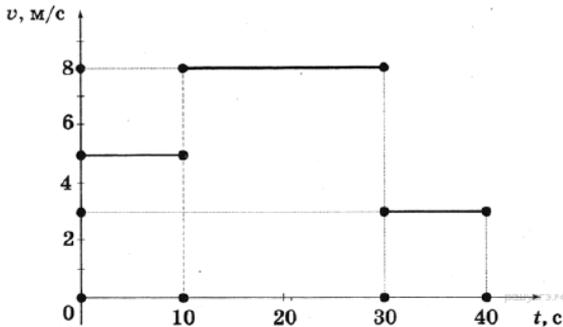


**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.
9 класс**

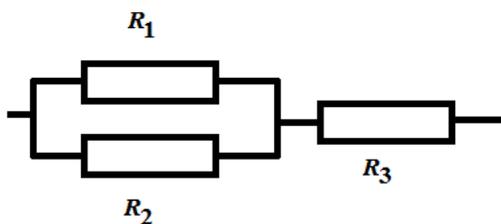
Вариант 6



1. (10 баллов). На рисунке представлен график зависимости модуля скорости тела от времени. Какой путь прошло тело за первые 20 с своего движения?

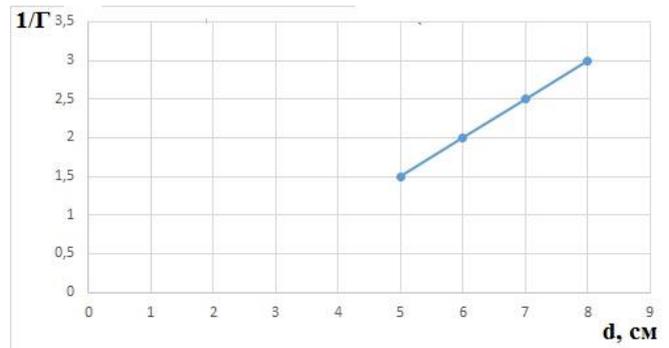
2. (15 баллов). В калориметре находится 1 кг жидкого свинца при температуре плавления ($327\text{ }^{\circ}\text{C}$). В калориметр влили 1 кг жидкого олова, взятого при температуре плавления ($232\text{ }^{\circ}\text{C}$). Какая масса жидкости окажется в калориметре спустя длительное время? Удельная теплоемкость олова $225\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, удельная теплота плавления олова $59\text{ кДж}/\text{кг}$, свинца $24,3\text{ кДж}/\text{кг}$.

3. (10 баллов). Тело соскальзывает без начальной скорости с наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^{\circ}$. На первых $k=1/3$ пути коэффициент трения $\mu_1 = 0,5$. Определите коэффициент трения μ_2 на оставшемся отрезке пути, если у основания наклонной плоскости скорость тела равна нулю.



4. (15 баллов). Резисторы с сопротивлениями $R_1 = 200\text{ Ом}$ и $R_2 = 500\text{ Ом}$ соединены параллельно, последовательно с этой цепочкой включили еще один резистор R_3 . К выводам получившейся последовательно-параллельной схемы несколько раз подключали разные батарейки. Полный заряд, протекший через резистор R_2 оказался равным $Q = 0,5\text{ Кл}$. Какой полный заряд протек через последовательно включенный резистор?

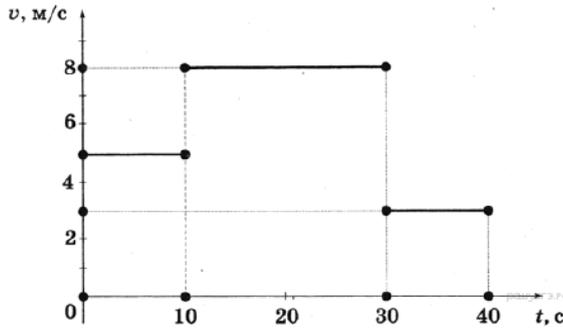
5. (25 баллов). Экспериментально определенная зависимость между величиной, обратной увеличению тонкой собирающей линзы, и расстоянием от линзы объекта показана на рисунке. Определите фокусное расстояние линзы.



ДО

6. (25 баллов). Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 6 м/с, на высоте 4 м его скорость была 5 м/с. Какова его скорость на высоте, равной трем четвертым частям максимальной высоты подъема?

Решение варианта 6



1. (10 баллов). На рисунке представлен график зависимости модуля скорости тела от времени. Какой путь прошло тело за первые 20 с своего движения?

Возможное решение: Поскольку тело не изменяло направление своего движения, путь равен модулю перемещения и может быть вычислен как площадь под графиком зависимости скорости от времени:

$$s = V_1 \Delta t_1 + V_2 \Delta t_2 = 5 \cdot 10 + 8 \cdot 10 = 130 \text{ м.}$$

Ответ: $s = V_1 \Delta t_1 + V_2 \Delta t_2 = 130 \text{ м.}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Установлено, что путь и модуль перемещения равны	4
Указано, что путь может быть вычислен как площадь под графиком зависимости скорости от времени	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	10

2. (15 баллов). В калориметре находится 1 кг жидкого свинца при температуре плавления (327 °С). В калориметр влили 1 кг жидкого олова, взятого при температуре плавления (232 °С). Какая масса жидкости окажется в калориметре спустя длительное время? Удельная теплоемкость олова 225 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления олова 59 кДж/кг, свинца 24,3 кДж/кг.

Возможное решение: В процессе теплообмена свинец отдает олову определенное количество теплоты, после чего температура смеси устанавливается. Свинец при этом кристаллизуется и, может быть, остывает в твердом состоянии. Олово нагревается в жидком состоянии. Проверим, хватит ли количества теплоты, выделившегося при температуре кристаллизации свинца для нагрева олова до температуры кристаллизации свинца.

$$Q_{Pbc} = \lambda_{Pb} m_{Pb} = 24300 \text{ Дж.}$$

$$Q_{Sn} = c_{Sn} m_{Sn} (t_{плPb} - t_{плSn}) = 21375 \text{ Дж.}$$

Из приведенного расчета видно, что свинец кристаллизуется не весь, определим, какая масса свинца кристаллизуется:

$$m_{Pbsol} = \frac{Q_{Sn}}{\lambda_{Pb}} = \frac{c_{Sn} m_{Sn} (t_{плPb} - t_{плSn})}{\lambda_{Pb}} \approx 0,88 \text{ кг.}$$

Значит, в калориметре вещества в жидкой фазе будет находиться

$$m_l = m_{Sn} + \left(m_{Pb} - \frac{c_{Sn} m_{Sn} (t_{плPb} - t_{плSn})}{\lambda_{Pb}} \right) \approx 1,12 \text{ кг.}$$

Ответ: $m_l = m_{Sn} + \left(m_{Pb} - \frac{c_{Sn} m_{Sn} (t_{плPb} - t_{плSn})}{\lambda_{Pb}} \right) \approx 1,12 \text{ кг.}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Определено количество теплоты, которое может отдать свинец при полной кристаллизации	3
Определено количество теплоты, которое должно получить олово при нагреве до температуры кристаллизации свинца	3
Определена масса свинца в твердой фазе	3
Получено выражение для массы жидкости в калориметре	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	15

3. (10 баллов). Тело соскальзывает без начальной скорости с наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$. На первых $k=1/3$ пути коэффициент трения $\mu_1 = 0,5$. Определите коэффициент трения μ_2 на оставшемся отрезке пути, если у основания наклонной плоскости скорость тела равна нулю.

Возможное решение: Пусть высота наклонной плоскости равна h . Изменение потенциальной энергии тела равно работе сил трения.

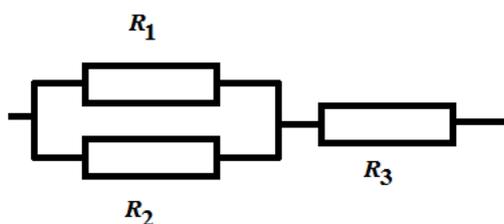
$$-mgh = -[\mu_1 k + \mu_2(1 - k)]mgh \operatorname{ctg} \alpha .$$

$$\mu_2 = \frac{tg \alpha - \mu_1 k}{(1 - k)} \approx 0,62 .$$

Ответ: $\mu_2 = \frac{tg \alpha - \mu_1 k}{(1 - k)} \approx 0,62 .$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано уравнение по закону изменения механической энергии	4
Указано, что путь может быть вычислен как площадь под графиком зависимости скорости от времени	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	10



4. (15 баллов). Резисторы с сопротивлениями $R_1 = 200$ Ом и $R_2 = 500$ Ом соединены параллельно, последовательно с этой цепочкой включили еще один резистор R_3 . К выводам получившейся последовательно-параллельной схемы несколько раз подключали разные

батарейки. Полный заряд, протекший через резистор R_2 оказался равным $Q = 0,5$ Кл. Какой полный заряд протек через последовательно включенный резистор?

Возможное решение: Напряжения резисторах R_1 и R_2 равны, а значит,

$$I_1 \tau = I_2 \tau \frac{R_2}{R_1}$$

Для третьего резистора по закону сохранения заряда

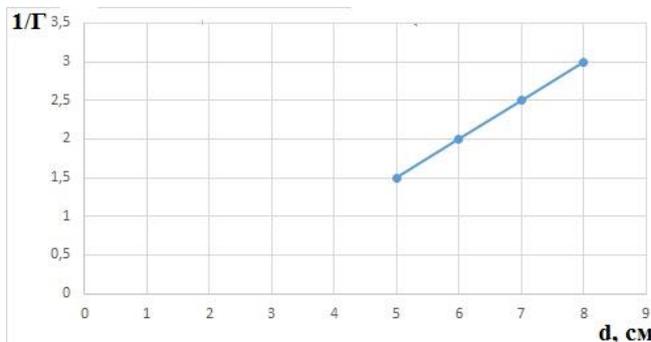
$$q_3 = q_1 + q_2 = q_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1,75 \text{ Кл}$$

Ответ: $q_3 = q_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1,75$ Кл

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записаны выражение для напряжений на первом и втором резисторах	3
Сформулировано, что напряжения на первом и втором резисторах равны	3
Показано, что суммарный заряд, прошедший через третий резистор равен сумме зарядов, прошедших через первый и второй резисторы	3
Получено выражение в общем виде для заряда, прошедшего через третий резистор	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	15

5. (25 баллов). Экспериментально определенная зависимость между величиной, обратной увеличению тонкой собирающей линзы, и расстоянием от линзы объекта показана на рисунке. Определите фокусное расстояние линзы.



ДО

Возможное решение: Из графика

видно, что увеличение, равное единице, достигается при расстоянии 4 см. Из уравнения тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

следует, что линейное увеличение линзы, определяемое как отношение линейных размеров изображения и объекта, связано с расстоянием от линзы до объекта и фокусным расстоянием линзы как:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}.$$

Из этих выражений также следует, что $\Gamma = 1$ при $d = f = 2F$. Если продлить линию на графике до точки, ордината которой $\Gamma = 1$, то видно, что, $d = 4$ см, а значит, фокусное расстояние линзы $F = 2$ см.

Правильным также будет решение, в котором будет проведен расчет по формуле для увеличения линзы с использованием любой точки графика, например, $d = 6$ см, а $1/\Gamma = 2$.

$$F = \frac{\Gamma d}{1 + \Gamma} = 2 \text{ см}.$$

Ответ: $F = 2$ см

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано уравнение тонкой линзы	4
Записано выражение для расчета увеличения линзы через фокусное расстояние и расстояние от линзы до объекта	8
Показано, что единичное увеличение достигается при расположении объекта на двойном фокусном расстоянии от линзы	5
Получено выражение в общем виде для фокусного расстояния или проведены рассуждения о продлении графика	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	25

6. (25 баллов). Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 6 м/с, на высоте 4 м его скорость была 5 м/с. Какова его скорость на высоте, равной трем четвертым частям максимальной высоты подъема?

Возможное решение: Обозначим ускорение свободного падения у поверхности планеты как g , высоты h и скорости V на поверхности с индексом "0", на высоте 2 м – с индексом "1", на высоте 4 м – с индексом "2". На высоте h_1 имеем

$$h_1 = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2g}$$

Ускорение свободного падения

$$g = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2h_1}.$$

Для высоты h_2 имеем

$$h_2 = \frac{V_0^2 - V_2^2}{2g} = \frac{V_0^2 - V_2^2}{V_0^2 - V_1^2} h_1.$$

Скорость, с которой брошено тело, равна

$$V_0 = \sqrt{\frac{V_1^2 h_2 - V_2^2 h_1}{h_2 - h_1}}.$$

По закону сохранения механической энергии максимальная высота подъема тела определяется как

$$mgh_m = \frac{mV_0^2}{2}.$$

Для искомой высоты

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_{3/4}^2}{2} + \frac{3mgh_m}{4}.$$

Тогда

$$V_{3/4}^2 = \frac{V_0^2}{4} = \frac{5}{8} \cdot \frac{V_1^2 h_2 - V_2^2 h_1}{h_2 - h_1},$$

$$V_{3/4} = \sqrt{\frac{V_1^2 h_2 - V_2^2 h_1}{4(h_2 - h_1)}} \approx 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $V_{3/4} = \sqrt{\frac{V_1^2 h_2 - V_2^2 h_1}{4(h_2 - h_1)}} \approx 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано уравнение для скорости на высоте 2 м	4
Записано выражение для ускорения свободного падения	4
Записано уравнение для скорости на высоте 4 м	4
Записано выражение для начальной скорости	4
Записано выражение по закону сохранения механической энергии	4
Получен результат в общем виде	3
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	25