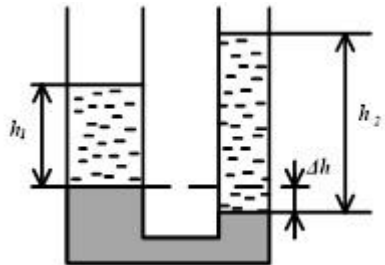


**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации  
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.  
9 класс**

**Вариант 9**

**1. (10 баллов).** В сообщающихся сосудах находятся ртуть, вода и масло. Какова высота  $h_1$  столбца масла в правом сосуде, если в левом высота столбца воды  $h_2 = 19$  см, а разность уровней ртути в сосудах  $\Delta h = 1$  см? Плотности: ртути  $\rho_p = 13,6$  г/см<sup>3</sup>, воды  $\rho_v = 1,0$  г/см<sup>3</sup>, масла  $\rho_m = 0,93$  г/см<sup>3</sup>.

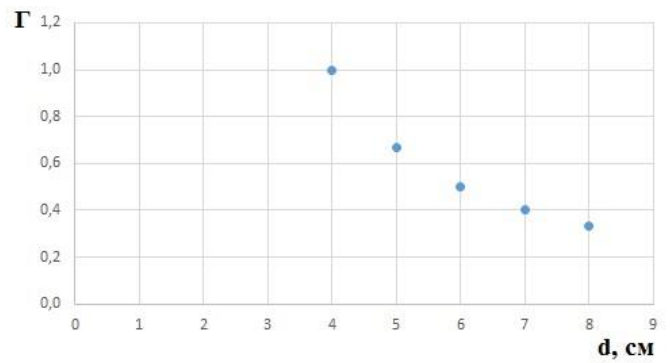


**2. (15 баллов).** В стакан налита вода при комнатной температуре  $t_1 = 20$  °С до одной трети объема. Потом в этот стакан доливают еще столько же воды при температуре  $t_2 = 30$  °С. После установления теплового равновесия температура в стакане оказалась равной  $\theta_1 = 23$  °С. В другой такой же стакан наливают воду при температуре  $t_1 = 20$  °С до  $1/5$  объема и доливают горячей воды с температурой  $t_2 = 30$  °С доверху. Какая температура  $\theta_2$  установится в этом стакане?

**3. (10 баллов).** Три одинаковых бруска, каждый массой  $m$ , связанных между собой невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся по горизонтальной поверхности под действием силы, приложенной к первому бруску и направленной вверх под углом  $\alpha$  к горизонту. Найдите эту силу, если сила натяжения нити между последними брусками  $T$ , а коэффициент трения брусков о поверхность  $\mu$ .

**4. (15 баллов).** Если к батарее подключен только первый вольтметр, то он показывает 4 В. Если подключен только второй - то он показывает 4,5 В. Если к батарее подключены последовательно оба этих вольтметра, то вместе они показывают 5 В. Какими будут показания этих двух вольтметров, если их подключить к этой же батарее параллельно?

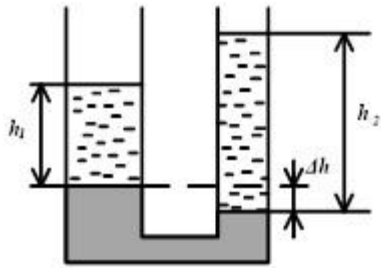
**5. (25 баллов).** Экспериментально определенная зависимость между увеличением тонкой собирающей линзы, и расстоянием от линзы до объекта показана на рисунке. Определите фокусное расстояние линзы.



**6. (25 баллов).** Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 8 м/с, на высоте 4 м его скорость была 4 м/с. Какова максимальная высота подъема тела?

## Решение варианта 9

1. (10 баллов). В сообщающихся сосудах находятся ртуть, вода и масло. Какова высота  $h_1$



столбца масла в правом сосуде, если в левом высота столбца воды  $h_2 = 19$  см, а разность уровней ртути в сосудах  $\Delta h = 1$  см? Плотности: ртути  $\rho_p = 13,6$  г/см<sup>3</sup>, воды  $\rho_v = 1,0$  г/см<sup>3</sup>, масла  $\rho_m = 0,93$  г/см<sup>3</sup>.

*Возможное решение:* уравнение равновесия для

сообщающихся сосудов имеет вид

$$\rho_m(h_2 + \Delta h) = \rho_v h_1 + \rho_p \Delta h$$

Решая это уравнение, получим

$$h_1 = \frac{\rho_m(h_2 + \Delta h) - \rho_p \Delta h}{\rho_v} = 5 \text{ см.}$$

*Ответ:*  $h_1 = \frac{\rho_m(h_2 + \Delta h) - \rho_p \Delta h}{\rho_v} = 5 \text{ см.}$

*Критерии оценивания решения:*

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	<b>0</b>
Выполнен чертеж	<b>2</b>
Записано уравнение равновесия	<b>3</b>
Получен результат в общем виде	<b>2</b>
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	<b>3</b>
<b>Всего баллов</b>	<b>10</b>

2. (15 баллов). В стакан налита вода при комнатной температуре  $t_1 = 20$  °С до одной трети объема. Потом в этот стакан доливают еще столько же воды при температуре  $t_2 = 30$  °С. После установления теплового равновесия температура в стакане оказалась равной  $\theta_1 = 23$  °С. В другой такой же стакан наливают воду при температуре  $t_1 = 20$  °С до 1/5 объема и доливают горячей воды с температурой  $t_2 = 30$  °С доверху. Какая температура  $\theta_2$  установится в этом стакане?

*Возможное решение:* Обозначим массу воды, полностью заполняющей стакан, через  $m$ . Обозначим теплоемкость стакана через  $C$ . Запишем уравнение теплового баланса для первого опыта:

$$\frac{c_v m(t_2 - \theta_1)}{3} = \left(\frac{c_v m}{3} + C\right)(\theta_1 - t_1)$$

Для второго опыта

$$\frac{4c_v m(t_2 - \theta_2)}{5} = \left(\frac{c_v m}{5} + C\right)(\theta_2 - t_1)$$

Из первого уравнения определим теплоемкость стакана:

$$C = \frac{c_B m (t_2 - \theta_1)}{3(\theta_1 - t_1)}.$$

Из второго уравнения получим

$$\theta_2 = \frac{\left(\frac{1}{5} + \frac{(t_2 - \theta_1)}{3(\theta_1 - t_1)}\right) t_1 + \frac{4}{5} t_2}{1 + \frac{(t_2 - \theta_1)}{3(\theta_1 - t_1)}} \approx 24,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Ответ:**  $\theta_2 = \frac{\left(\frac{1}{5} + \frac{(t_2 - \theta_1)}{3(\theta_1 - t_1)}\right) t_1 + \frac{4}{5} t_2}{1 + \frac{(t_2 - \theta_1)}{3(\theta_1 - t_1)}} \approx 24,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

**Критерии оценивания решения:**

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	<b>0</b>
Составлены уравнения теплового баланса для первого и второго опытов	<b>6</b>
Записано выражение для теплоемкости стакана	<b>3</b>
Получен результат в общем виде	<b>4</b>
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	<b>2</b>
<b>Всего баллов</b>	<b>15</b>

**3. (10 баллов).** Три одинаковых бруска, каждый массой  $m$ , связанных между собой невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся по горизонтальной поверхности под действием силы, приложенной к первому бруску и направленной вверх под углом  $\alpha$  к горизонту. Найдите эту силу, если сила натяжения нити между последними брусками  $T$ , а коэффициент трения брусков о поверхность  $\mu$ .

**Возможное решение:** Запишем уравнения динамики движения для третьего, второго и первого тел:

$$T - \mu t g = m a$$

$$T' - T - \mu t g = m a$$

$$F \cos \alpha - T' - \mu (m g - F \sin \alpha) = m a$$

Решая эту систему уравнений относительно  $F$ , получим

$$F = \frac{3T}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

**Ответ:**  $F = \frac{3T}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$

**Критерии оценивания решения:**

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Выполнен чертёж	2
Записаны три уравнения движения	6
Задание выполнено полностью	2
<b>Всего баллов</b>	<b>10</b>

**4. (15 баллов).** Если к батарее подключен только первый вольтметр, то он показывает 4 В. Если подключен только второй - то он показывает 4,5 В. Если к батарее подключены последовательно оба этих вольтметра, то вместе они показывают 5 В. Какими будут показания этих двух вольтметров, если их подключить к этой же батарее параллельно?

**Возможное решение:** Показание неидеального вольтметра равно произведению протекающего через него тока на его сопротивление. Будем считать, что внутреннее сопротивление батареи  $r$ , а ее ЭДС равна  $\mathcal{E}$ . Сопротивление первого вольтметра  $R_1$ , а второго вольтметра  $R_2$ . В первом эксперименте напряжение на первом вольтметре равно

$$U_1 = \frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + r} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{r}{R_1}}.$$

Во втором эксперименте напряжение на втором вольтметре равно

$$U_2 = \frac{\mathcal{E}R_2}{R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{r}{R_2}}.$$

В третьем эксперименте суммарное напряжение на двух последовательно включенных вольтметрах равно

$$U_3 = \frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}\left(\frac{R_1}{r} + \frac{R_2}{r}\right)}{\frac{R_1}{r} + \frac{R_2}{r} + 1}.$$

Решая систему из трех уравнений с тремя неизвестными  $r/R_1$ ,  $r/R_2$ ,  $\mathcal{E}$ , получим значения неизвестных:  $r/R_1 = 0,5$ ;  $r/R_2 \approx 0,33$ ;  $\mathcal{E} = 6$  В.

Показания вольтметров при их одновременном и параллельном подключении к этой же батарее получим из выражения

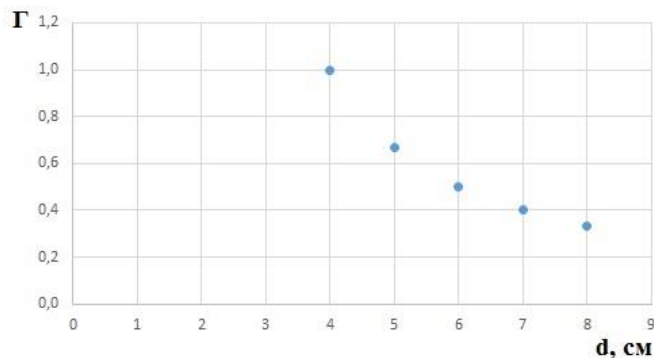
$$U_4 = \frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{R_1R_2}{r(R_1 + R_2)}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{1}{\frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}}} \approx 3,27 \text{ В}.$$

**Ответ:**  $U_4 = \frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{R_1R_2}{r(R_1 + R_2)}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{1}{\frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}}} \approx 3,27 \text{ В}.$

**Критерии оценивания решения:**

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записаны уравнения для напряжений в трех экспериментах	3
Решена система уравнений, получены значения в виде числа или в общем виде	5
Получен результат в общем виде	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
<b>Всего баллов</b>	<b>15</b>

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



**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  $d = f = 2F$ . На графике видно, что при  $\Gamma = 1$ , расстояние  $d = 4$  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, при  $d = 7$  см и  $\Gamma = 0,4$ .

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

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

**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 использована точка Г = 1	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
<b>Всего баллов</b>	<b>25</b>

6. (25 баллов). Тело брошено вертикально вверх от поверхности некоторой планеты. На высоте 2 м оно имело скорость 8 м/с, на высоте 4 м его скорость была 4 м/с. Какова максимальная высота подъема тела?

**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

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

Максимальная высота подъема тела

$$H = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_1 + \frac{V_1^2(h_2 - h_1)}{V_2^2 - V_1^2} \approx 4,67 \text{ м}$$

**Ответ:**  $H = h_1 + \frac{V_1^2(h_2 - h_1)}{V_2^2 - V_1^2} \approx 4,67 \text{ м}$

**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	7
Записано выражение для ускорения свободного падения	7
Получен результат в общем виде	7
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	4
<b>Всего баллов</b>	<b>25</b>

