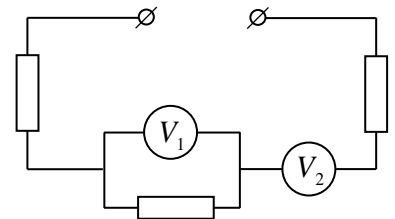


**Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор»,
профиль «Инженерные науки»,
Решения и критерии оценивания задач олимпиадной части финала конкурса
2024-2025 учебного года, 9 класс
Олимпиада по физике**

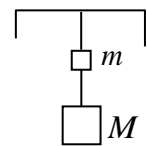
1. В стакан, имеющий форму цилиндра, налита вода с плотностью $\rho_в = 1 \text{ г/см}^3$ и масло с плотностью $\rho_м = 0,8 \text{ г/см}^3$. Затем в стакан бросают кусочек водяного льда, который оказался полностью погруженным в жидкость. В результате уровень воды поднялся на $\Delta h = 5 \text{ см}$, а уровень масла поднялся на $2\Delta h$. На сколько изменятся уровни воды и масла, когда лед растает? Плотность льда $\rho_л = 0,9 \text{ г/см}^3$. Считать, что вода и масло не перемешиваются в течение всего эксперимента.

2. Из городов А и В одновременно навстречу друг другу вышли два автомобиля. Автомобили встретились на расстоянии l от города А, и не останавливаясь, продолжили свое движение. Доехав до своих пунктов назначения (автомобиль, вышедший из города А, - до города В, автомобиль, вышедший из города В, - до города А), автомобили развернулись и поехали назад. Вторая встреча автомобилей произошла на расстоянии $2l/5$ от города В. Найти расстояние между городами А и В и отношение скоростей автомобилей. Скорости автомобилей оставались постоянными в течение всего маршрута.

3. К идеальному источнику электрического напряжения подключили два одинаковых вольтметра и три одинаковых резистора согласно схеме, приведенной на рисунке. Известно, что показания вольтметра V_1 отличаются от показания вольтметра V_2 в три раза, при этом вольтметр V_1 показал напряжение $U_1 = 12 \text{ В}$. Найти напряжение источника и отношение сопротивления резистора к сопротивлению вольтметра.



4. К потолку кабины лифта с помощью двух невесомых, нерастяжимых нитей привязаны два тела с массами $m = 1 \text{ кг}$ и $M = 2 \text{ кг}$ (см. рисунок). Сила, с которой груз с массой M действует на нижнюю нить, известна и равна $F = 30 \text{ Н}$. Найти силу натяжения верхней нити. Двигается ли с ускорением лифт, и если да, то каковы направление и величина его ускорения? Считать, что ускорение свободного падения равно $g = 10 \text{ м/с}^2$.



5. В двух калориметрах содержатся: массы воды m и $2m$. Во втором калориметре (с водой массой $2m$) включают нагреватель. Через некоторое время вода в этом калориметре закипает, тогда ее нагревание прекращают. Точный термометр, показывавший в первом калориметре температуру $t_0 = 20,4^\circ \text{ С}$, опускают во второй калориметр, и он показывает температуру $t_2 = 99,7^\circ \text{ С}$. Какую температуру покажет термометр, если его вынуть из второго калориметра и сразу же опустить в

первый? Атмосферное давление – нормальное, теплоемкости калориметров и потери тепла пренебрежимо малы.

Решения и критерии оценивания

1. Поскольку плотность масла меньше плотности воды, масло плавает поверх воды. При опускании в сосуд куска льда уровень воды поднялся на Δh , следовательно, объем вытесненной льдом воды - $S\Delta h$. Подъем уровня масла связан с тем, что масло налито поверх воды и поднимается с подъемом уровня воды, а также с вытеснением льдом масла. Если бы лед целиком находился в воде, подъем уровня масла был бы равен подъему уровня воды. А поскольку в нашем случае подъем уровня масла вдвое больше подъема уровня воды, половина объема льда находится в масле, половина в воде.

Пусть объем льда в сосуде V . Тогда при таянии этого льда образуется объем воды

$$V_g = \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} V = 0,9V$$

Эта вода заполнит вытесненный льдом объем ($0,5V$), а оставшиеся $0,4V$ приведут к подъему уровня воды. Так как вытеснение льдом воды объемом $0,5V$ привело к подъему уровня воды на Δh , то добавление объема $0,4V$ приведет к подъему уровня воды на

$$\Delta h_1 = \frac{0,4}{0,5} \Delta h = 4 \text{ см}$$

После того как лед растает масло ничем не будет вытесняться и его уровень должен упасть на $\Delta h = 5$ см. Но уровень воды поднимется на $\Delta h_1 = 4$ см. Это значит, что уровень масла опустится на $\Delta h_2 = 1$ см. Таким образом, уровень воды поднимется на

$$\Delta h_1 = 4 \text{ см},$$

уровень масла опустится на

$$\Delta h_2 = 1 \text{ см}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. правильное использование определения плотности – 1 балл
 2. правильный вывод о равенстве вытесненных объемов масла и воды в начальном состоянии – 1 балл
 3. правильно найден объем воды, получившийся при таянии льда – 1 балл
 4. правильно найден подъем уровня воды – 1 балл
 5. правильно найдено опускание уровня масла – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

2. Пусть расстояние АВ равно S . Тогда, очевидно, что сумма расстояний, пройденных автомобилями от начала движения до первой встречи, равна S , а до второй встречи - $3S$. Действительно, до второй встречи каждый автомобиль доедет до второго города (в сумме $2S$), и проедет расстояние от него до места встречи с другим автомобилем. Поэтому, и время, в течение которого автомобили двигались от начала движения до второй встречи, втрое больше времени, в течение которого автомобили двигались до первой. А поскольку они двигались с постоянными скоростями, расстояние, пройденное каждым от выхода до второй встречи, втрое больше

расстояния, пройденного до первой. Следовательно, с одной стороны, автомобиль, вышедший из города А, пройдет до второй встречи расстояние $3l$, с другой это расстояние равно расстоянию между городами плюс расстоянию от города В до точки второй встречи. Отсюда

$$3l = S + \frac{2l}{5} \quad \Rightarrow \quad S = \frac{13l}{5}$$

Отсюда находим, что автомобиль, вышедший из города В, прошел до первой встречи с автомобилем, вышедшим из города А, расстояние $S - l = (8/5)l$. И следовательно, отношение скоростей автомобилей равно

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{l}{(8/5)l} = \frac{5}{8}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
 2. правильный и обоснованный вывод, что сумма расстояний, пройденных автомобилями до второй встречи, втрое больше суммы расстояний, пройденных до первой – 1 балл
 3. правильное уравнение для нахождения расстояния между городами – 1 балл
 4. правильный ответ для расстояния между городами – 1 балл
 5. правильный ответ для отношения скоростей автомобилей – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Поскольку вольтметр показывает напряжение на самом себе, а ток, текущий через первый вольтметр, меньше тока, текущего через второй (на участке параллельного соединения ток делится), то из одинаковости сопротивлений вольтметров следует, что показания первого вольтметра меньше показаний второго. Поэтому показания второго вольтметра составляют

$$U_2 = 3U_1.$$

Значит, и сила тока, текущего через второй вольтметр, втрое больше силы тока, текущего через первый. Поэтому, если через первый вольтметр течет ток I_1 , то через параллельный ему резистор – ток $2I_1$. И, следовательно, сопротивление резистора r вдвое меньше сопротивления вольтметра R

$$\frac{r}{R} = \frac{1}{2}.$$

Поэтому на двух боковых резисторах (см. схему цепи в условии задачи) будет такое же напряжение, как и на вольтметре V_2 . И, значит, напряжение источника равно

$$U = U_1 + U_2 + U_2 = 7U_1 = 84 \text{ В.}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. использованы правильные законы сложения токов и напряжений при последовательном и параллельном соединении резисторов – 1 балл,
2. правильно найдены показания второго вольтметра – 1 балл,
3. правильно найдено соотношение токов, текущих через вольтметр V_1 и параллельный ему резистор – 1 балл,
4. правильный ответ для отношения сопротивления резистора к сопротивлению вольтметра – 1 балл,

5. правильный ответ для напряжения источника – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. На нижнее тело массой M действуют две силы – сила тяжести Mg и сила со стороны верхней нити, направленная вверх и равна по величине $F = 30$ Н (по третьему закону Ньютона она такая же по величине, как и сила, действующая со стороны тела массой M на нить). Поэтому второй закон Ньютона для этого тела в проекции на ось, направленную вертикально вверх, дает

$$Ma = F - Mg \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{M} - g = 5 \text{ м/с}^2.$$

Таким образом, проекция ускорения первого тела на ось, направленную вверх оказывается положительной. Следовательно, лифт движется так, что вектор его ускорения направлен вверх и равен по величине

$$a = \frac{F}{M} - g = 5 \text{ м/с}^2.$$

Второе тело будет двигаться вместе с лифтом с тем же ускорением. На него действуют сила тяжести и силы натяжения верхней и нижней нитей. Поэтому второй закон Ньютона для этого тела в проекции на ось, направленную вертикально вверх, дает

$$ma = T - F - mg,$$

где T - искомая сила натяжения верхней нити. Отсюда находим

$$T = ma + F + mg = m\left(\frac{F}{M} - g\right) + F + mg = \frac{(m+M)F}{M} = 45 \text{ Н}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

- 1. правильное использование законов Ньютона – 1 балл**
 - 2. правильно расставлены силы, действующие на тела – 1 балл**
 - 3. правильно найдена величина и направление ускорения лифта – 1 балл,**
 - 4. правильный второй закон Ньютона для верхнего тела – 1 балл,**
 - 5. правильный ответ для силы натяжения верхней нити – 1 балл.**
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

5. Так как атмосферное давление – нормальное, то температура кипения воды $t_{\text{кип}} = 100^\circ \text{ С}$. А так как термометр во втором калориметре показывает температуру, меньшую этой температуры, нужно учитывать его собственную теплоемкость. Поэтому уравнение теплового баланса для опускания термометра в кипящую воду дает

$$C_0(t_2 - t_0) = c2m(t_{\text{кип}} - t_2)$$

где C_0 - теплоемкость термометра, c - удельная теплоемкость воды. Отсюда находим

$$C_0 = \frac{2mc(t_{\text{кип}} - t_2)}{t_2 - t_0} \quad (*)$$

После этого термометр с температурой t_2 опускают в калориметр с водой массой m с температурой t_0 . Уравнение теплового баланса дает

$$C_0(t_2 - t_x) = cm(t_x - t_0)$$

где t_x - температура воды в первом стакане после установления равновесия (которую и покажет термометр). Находя отсюда температуру t_x

$$t_x = \frac{C_0 t_2 + cm t_0}{cm + C_0}$$

и подставляя C_0 из формулы (*), получим

$$t_x = \frac{t_0(t_2 - t_0) + 2t_2(t_{\text{кип}} - t_2)}{t_2 - t_0 + 2(t_{\text{кип}} - t_2)} = 21,0^\circ \text{C}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

- 1. Правильно использованы соотношения для полученной или отданной теплоты – 1 балл**
- 2. Правильно понято, что показания термометра в кипящей воде меньше температуры кипения из-за его собственной теплоемкости – 1 балл**
- 3. Правильно найдена теплоемкость термометра – 1 балл**
- 4. Правильно записано уравнение теплового баланса для опускания горячего термометра в первый калориметр – 1 балл**
- 5. правильный ответ, правильные вычисления (с нужной точностью) – 1 балл.**

Оценка за задачу находится как сумма оценок за перечисленные пункты.

Оценка работы участника

Итоговая оценка работы равна сумме оценок за каждую задачу. Пересчет на 50-балльную шкалу осуществляется умножением итоговой оценки на 2.