребовался, чтобы заполнить всю трубку, нужно разделить на длину L всей трубки:

$S=V/L$. Зная объём воды V_0, перетёкшей из верхнего сосуда в нижний, время перетекания t и поперечное сечение отверстия трубки S, можно вычислить среднюю по сечению отверстия скорость течения воды $u=V_0/(St)$. График зависимости этой средней скорости u от разницы высот Δh расположения концов трубки представляет собой прямую линию, то есть расход воды при заданных параметрах трубки (её длине, поперечном сечении отверстия) прямо пропорционален разнице давлений, которая в данном случае равна $\rho g\Delta h$. Статические давления на входе трубки и на её выходе примерно равны атмосферному давлению, так как вода в верхнем сосуде налита тонким слоем.

Критерии оценивания:

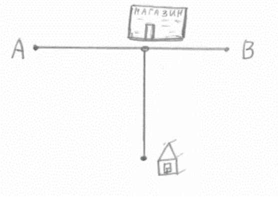
Изображена схема эксперимента. Приведено детальное описание	1 балл
На основе эксперимента сделан вывод, что время вытекания определённого количества воды не зависит от формы, которую принимает в пространстве трубка заданной длины и постоянного сечения	1 балл
Определена площадь поперечного сечения трубки	1 балл
Экспериментальные результаты представлены в виде таблицы	1 балл
Вычислена средняя по сечению отверстия скорость течения воды	1 балл
Построен график имеющий линейную зависимость	1 балл
График построен с учётом погрешностей измерений	1 балл

8 класс

Отборочный тур

Оля и Коля-учащиеся Самарского регионального Центра для одаренных детей. Жизнь учащихся Центра очень интересна. Каждый день с ними приключается множество событий, и только знание физики помогает Оле и Коле успешно преодолеть все трудности. Давайте проследим за нашими героями в течение одного дня и поможем им решить все задачи.

1. *Оля и Коля ездят в Центр на автобусе, который всегда ходит точно по расписанию. Оля садится в автобус на остановке А, а Коля стремится сесть в этот же автобус на следующей остановке В, чтобы всю дорогу болтать с Олей о физике. Колин дом стоит напротив магазина на расстоянии s=400 м, а магазин находится около дороги на расстоянии ℓ=400 м от остановки А. Расстояние между остановками L=700 м. Скорость автобуса* $v_а$*=10 м/с, скорость Коли* $v_к$*= 2 м/с. Подскажите Коле, во сколько ему надо выходить из дома, чтобы успеть на восьмичасовой автобус.*



Решение:

Найдем путь, который должен пройти Коля:

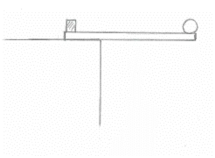
$S_к=\sqrt{s^2+(L-\ell)^2}$

$S_к=\sqrt{400^2+300^2}=500$(м)

$t=S_к/v_к=500/2=250$(с)=4 мин 10 с

Коле нужно выходить из дома в 7 ч 55 мин 50 с

2. *На уроке физики Оля и Коля знакомились с разными способами определения массы тела.*



Оля придумала в качестве рычажных весов использовать линейку, помещенную на край стола, а Коля вспомнил, что он как-то измерял массу этой линейки и получил M=20 г. Оля поместила на короткое плечо получившихся весов гирю массой m=50 г, а на длинное – взвешиваемое тело, а Коля измерил плечи, и оказалось, что край стола делит линейку в отношении 1:3. Теперь ребята смогли определить массу груза. Конечно, вы тоже ее легко найдете.

Решение:

Пусть длина линейки $=\ell$, тогда запишем условие равновесия рычага:

$$mg\frac{\ell}{4} = Mg\cdot\frac{\ell}{4} + m_{груза}g\cdot\frac{3\ell}{4}$$

$$m_{груза} = \left(\frac{m}{4} - \frac{M}{4}\right)\cdot\frac{4}{3} = 10 \text{ (г)}$$

3. *В кабинете биологии центра стоит аквариум с золотыми рыбками. Оля внимательно рассмотрела кормушку для рыбок, плавающую на поверхности воды в аквариуме, и увидела, что она склеена из двух половинок, верхней и нижней. Оказалось, что массы этих половинок отличаются в 4 раза, а кормушка плавает в воде, погрузившись наполовину. Пока Оля разглядывала кормушку, Коля рассчитал плотность*
ρ_1 материала легкой половинки. Решите и вы эту задачу. Плотность воды ρ_0= 1000 кг/м^3.

Решение:

Из условия плавания тела:

$$5mg=\rho_0 g\cdot\frac{4m}{\rho_2}$$

Т. к. $V_1= V_2$, то $\rho_2=4\rho_1$

$$5mg=\rho_0 g\cdot\frac{4m}{4\rho_1}$$

$$\rho_1=\frac{\rho_0}{5}=200 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

4. *На уроке физкультуры Коля съехал на лыжах с горки высотой h=2 м и у основания горки приобрел скорость v= 4 м/с. Оля не решилась повторить трюк своего товарища, но зато* *быстро рассчитала, какой процент своей первоначальной энергии Коля потратил на преодоление трения. Повторите Олин расчет и дайте ответ.*

Решение:

По закону сохранения энергии:

$mgh = \frac{mv^2}{2} + A_{тр}$

$A_{тр} = mgh - \frac{mv^2}{2}$

$\frac{Aтр}{E} = \frac{gh - v^2}{gh} = 60\%$

5. *В физической лаборатории центра Оля и Коля изучали тепловое равновесие. Для этого они налили 100 мл воды в стаканчик, причем стаканчик оказался заполнен доверху, и бросили в него нагретый медный кубик с длиной ребра α=4 см. Вода в стаканчике нагрелась от t_1= 20°C до t_2= 25°C. По результатам эксперимента ребята определили начальную температуру кубика t_0, сдали тетради и получили по пятерке. А какая температура получилась у вас? Плотности воды $\rho_в$= 1000 кг/м^3, меди $\rho_м$= 8900 кг/м^3, удельные теплоемкости воды $c_в$= 4200 Дж/кг·°C, меди $c_м$= 380 Дж/кг·°C.*

Решение:

$V_м = \alpha^3 = 64$ (см^3) $m_м = \rho_м \cdot \alpha^3 = 569{,}6$ (г)

$V_{воды} = 100 - 64 = 36$ (см^3)

$m_в = \rho_в \cdot V_{воды} = 36$ (г)

Запишем уравнение теплового баланса:

$c_в m_в (t_2 - t_1) = c_м m_м (t_0 - t_2)$

$t_0 = \frac{c_в m_в (t_2 - t_1) + c_м m_м t_2}{c_м m_м} = 28{,}5$°C

6. *На уроке химии учитель объяснял, что по технике безопасности нельзя наливать воду в серную кислоту, т. к. при этом выделяется большое количество теплоты и вода может закипеть. Коля для получения разбавленной серной кислоты все сделал правильно: налил тонкой струйкой в воду концентрированную серную кислоту. Получившийся раствор имел плотность ρ=1200 кг/м^3 и массу m=120 г. А Оля нашла в справочнике, что плотность серной кислоты равна $\rho_к$= 1800 кг/м^3, и рассчитала массу $m_к$ добавленной кислоты. А как вы решите эту задачу? Считайте, что объем раствора равен сумме объемов его компонентов.*

Решение:

$V = V_в + V_к$

$\frac{m}{\rho} = \frac{m - m_к}{\rho_в} + \frac{m_к}{\rho_к}$

Из этого уравнения следует:

$$m_к = \frac{m(\frac{1}{\rho}-\frac{1}{\rho_в})}{\frac{1}{\rho_к}-\frac{1}{\rho_в}} = 45 \text{ (г)}$$

7. *После уроков Оля и Коля помогали библиотекарю центра расставить по полкам новые книги. На гладком столе в библиотеке лежала стопка из пяти одинаковых книг. Оля и Коля поспорили, что легче: вытянуть среднюю книгу из этой стопки или самую нижнюю? Оля сказала, что среднюю, а Коля-что нижнюю. Кто прав?*

Решение:

Чтобы вытянуть нижнюю книгу, нужно приложить силу $F_1=\mu\cdot 4mg$. Чтобы вытянуть среднюю, нужно приложить силу $F_2=\mu\cdot 2mg+\mu\cdot 3mg=\mu\cdot 5mg>F_1$. Прав Коля.

8. *В столовой центра Оля заметила, что 500-ваттный электронагреватель за τ_1= 2 мин нагрел воду на Δt= 1°C, а при его отключении вода остыла на 1°C за τ_2= 1 мин. И пока Оля делилась этой информацией с подругами, Коля предположил, что потери тепла пропорциональны времени и сумел рассчитать массу нагреваемой воды. А вы сможете это сделать?*

Решение:

$P\tau_1=cm\Delta t + w\tau_1$ (1) где w-мощность тепловых потерь.

$cm\Delta t = w\tau_2$ (2)

Из уравнений (1) и (2) следует:

$$m=\frac{P\tau_1}{c\Delta t\left(1+\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)} = 4{,}76\text{(кг)}$$

9. *Когда закончились уроки, Оля и Коля поехали в парк кататься на коньках. От центра до входа в парк они ехали на трамвае со скоростью v_1= 15 км/ч некоторое время t. У входа в парк ребята остановились на время t/4, чтобы съесть мороженое. А затем катались на коньках со скоростью v_2= 10 км/ч по дорожкам парка в два раза дольше, чем ехали от центра в парк. Потом ребята вернулись в центр на спецкурс по физике на автобусе со скоростью v_3= 20 км/ч, и Коля первым делом рассчитал их среднюю скорость за все время прогулки. Конечно, вы тоже сможете найти среднюю скорость ребят.*

Решение:

$$v_{ср} = \frac{s}{t} = \frac{v_1 t + v_2 2t + v_1 t}{t+\frac{t}{4}+2t+\frac{v_1 t}{v_3}} = \frac{v_1+v_2}{2} = 12{,}5 \text{ (км/ч)}$$

10. *Домой Оля и Коля поехали на метро. Они торопились, опаздывая на дистанционный разбор олимпиадных задач по физике, поэтому пошли вниз по эскалатору, спускающему их на платформу. Коля шел быстро и спустился за τ_1= 45 секунд, а Оля устала, шла в 2 раза медленней и спустилась за τ_2= 1 мин, а через τ= 40 с приехал поезд метро. Интересно, успели бы ребята на этот поезд, если бы они стояли неподвижно на эскалаторе?*

Решение:

S=(v+v$_э$)τ$_1$
S=($\frac{v}{2}+v_э)\tau_2$
S=v$_э$τ$_3$, где v-скорость Коли, v$_э$-скорость эскалатора.
Из этой системы уравнений получаем: v$_э$=$\frac{s}{90}$; τ$_3$=90 с. Ребята успели бы на поезд.

Теоретический тур

***1.** Ученый с мировым именем Иннокентий решил обсудить свое научное открытие с коллегой из г. Жигулевск. С этой целью он выехал на машине из Самары в воскресенье утром и двигался со скоростью 90 км/ч. На обратном пути дорога была загружена, и ученый двигался со скоростью 30 км/ч столько же времени, сколько ехал из Самары в Жигулевск. Оставшийся путь до Самары был свободным, и ученый преодолел его со скоростью 120 км/ч. Найдите среднюю скорость, с которой двигалась машина великого ученого на всем пути от Самары до Жигулевска и обратно.*

Решение:

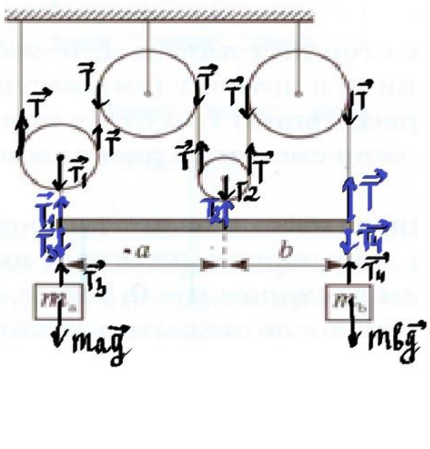
По формуле средней скорости: $\vartheta_{\text{ср}}=\frac{S_1+S_2}{t_1+t_2+t_3}=\frac{2S_1}{2t_1+t_3}$

т к $S_1=S_2$, то $\vartheta_1\cdot t_1=\vartheta_2\cdot t_1+\vartheta_3\cdot t_3$

$t_3=\frac{(\vartheta_2-\vartheta_1)\cdot t_1}{\vartheta_3}$

$\vartheta_{\text{ср}}=\frac{2\vartheta_1\cdot t_1}{2t_1+\frac{(\vartheta_2-\vartheta_1)\cdot t_1}{\vartheta_3}}=\frac{2\vartheta_1}{2+\frac{(\vartheta_2-\vartheta_1)}{\vartheta_3}}=\frac{2\cdot 90}{2+\frac{60}{120}}=72\ (\frac{\text{км}}{\text{ч}})$

Ответ: $\vartheta_{\text{ср}}=72\,\frac{\text{км}}{\text{ч}}$



***2.** В системе, изображенной на рисунке отношение а:в=1:2 и система находится в равновесии. Найдите отношение масс грузов, привязанных к концам рейки.*

Решение:

По первому условию равновесия для подвижных блоков:

$2T=T_1$ (1)

2T=T$_2$ (2)

Первое условие равновесия для грузов:

T$_3$=m$_a$·g (3)

T$_4$=m$_b$·g (4)

Первое условие равновесия для рейки:

T$_1$+T$_2$+T=T$_3$+T$_4$ (5)

Второе условие равновесия для рейки (ось вращения мы выбрали крайнюю левую точку рычага):

$T_2 \cdot a + T \cdot (a+b) = T_4 \cdot (a+b)$ (6)

$T_2 \cdot a + T \cdot (a+2a) = T_4 \cdot (a+2a)$ (6′)

$T_2 + T \cdot 3 = T_4 \cdot 3$ (6′′)

Подставим (2) и (4) в (6′′) и приведем подобные:

$5T = 3m_b \cdot g$ (7)

Подставим (1), (2), (3), (4) в (5) и приведем подобные:

$5T = (m_a + m_b) \cdot g$ (8)

Приравняем правые части (7) и (8) и сократим g:

$3m_b = m_a + m_b$

$2m_b = m_a \rightarrow \frac{m_a}{m_b} = 2$

Ответ: $\frac{m_a}{m_b} = 2$

3. *Девочка Таня регулярно топит детские мячи в речке. Очередной резиновый мяч плавает на поверхности воды так, что погружен на 1/10 своего объема. Какая часть мяча должна быть заполнена водой чтобы танин мячик утонул?*

Решение:

Условие плавания тел для пустого мяча:

$m_{\text{м}} \cdot g = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V_{\text{п}}$ (1)

Условие плавания тел для мяча с водой:

$(m_{\text{м}} + m_{\text{в}}) \cdot g = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V$ (2)

Подставим (1) во (2):

$m_{\text{в}} + \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{п}} = \rho_{\text{в}} \cdot V$

$$\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} + \rho_{\text{в}} \cdot \frac{V}{10} = \rho_{\text{в}} \cdot V$$

$$\frac{V_{\text{в}}}{V} = 9/10$$

Ответ: $\frac{V_{\text{в}}}{V} = 9/10$

4. *Туристы решили попить чайку. В чугунный котел объемом 3 л и массой 8 кг налили воды с температурой 20°С и поставили на костер. Сколько тепла теряет костер при закипании воды? В процессе было сожжено 550г дров с удельной теплотой сгорания 10^7 Дж/кг, удельная теплоемкость чугуна 7000 Дж/кг·°С. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг·°С.*

Решение:

$$Q_{\text{пол}} = c_{\text{ч}} \cdot m_{\text{ч}} \cdot (t_{\text{кип}} - t_{\text{в}}) + c_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} \cdot (t_{\text{кип}} - t_{\text{в}})$$

$$Q_{\text{отд}} = q_{\text{д}} \cdot m_{\text{д}}$$

Согласно закону сохранения энергии:

$$Q_{\text{пол}} + Q = Q_{\text{отд}}$$

$$c_{\text{ч}} \cdot m_{\text{ч}} \cdot (t_{\text{кип}} - t_{\text{в}}) + c_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} \cdot (t_{\text{кип}} - t_{\text{в}}) + Q = q_{\text{д}} \cdot m_{\text{д}}$$

$$Q = q_{\text{д}} \cdot m_{\text{д}} - c_{\text{ч}} \cdot m_{\text{ч}} \cdot (t_{\text{кип}} - t_{\text{в}}) - c_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} \cdot (t_{\text{кип}} - t_{\text{в}})$$

$$Q = 0{,}55 \cdot 10^7 - 7000 \cdot 8 \cdot 80 - 4200 \cdot 3 \cdot 80 = 12\,000 \text{ Дж}$$

Ответ: 12 кДж

Практический тур

Задача «Теплоёмкость монеты»: *С максимальной точностью измерьте удельную теплоёмкость материала доисторической монеты достоинством 5 копеек (её масса составляет ровно 5 грамм). (Возможно взять современную, масса монеты должна быть известна ученикам). Детально описать порядок проведения эксперимента.*

Оборудование: *термометр, горячая и холодная вода (в отдельных двух сосудах — возможно, общих для нескольких школьников, выполняющих эту работу), цилиндрические стаканчики — стеклянный и предположительно алюминиевый (от фотоплёнок или диафильмов), штатив, нить, миллиметровая бумага, бумага А4 (несколько листов), старинная монета— её масса 5 г (или 3 г в зависимости от того, монеты какого достоинства сохранились у организаторов олимпиады от времён социализма), бумажные салфетки (упаковка на стол). В монете просверлено отверстие малого диаметра. Ручка или карандаш.*

Предполагаемое решение:

Первое, что нужно принять во внимание: нагревать с помощью монеты, перенося её из сосуда с горячей водой в сосуд с прохладной водой, следует воду, начальная температура которой близка к комнатной. Лучше, если сначала вода даже немного (на 2—3 градуса холоднее), чем воздух в комнате. В этом случае уменьшается скорость теплообмена нагреваемого сосуда с водой и окружающей средой.

Второе важное соображение: нагревать нужно по возможности меньшее количество воды, массу которой можно установить с достаточной точностью. Для этого подходит алюминиевый стаканчик малого объёма. Его поперечное сечение значительно меньше сечения стеклянного стакана, его масса и теплоёмкость тоже существенно меньше соответствующих величин, характеризующих стеклянный стакан. А диаметр монеты таков, что она свободно входит в этот стаканчик. Размеры стаканчика легко установить с помощью миллиметровой бумаги. Заполнить стаканчик прохладной водой нужно до такого уровня, чтобы монета на нитке могла быть погружена в стаканчик полностью. Кстати, воды должно быть столько, чтобы в неё можно было полностью погрузить баллончик термометра с расширяющейся жидкостью. Глубина слоя воды в стаканчике может быть установлена с помощью полоски бумаги. Полоску опускают вертикально в сосуд до упора с дном и отмечают границу раздела сухой и мокрой части полоски. В этом месте, то есть при измерении глубины слоя воды, возможна наибольшая относительная ошибка измерений. Другой способ измерения количества воды в стаканчике основан на быстром изготовлении рычажных весов из подручных материалов. В качестве рычага весов можно использовать согнутый в жёсткую полоску лист бумаги, а в качестве опоры— цилиндрический корпус карандаша, авторучки или же свёрнутую в тугую трубку бумагу. На таких импровизированных весах можно с помощью монеты с известной массой уравновесить пустой стаканчик и вычислить его массу. Поскольку стакан алюминиевый, можно сразу оценить его теплоёмкость $C_{\text{стак}} = 3RM/m$ (закон Дюлонга и Пти), а молярная масса алюминия m=27 г/моль. Затем монета передвигается на рычаге дальше от оси на заданное расстояние, а в стаканчик наливается вода в таком количестве, чтобы восстановить баланс «весов». При таком способе измерений массы воды и массы стаканчика точность результата может быть существенно выше! В стеклянный стакан с помещённым в него термометром наливается горячая вода, и стакан по возможности «укутывается» бумажными салфетками, чтобы уменьшить теплообмен с окружающей средой. Для этой же цели из салфеток изготавливается и крышка для этого стакана. Когда показания термометра установились, термометр из этого сосуда переносится во вспомогательный сосуд с прохладной водой. Прохладная вода в известном количестве находится уже и в алюминиевом стаканчике. После охлаждения термометра он переносится в алюминиевый стаканчик. Чтобы руки экспериментатора были свободными, термометр с помощью нити подвешивается на штативе на таком уровне, чтобы можно было его поместить в алюминиевый сосуд и он бы сосуд не опрокинул. Процедура «переноса теплоты монеткой» циклическая, и один цикл включает в себя несколько последовательно выполняемых операций.

begin

№ 1. Монета на нитке на небольшое время (3—5 секунд) помещается в стеклянный сосуд с горячей водой.

№ 2. Монета вынимается и освобождается от капель воды на её поверхности бумажной салфеткой.

№ 3. Монета переносится в полиэтиленовый стаканчик и полностью погружается в воду на несколько секунд.

№ 4. Монета вынимается, опять «осушается» салфеткой.

end

Затем вновь и вновь повторяется цикл с операции № 1 по № 4.

Избавление монеты от капель горячей воды с помощью бумажной салфетки уменьшит ошибки, связанные с дополнительной теплотой, передаваемой из стакана в стакан вместе с этими каплями, если от них не избавляться. Сосуды нужно поставить близко друг к другу, чтобы терять меньше времени на каждый цикл. Первые переносы монеты и наблюдения за термометром показывают, что за один цикл не удаётся нагреть воду настолько, чтобы можно было этот нагрев измерить точно с помощью довольно грубого термометра (0,5°). После 10—12 переносов вода в алюминиевом стаканчике нагревается на 5—6 градусов.

Теперь термометр снова переносится сначала во вспомогательный сосуд с горячей водой, а затем в стеклянный теплоизолированный стакан с немного остывшей горячей водой. Измеряется её температура. При вычислениях перенесённого количества теплоты нужно брать среднее между начальным значением температуры горячей воды в стеклянном стакане и её значением после завершения нескольких циклов переноса монеты.

Осталась неучтённой теплоёмкость самого термометра. Аналогичным способом, то есть многократным переносом термометра из сосуда с горячей водой в сосуд с прохладной водой, вычисляется эта теплоёмкость. Но можно поступить проще. В качестве расширяющейся жидкости в термометрах обычно используют подкрашенный спирт. Его объём можно вычислить, измерив геометрические размеры колбы с расширяющейся жидкостью. Удельная (на объём) теплоёмкость спирта существенно больше удельной объёмной теплоёмкости стекла и лишь немного (в 0,7 раза) уступает удельной объёмной теплоёмкости воды 4 Дж/(кг·К). Этих сведений достаточно, чтобы оценить теплоёмкость «рабочей части» термометра.

Критерии оценивания:

Изображена схема эксперимента и детально описан его ход	1 балл
Проведены измерения (одно) веса алюминиевого стаканчика	1 балл
Результаты нескольких (3х) измерений веса алюминиевого стаканчика занесены в таблицу. Определено среднее значение	1 балл
Зафиксировано предположение о необходимости использовать для нагрева малое количество воды при комнатной температуре.	1 балл
Проведены измерения (одно) веса воды	1 балл
Результаты нескольких (3х) измерений веса воды занесены в таблицу. Определено среднее значение	1 балл
Предприняты меры термостабилизации объёмов.	1 балл
Получены результаты изменения температуры	1 балл
Результаты нескольких (3х) серий последовательных измерений температуры и занесены в таблицу	1 балл
Зафиксированно падение температуры воды служащей нагревательным элементом	1 балл
Рассчитана теплоёмкость монеты с учётом нагрева малого количества воды	1 балл
Рассчитана теплоёмкость монеты с учётом охлаждения воды нагревательного элемента Вычислено среднее значение. Среднее значение использовано в расчёте теплоёмкости монеты.	1 балл
Оценена теплоёмкость алюминиевого стакана (не взята из справочника)	1 балл
Предусмотрено охлаждение термометра перед помещением в измеряемый объем	1 балл

Предусмотрено нагревание термометра перед измерением падения температуры воды отдающей тепло.	1 балл
Предпринята попытка оценить теплоёмкость самого термометра	1 балл