ВСОШ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников в 2024-2025 учебном году

Предмет	***Класс***	***Дата***	***Время начала***	***Время окончания***
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

1. Передача тепла

Имеются два тела с одинаковой температурой и одинаковой теплоёмкостью C, и третье тело с теплоёмкостью C_o ($C = 4C_o$). Третье тело привели в контакт с одним из двух тел, к моменту установления теплового равновесия третье тело получило тепло Q. Тепловой контакт разрывают, и третье тело приводят в соприкосновение с оставшимся телом теплоёмкостью C. Какое ещё тепло получит третье тело?

Возможное решение:

Обозначим температуры тел T и T_o соответственно, а температуру третьего тела после первого и второго контакта T_1 и T_2. Условие теплового баланса при первом контакте $Q = C_o(T_1 – T_o) = C(T – T_1)$. Откуда находим выражение Q через исходные температуры $Q = C_oC(T – T_o)/(C_o + C)$ и разность $T – T_1 = Q/C$.

После второго контакта аналогично $Q_1 = C_oC(T – T_1)/(C_o + C)$, а после подстановки выражения для разности температур $Q_1 = C_oQ/(C_o + C)$, то есть $Q_1 = 0{,}2Q$.

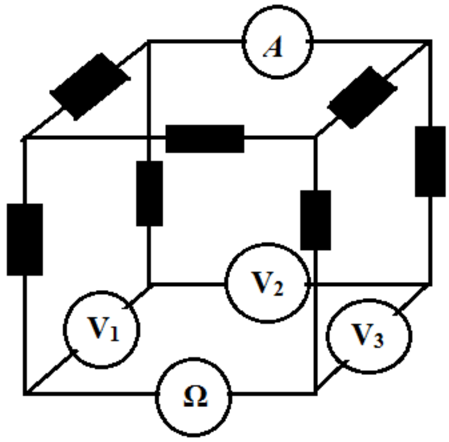
Критерии оценивания:

	Этапы решения	*соотношения*	*Балл*
1	Введение температур		**1**
2	Условие теплового баланса при первом контакте	$Q = C_o(T_1 – T_o) = C(T – T_1)$.	**2**
3	Связь Q с исходными температурами	$Q = C_oC(T – T_o)/(C_o + C)$	**2**
4	Выражение разности температур	$T – T_1 = Q/C$	**1**
5	Связь Q_1 с температурами при втором контакте	$Q_1 = C_oC(T – T_1)/(C_o + C)$	**2**
6	Связь Q_1 с Q (вывод и ответ)	$Q_1 = C_oQ/(C_o + C) = 0{,}2Q$	**2**
		Итого:	**10**

Комментарии: Многие участники из условий теплового баланса при первом и втором контакте по температурам T и T_o найдут T_1 и T_2, а затем установят связь Q_1 с Q. Решение будет более громоздким, но правильным. Тогда 3 и 4 пункты заменятся нахождением T_1 и выражением для Q, за что суммарно 3 балла. А пункты 5 и 6 – нахождением T_2 и выражением для Q_1 сначала через температуры, а затем через Q, за что суммарно 4 балла.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

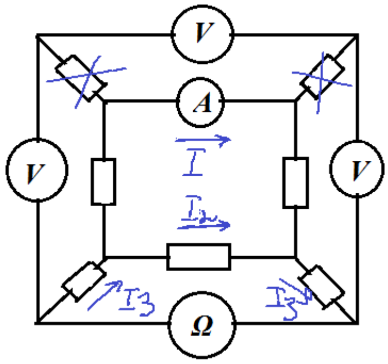
2. Электричество в кубе



Экспериментатор Василий собрал в проволочном кубе электрическую схему из одинаковых резисторов, трех одинаковых идеальных вольтметров, одного идеального амперметра и одного омметра. Омметр показывает 80 Ом, амперметр показывает ток 0,1 А?

1) Чему равно сопротивление резистора?
2) Каковы показания каждого вольтметра?

Возможное решение:



Сделаем схему плоской. В омметре внутри есть батарея (именно омметр заменяет здесь ЭДС). Идеальный амперметр равносилен короткому замыканию, идеальный вольтметр – разрыву цепи. Посчитаем общее сопротивление (которое показывает омметр), через верхние диагональные сопротивления ток не идет.

$$R_\Omega = \frac{2}{3}R + 2R = \frac{8}{3}R.$$

Тогда сопротивление $R = \frac{3}{8}R_\Omega = 30$ Ом.

Из равенства напряжений при параллельном подключении $I \cdot 2R = I_2 \cdot R$ находим ток $I_2 = 2I = 0{,}2\ A$. Ток $I_3 = I_2 + I = 3I = 0{,}3\ A$.

Найдем напряжения, которые показывают вольтметры: на втором напряжение равно нулю $V_2 = 0$, т.к. оно равно напряжению на амперметре.

Напряжения на двух других $V_1 = V_3 = I_3 \cdot R + I \cdot R = 4IR = \frac{3}{2}IR_\Omega = 4 \cdot 0{,}1 \cdot 30 = 12$ В.

ВСОШ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников в 2024-2025 учебном году

Предмет	***Класс***	***Дата***	***Время начала***	***Время окончания***
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания:

	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1	Внутри омметра есть батарея		**1**
2	Нарисована правильная эквивалентная схема		**1**
3	Нет тока через два резистора		**1**
4	Выражено сопротивление, которое показывает омметр	$R_\Omega = \frac{2}{3}R + 2R = \frac{8}{3}R$	**1**
5	Найдено сопротивление R	$R = \frac{3}{8}R_\Omega = 30$ Ом	**1**
6	Найдены токи через резисторы	$I_2 = 2I = 0{,}2\ A.$ $I_3 = I_2 + I = 3I = 0{,}3\ A.$	**2**
7	Выражено напряжение первого (третьего) вольтметра	$V_1 = V_3 = I_3 \cdot R + I \cdot R = 4IR = \frac{3}{2}IR_\Omega$	**1**
8	Получены напряжения всех вольтметров	$V_1 = V_3 = 12$ В $V_2 = 0$	**2**
		Итого:	**10**

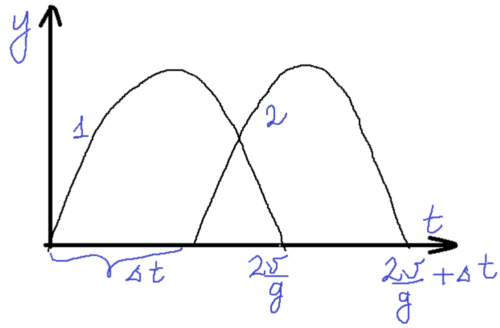
Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

3. Летающие шарики

С земли вертикально вверх с одной и той е скоростью запускают маленькие шарики через равные интервалы времени. Известно, что первый и второй шарики встретились в воздухе через время $\tau = 0{,}6$ с от момента вылета 1 шарика, а также то, что первый упал на землю в момент вылета n-го шарика (n = 6).

Найдите: 1) интервалы между вылетами шариков; 2) их начальную скорость; 3) максимальную высоту подъема шариков. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. Считайте, что шарики в воздухе пролетают мимо друг друга, не сталкиваясь.

Возможное решение:



Рассмотрим последовательный вылет двух шариков. Найдем время встречи. Можно решать квадратное уравнение, приравняв координаты y. Но можно сделать проще, нарисовав графики y(t). Если начальная скорость шариков v, то время полета шарика $t = \frac{2v}{g}$ (1), можно найти, приравняв координату y к нулю, либо найдя время подъема, скорость в верхней точке траектории равна нулю, тогда время подъема $\frac{v}{g}$, и параболы симметричны. На графике две параболы, смещенные друг относительно друга на время Δt между вылетами шариков, пересекаются в момент времени

$$\tau = \frac{\frac{2v}{g} + \Delta t}{2} = \frac{v}{g} + \frac{\Delta t}{2} \qquad (2)$$

Если решение через уравнение, то

$y = v\tau - \frac{g\tau^2}{2}$ для первого тела,

второе находится в полете на Δt меньше, для него: $y = v(\tau - \Delta t) - \frac{g(\tau - \Delta t)^2}{2}$, приравняв координаты находим решение.

Время τ – это половина времени от вылета первого шарика до приземления второго. Если первый шарик падает в момент вылета n-го, то его время полета $t = (n-1)\Delta t$, зная время полета шарика, получаем следующее уравнение:

$$(n-1)\Delta t = \frac{2v}{g} \qquad (3)$$

Подставив во второе уравнение, найдем интервал между вылетом шариков и их начальную скорость:

$\Delta t = \frac{2\tau}{n} = 0{,}2$ с; $v = \frac{(n-1)g\tau}{n} = 5$ м/с.

Зная начальную скорость найдем максимальную высоту подъема: в верхней точке скорость равна нулю: $v = gT$; $H = vT - \frac{gT^2}{2} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(n-1)^2 g\tau^2}{2n^2} = 1{,}25$ м.

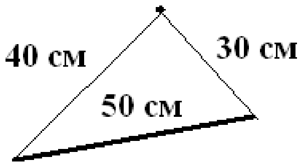
Максимальную высоту подъема можно вывести также из закона сохранения энергии $mgH = m\frac{v^2}{2}$.

Критерии оценивания:

	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1	Выражено время встречи шариков (1 балл за уравнения, либо график, 1 балл за ответ)	$\tau = \frac{\frac{2v}{g} + \Delta t}{2} = \frac{v}{g} + \frac{\Delta t}{2}$	**2**
2	Выражено время полета первого шарика через Δt	$t = (n-1)\Delta t$	**1**
3	Выражено время полета первого шарика через начальную скорость	$t = \frac{2v}{g}$	**1**
4	Найдена начальная скорость (1 балл за формулу, 1 балл за правильный числовой ответ)	$v = \frac{(n-1)g\tau}{n} = 5$ м/с.	**2**
5	Найден интервал между вылетом шариков (1 балл за формулу, 1 балл за правильный числовой ответ)	$\Delta t = \frac{2\tau}{n} = 0{,}2$ с	**2**
6	Выражена максимальная высота подъема шарика через начальную скорость	$H = \frac{v^2}{2g}$	**1**
7	Найдена максимальная высота подъема (0,5 балла за формулу, 0,5 балла за правильный числовой ответ)	$H = \frac{(n-1)^2 g\tau^2}{2n^2} = 1{,}25$ м.	**1**
		Итого:	**10**

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

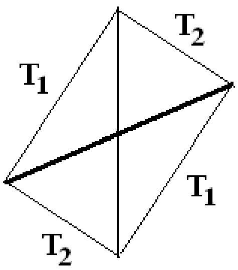
4. Обрыв нити



Концы однородного стержня длины L = 50 см привязаны к гвоздю нитями длины L_1 = 40 см и L_2 = 30 см. При каком весе стержня произойдёт обрыв, если нити рвутся при натяжении $T \geq 160$ Н? Нити невесомы и нерастяжимы.

Возможное решение:

Условие равновесия сил: $\mathbf{P} + \mathbf{T}_1 + \mathbf{T}_2 = 0$, натяжения направлены вдоль нитей, а вес вертикально вниз <1>. При данных в условии длинах угол между нитями прямой <1>. Таков же угол между натяжениями, тогда $T_1^2 + T_2^2 = P^2$ <2>. Равновесие моментов сил относительно середины стержня $T_1L_2/2 = T_2L_1/2$ <2>. Нахождение натяжений $T_1 = PL_1/L$ и $T_2 = PL_2/L$ <2>. Выбор большего натяжения и нахождение критического веса: $P = TL/L_1 = 200$ Н <2>.



Другой вариант: Равновесие моментов сил относительно середины стержня может быть заменено эквивалентным условием: центр масс (середина стержня) находится точно под точкой подвеса (медиана направлена по вертикали). Тогда имеем параллелограмм сил (рис.), где диагональ P. Половина параллелограмма подобна треугольнику из отрезков L_1; L_2 и L.

Критерии оценивания:

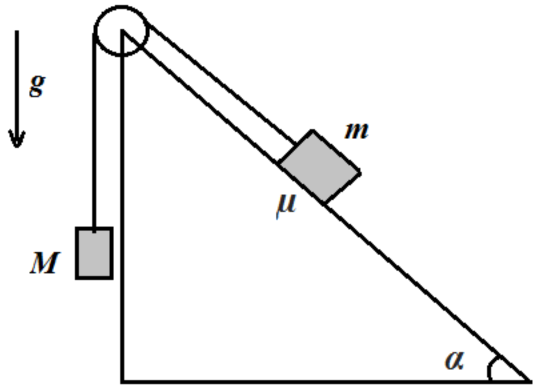
	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1.	Условие равновесия сил	$\mathbf{P} + \mathbf{T}_1 + \mathbf{T}_2 = 0$	1
2.	Нахождение угла между нитями	Прямой угол	1
3.	Связь P, T_1 и T_2 из условия равновесия сил	$T_1^2 + T_2^2 = P^2$	2
4.	Условие равновесия моментов сил	$T_1L_2/2 = T_2L_1/2$	2
5.	Нахождение натяжений	$T_1 = PL_1/L$ и $T_2 = PL_2/L$	2
6.	Нахождение критического веса	$P = TL/L_1 = 200$ Н	2
		Итого:	**10**

Комментарии: Можно сразу упоминать теорему о трех непараллельных силах и не писать уравнение моментов (в этом случае пункт за моменты можно ставить автоматически)

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

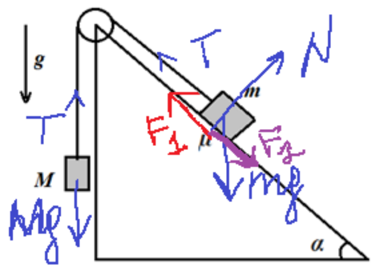
5. Неизвестная масса

На закрепленной наклонной плоскости находится брусок неизвестной массы, связанный нитью с грузом массы M. В процессе измерений меняли массу груза M. Брусок на плоскости покоился, пока масса M была больше M_1=200 г, но меньше M_2=300 г. ($M_1 < M < M_2$). Угол наклонной плоскости с горизонтом α = 30°. Ускорение свободного падения g. Найдите массу бруска и коэффициент трения бруска о плоскость. Блок невесомый и может вращаться вокруг своей оси без трения, нить невесомая и нерастяжимая.



Возможное решение:

Два крайних случая отличаются лишь направлением силы трения. Сила трения направлена против относительного проскальзывания. Сила трения в момент начала проскальзывания принимает свое максимальное значение $F = \mu N$ (сила трения скольжения).



Запишем условие равновесия (сумма сил = 0) для двух случаев:

$$M_1 g = T_1\,;\ T_1 = mg\sin\alpha - \mu N;\ N = mg\cos\alpha$$

$$M_2 g = T_2;\ T_2 = mg\sin\alpha + \mu N;\ N = mg\cos\alpha$$

Для бруска удобнее выбирать оси, связанные с наклонной плоскостью. Но можно записать уравнения и в других осях.

$$M_1 g = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha\,;$$

$$M_2 g = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha.$$

Решая полученную систему находим

$$m = \frac{M_1+M_2}{2\sin\alpha} = 500 \text{ г};\ \ \mu = \frac{M_2-M_1}{2\,\mathrm{m}\cos\alpha} = \frac{0{,}3-0{,}2}{2\cdot 0{,}5\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{5\cdot\sqrt{3}} \approx 0{,}115$$

Муниципальный этап

**Всероссийской олимпиады школьников
в 2024-2025 учебном году**

Предмет	***Класс***	***Дата***	***Время начала***	***Время окончания***
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания:

	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1	Есть рисунок с правильно расставленными силами		**1**
2	Сила трения в момент начала проскальзывания принимает свое максимальное значение $F = \mu N$	$F = \mu N$	**1**
3	Записаны условия равновесия системы в первом случае (по 0,5 за каждое уравнение), если сразу объединяются уравнения в два или одно, то снимается 0,5 балла)	$M_1 g = T_1$; $T_1 = mg\sin\alpha - \mu N$; $N = mg\cos\alpha$	**1,5**
4	Записаны условия равновесия системы во втором случае (по 0,5 за каждое уравнение), если сразу объединяются уравнения в два или одно, то снимается 0,5 балла)	$M_2 g = T_2$; $T_2 = mg\sin\alpha + \mu N$; $N = mg\cos\alpha$	**1,5**
5	Получена система уравнений	$M_1 g = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$; $M_2 g = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha$.	**1**
6	Найдена масса m (1 балл за формулу в общем виде, 1 балл за числовой ответ)	$m = \dfrac{M_1 + M_2}{2\sin\alpha} = 500$ г	**2**
7	Найден коэффициент трения μ (1 балл за формулу в общем виде, 1 балл за числовой ответ)	$\mu = \dfrac{M_2 - M_1}{2\,\mathrm{m}\cos\alpha} = \dfrac{1}{5\cdot\sqrt{3}} \approx 0{,}115$	**2**
		Итого:	**10**

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников в 2024-2025 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых в ключе. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. **Наличие лишь ответа без решения не оценивается.** При наличии у участника двух решений без указания, какое он считает верным, оценка проводится по худшему. Для удобства работы жюри решения и критерии оценки для каждой задачи приведены на отдельной странице и при необходимости снабжены комментарием. К некоторым задачам может приводиться два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.

С вопросами по критериям оценок можно обратится или по электронной почте masha.yuldasheva@mail.ru или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.