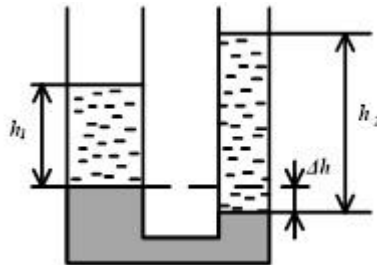


**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

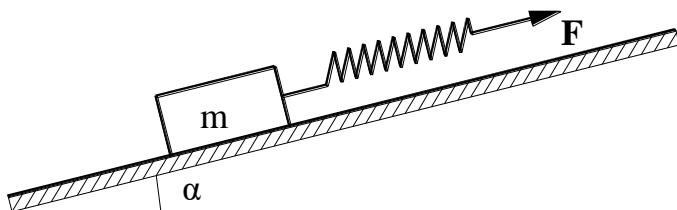
9 класс

Вариант 8

1. (10 баллов). В сообщающихся сосудах находятся ртуть, вода и масло. Какова высота h_2 столбца масла в правом сосуде, если в левом высота столбца воды $h_1 = 5$ см, а разность уровней ртути в сосудах $\Delta h = 1$ см? Плотности: ртути $\rho_p = 13,6$ г/см³, воды $\rho_v = 1,0$ г/см³, масла $\rho_m = 0,93$ г/см³.



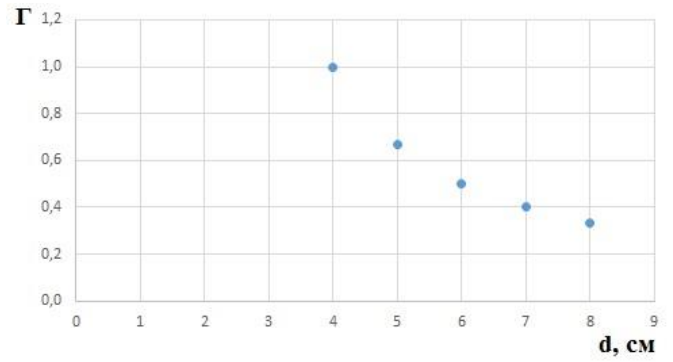
2. (15 баллов). С какой скоростью должны лететь навстречу друг другу две одинаковые льдинки, имеющие температуру $t = -10^\circ\text{C}$, чтобы при неупругом ударе они обратились в пар? Удельные теплоёмкости воды $c_v = 4200$ Дж/(кг·К), льда $c_l = 2100$ Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг, Удельная теплота парообразования воды $r = 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг.



3. (10 баллов). Тело массой $m = 1$ кг движется вверх по плоскости, наклоненной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. К телу прикреплена пружина жесткости $k = 100$ Н/м, к которой приложена сила, параллельная наклонной плоскости (см. рисунок). Найдите ускорение тела, если деформация пружины равна $x = 10$ см, а коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,5$.

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?

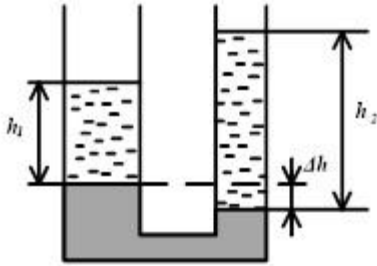
5. (25 баллов). Экспериментально определенная зависимость между увеличением тонкой собирающей линзы, и расстоянием от линзы до объекта показана на рисунке. Определите фокусное расстояние линзы.



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 8

1. (10 баллов). В сообщающихся сосудах находятся ртуть, вода и масло. Какова высота h_2



столбца масла в правом сосуде, если в левом высота столбца воды $h_1 = 5$ см, а разность уровней ртути в сосудах $\Delta h = 1$ см? Плотности: ртути $\rho_p = 13,6$ г/см³, воды $\rho_v = 1,0$ г/см³, масла $\rho_m = 0,93$ г/см³.

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

$$h_2 = \frac{\rho_v h_1 + (\rho_p - \rho_m) \Delta h}{\rho_m} = 19 \text{ см.}$$

Ответ: $h_2 = \frac{\rho_v h_1 + (\rho_p - \rho_m) \Delta h}{\rho_m} = 19 \text{ см.}$

Критерии оценивания решения:

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

2. (15 баллов). С какой скоростью должны лететь навстречу друг другу две одинаковые льдинки, имеющие температуру $t = -10^\circ\text{C}$, чтобы при неупругом ударе они обратились в пар? Удельные теплоёмкости воды $c_v = 4200$ Дж/(кг·К), льда $c_l = 2100$ Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг, Удельная теплота парообразования воды $r = 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Возможное решение: Удар – процесс кратковременный, поэтому рассеянием теплоты пренебрежем. Льдинки одинаковые, значит при неупругом ударе их суммарная кинетическая энергия перейдет во внутреннюю.

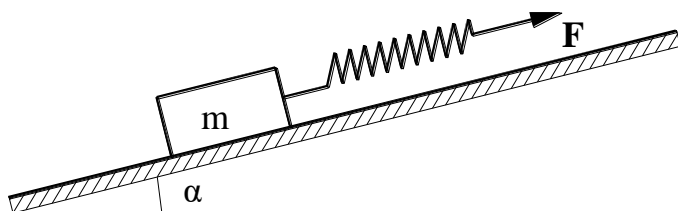
$$mV^2 = c_l m(t_{\text{пл}} - t) + \lambda m + c_v m(t_{\text{кип}} - t_{\text{пл}}) + rm$$

$$V = \sqrt{c_l(t_{\text{пл}} - t) + \lambda + c_v(t_{\text{кип}} - t_{\text{пл}}) + r} \approx 2,46 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ: $V = \sqrt{c_l(t_{\text{пл}} - t) + \lambda + c_v(t_{\text{кип}} - t_{\text{пл}}) + r} \approx 2,46 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Установлено, что суммарная кинетическая энергия переходит во внутреннюю	4
Записано уравнение теплового баланса	4
Получен результат в общем виде	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	3
Всего баллов	15



3. (10 баллов). Тело массой $m = 1$ кг движется вверх по плоскости, наклоненной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. К телу прикреплена пружина жесткости $k = 100$ Н/м, к которой приложена сила, параллельная наклонной плоскости (см. рисунок). Найдите ускорение тела, если деформация пружины равна $x = 10$ см, а коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,5$.

Возможное решение: Уравнение движения по 2 закону Ньютона имеет вид:

$$kx - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = ma$$
$$a = \frac{kx}{m} - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 9,33 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = \frac{kx}{m} - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 9,33 \text{ м/с}^2$

Критерии оценивания решения:

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

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

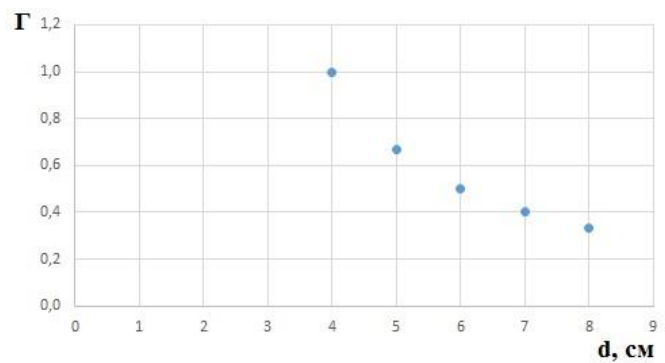
$$U_4 = \frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{R_1R_2}{r(R_1 + R_2)}} = \frac{\mathcal{E}}{1 + \frac{1}{\frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}}} \approx 3,27 \text{ В}.$$

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
Всего баллов	15

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: $F = 2$ 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 использована точка $\Gamma = 1$	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 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
Всего баллов	25