

Критерии оценивания

Максимальное количество баллов за работу — **100**.

Любое правильное альтернативное решение, приводящее к верному ответу, оценивается полным баллом

Во всех заданиях необходимо привести развёрнутое решение

№ задачи	Критерии	Макс. кол-во баллов
1	<p>Способ 1.</p> <p>Явно указана или используется в решении связь скорости движения спутника с параметрами его орбиты — 3 балла.</p> <p>Получено верное соотношение скоростей спутников — $2 \cdot 4$ балла.</p> <p>Сделан верный вывод — 4 балла.</p> <p>Способ 2.</p> <p>Явно указана или используется в решении связь скорости движения спутника с параметрами его орбиты — 3 балла.</p> <p>Верно рассчитаны скорости всех спутников (в любых единицах измерения) — $3 \cdot 3$ балла.</p> <p>Сделан верный вывод — 3 балла.</p> <p>Если в полном логически верном решении присутствуют ошибки перевода единиц измерения (даже если в этом случае получен верный ответ), то такое решение оценивается в 10 баллов</p>	15
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Явно записана или используется в решении формула для силы тяжести — 1 балл. 2. Явно записана или используется в решении формула для силы Архимеда — 1 балл. 3. Явно записана или используется в решении связь массы и объёма — 1 балл. 4. Учтено, что объём материала равен разности объёмов тела и полости, — 1 балл. 5. Явно записана или используется в решении сила Архимеда, действующая со стороны первой и второй жидкости, — $2 \cdot 2$ балла. 6. Учтено, что при плавании тела равнодействующая сил равна нулю, — 2 балла. 7. Записано условие плавания (равенство сил) — 3 балла. 8. Определён объём полости — 2 балла 	15

3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Явно указан или используется в решении вывод, что смещение блока равно $0,5x$, — 2 балла. 2. Явно указан или используется в решении вывод, что удлинение пружины равно $0,5x$, — 1 балл. 3. Явно записан или используется в решении закон Гука — 1 балл. 4. Явно записана или используется в решении формула для силы тяжести — 1 балл. 5. Явно указано или используется в решении утверждение, что сила упругости пружины равна удвоенной силе натяжения нити, которая равна силе тяжести, — 2 балла. 6. Составлена система уравнений для начального и конечного положений равновесия — 4 балла. <p>ИЛИ</p> <p>Обосновано, что до добавления воды равнодействующая сил, приложенных к блоку, была равна нулю, так как система находилась в равновесии, — 4 балла.</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Из системы уравнений найдена максимальная масса воды — 2 балла. 8. Найдена искомая масса (в виде строгого «<» или нестрогого «≤» неравенства) — 2 балла 	15
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Явно указана или используется в решении скорость нагревания воды, $20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ — 3 балла. 2. Явно указана или используется в решении температура кипения воды — 2 балла. 3. Явно записана или используется в решении формула нахождения количества теплоты, необходимого для нагревания воды, — 2 балла. 4. Явно записана или используется в решении формула нахождения количества теплоты, необходимого для выкипания воды, — 2 балла. 5. Явно указано или используется в решении утверждение, что тепловая мощность плиты постоянна, — 3 балла. 6. Явно указана или используется в решении формула для расчёта времени до полного выкипания воды, либо составлена аналогичная пропорция — 4 балла. 7. Найдено время отсутствия Пети — 4 балла. <p>ИЛИ</p> <p>Найдено только полное время выкипания — 2 балла.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Допущена арифметическая ошибка, но учтено, что время отсутствия на 2 мин меньше полного времени выкипания, — 2 балла</p>	20
5	<p>Приведён верный принцип составления пар — 3 балла.</p> <p>За каждую верно составленную пару — 3 балла (максимум 12 баллов, пятая пара получается по остаточному принципу)</p>	15

6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Явно записаны или использованы соотношения для токов, напряжений и сопротивлений при параллельном и последовательном подключениях — 6 · 1 балл. 2. Верно определено, по каким участкам цепи потечёт ток в каждом случае, — 2 · 1 балл. 3. Явно записан или использован закон Ома для участка цепи — 1 балл. 4. Явно рассчитано или проанализировано общее сопротивление цепи в каждом из случаев — 2 · 3 балла. 5. Определены токи в каждом случае — 2 · 2 балла. 6. Сделан вывод о яркости — 1 балл 	20
---	--	----

Во всех задачах необходимо привести развёрнутое решение.

ЗАДАНИЕ 1 (СПУТНИКОВЫЙ МАРАФОН)

Вам даны три естественных спутника объектов Солнечной системы, а также радиусы их орбит, периоды обращения и название тела, вокруг которого они обращаются. Определите, скорость движения какого из перечисленных спутников является наибольшей.

Спутник	Радиус орбиты, км	Период обращения	Центральное тело
Фобос	9400	7 ч 39 мин	планета Марс
Ио	422 000	1,77 земных суток	планета Юпитер
Дактиль	108	1,54 земных суток	астероид Ида

Решение:

Способ 1.

Спутники движутся по круговой орбите радиуса R и совершают полный оборот за время T . Движение считается равномерным, значит, скорость v определяется как отношение длины окружности к времени одного оборота. Получаем

$$v = \frac{2\pi R}{T}.$$

Можно заметить, что скорость определяется отношением R к T . Значит, достаточно записать отношение двух скоростей и сравнить его с единицей:

$$\frac{v_F}{v_I} = \frac{R_F T_I}{R_I T_F} = \frac{9400 \cdot 1,77}{422 \cdot 10^3 \cdot 0,319} < 1.$$

Здесь индекс F относится к Фобосу, I — к Ио, а период обращения Фобоса переведён из часов в земные сутки. Получаем, что скорость движения Фобоса меньше, чем скорость движения Ио. Далее таким же образом сравним Ио и Дактиль (индекс D):

$$\frac{v_D}{v_I} = \frac{R_D T_I}{R_I T_D} = \frac{108 \cdot 1,77}{422 \cdot 10^3 \cdot 1,54} < 1.$$

Таким образом, получаем, что самым быстрым спутником из трёх является Ио.

Способ 2.

Запишем формулу для скорости спутника: $v = \frac{2\pi R}{T}$.

Явно рассчитаем скорости всех спутников:

$$v_F = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9400}{7 \cdot 60 + 39} \approx 128,6 \text{ км/мин},$$

$$v_I = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 422\,000}{1,77 \cdot 24 \cdot 60} \approx 1039,8 \text{ км/мин,}$$

$$v_D = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 108}{1,54 \cdot 24 \cdot 60} \approx 0,31 \text{ км/мин.}$$

Ответ: Ио.

ЗАДАНИЕ 2 (РАЗДЕЛЯЙ И ПЛАВАЙ)

На границе раздела двух жидкостей плотностями ρ и 2ρ плавает тело плотностью 2ρ с полостью внутри (рис. 1). Определите объём полости, если объём тела 600 мл, а в нижнюю жидкость оно погружено на $2/3$ своего объёма.

Решение:

На тело действуют три силы: сила тяжести $F_T = mg$ и две силы Архимеда $F_{A1,2} = \rho_{1,2}gV_{п1,2}$. Из-за наличия полости объём материала меньше, чем объём тела, и равен $V - \Delta V$, где ΔV — объём полости. Тогда $F_T = 2\rho(V - \Delta V)g$. Силы Архимеда со стороны каждой жидкости равны $F_{A1} = \rho g \frac{1}{3}V$ и $F_{A2} = 2\rho g \frac{2}{3}V$. Так как тело плавает, равнодействующая сил равна нулю:

$$F_T = F_{A1} + F_{A2},$$

$$2\rho(V - \Delta V)g = \rho g \frac{1}{3}V + 2\rho g \frac{2}{3}V,$$

откуда

$$\Delta V = \frac{1}{6}V = 100 \text{ мл.}$$

Ответ: 100 мл.

ЗАДАНИЕ 3 (ДОБАВЬ ВОДЫ)

В системе, изображённой на рисунке 2, к нитке подвешено ведёрко, нижний край которого находится на высоте $x = 10$ см от поверхности стола. Определите массу воды, которую можно налить в ведёрко, чтобы оно не касалось стола. Блок невесомый, нити невесомые и нерастяжимые, трения в системе нет. Жёсткость пружины $k = 100$ Н/м. Ускорение свободного падения принять равным 10 Н/кг.

Решение:

Ведёрко коснётся стола, когда оно переместится на x вниз. Так как блок является подвижным, он сместится на $0,5x$. Смещение блока приведёт к дополнительному растяжению пружины на $0,5x$. Поскольку блок и нити невесомые, при этом блок подвижный, то сила упругости пружины равна удвоенной силе натяжения нити, которая равна силе тяжести тела.

Начальное и конечное равновесные положения можно описать уравнениями:

$$kx_0 = 2mg,$$

$$k(x_0 + 0,5x) = 2(m + m_B)g,$$

где m — масса ведра, m_B — минимальная масса налитой воды, при которой ведёрко коснётся стола, x_0 — растяжение пружины с пустым ведёрком.

Вычитая из второго уравнения первое, получим

$$0,5kx = 2m_Bg,$$

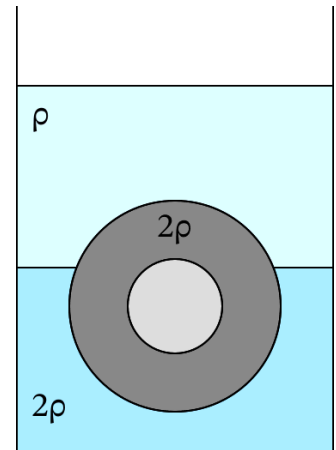


Рис. 1

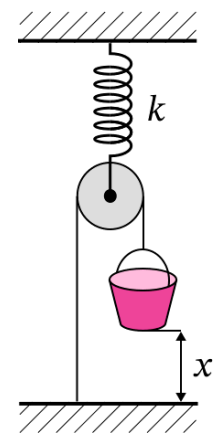


Рис. 2

$$m_{\text{в}} = \frac{kx}{4g} = \frac{100 \cdot 0,1}{4 \cdot 10} = 0,25 \text{ кг.}$$

Значит, искомая масса должна быть меньше найденной: $m_1 < 0,25 \text{ кг.}$

Ответ: $< 0,25 \text{ кг.}$

ЗАДАНИЕ 4 (ЗЛОСЧАСТНЫЙ ЧАЙНИК)

Петя налил воду с температурой 20°C в чайник, поставил его на плиту и начал исследовать зависимость температуры от времени. Но через 2 минуты заскучал и ушёл играть с корабликом. Когда он вспомнил о чайнике и вернулся, то грустно наблюдал, как последние капельки воды выкипают. По составленному фрагменту графика зависимости температуры воды от времени (рис. 3) определите, сколько времени Петя отсутствовал. Удельная теплоёмкость воды $4200 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})}$, удельная теплота парообразования воды при температуре кипения $2,3 \text{ МДж/кг.}$

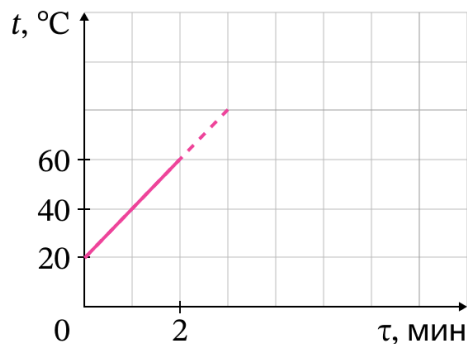


Рис. 3

Решение:

За $\tau_0 = 2 \text{ мин}$ вода нагревается на $\Delta t = 40^\circ\text{C}$, то есть получает $Q_1 = cm\Delta t$ энергии. Для полного выкипания воды ей необходимо сообщить энергию $Q = cm(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) + Lm$. Причём температура кипения воды $t_{\text{к}} = 100^\circ\text{C}$.

Так как тепловая мощность плиты постоянна, то время от начала нагревания до полного выкипания воды $\tau = \tau_0 \frac{Q}{Q_1}$, откуда

$$\tau = \tau_0 \frac{cm(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) + Lm}{cm\Delta t} = 2 \frac{4200 \cdot (100 - 20) + 2\,300\,000}{4200 \cdot 40} = 31,4 \text{ мин.}$$

Отсутствовал Петя на 2 мин меньше, то есть 29,4 мин.

Ответ: 29,4 мин.

ЗАДАНИЕ 5 (ИНТЕРЕСНАЯ ДЕСЯТКА)

Вам даны десять астрономических названий: Процион, Южная Рыба, Скорпион, Фомальгаут, Шаула, Малый Пёс, Малая Медведица, Киль, Канопус, Полярная. Разбейте их на пары и объясните свой выбор.

Решение:

В списке даны названия созвездий и ярких звёзд в этих созвездиях. Приведём верное разбиение по форме «созвездие — звезда»: Скорпион — Шаула, Малый Пёс — Процион, Киль — Канопус, Южная Рыба — Фомальгаут, Малая Медведица — Полярная.

Ответ: Скорпион — Шаула, Малый Пёс — Процион, Киль — Канопус, Южная Рыба — Фомальгаут, Малая Медведица — Полярная.

ЗАДАНИЕ 6 (МОРСКИЕ ИСТОРИИ)

Петя собрал модель кораблика из резисторов и лампочек синего цвета (рис. 4). В мачту он вставил волшебный артефакт — глаз кракена, сделанный из резистора неизвестного сопротивления. Его друг Серёжа решил пошутить и заменил одну лампочку на красную. Петя подключает кораблик к батарейке два раза, сначала ключ K_1 замкнут, а ключ K_2 — разомкнут, затем наоборот. В каком случае красная лампочка будет гореть ярче (считать, что лампочка горит тем ярче, чем больше ток, протекающий через неё)? Сопротивление каждой лампочки равно R .

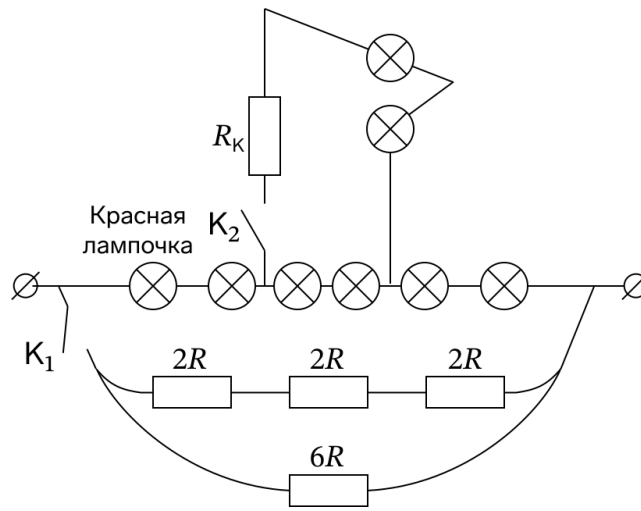


Рис. 4

Решение:

В случае, когда ключ K_2 разомкнут, а K_1 — замкнут, ток по участку цепи с глазом кракена не идёт и схему можно рассматривать как параллельное подключение трёх резисторов по $6R$. Общее сопротивление такого участка равно $2R$. Тогда общий ток в первом случае $I = \frac{U}{2R}$. В силу равенства сопротивлений через каждую параллельную ветвь ток составляет треть от общего тока, а значит, $I_1 = \frac{U}{6R}$. Во втором случае ток через две нижние ветви не потечёт. Когда ключ K_2 замкнут, сопротивление цепи можно посчитать как $4R$ (сопротивление четырёх лампочек) плюс сопротивление центрального участка, состоящего из двух лампочек, и участка, подключаемого ключом K_2 . Поскольку при параллельном соединении общее сопротивление меньше сопротивления каждой параллельной ветви, то сопротивление центрального участка меньше $2R$, а значит, общее сопротивление всего верхнего участка цепи меньше $6R$, поэтому ток через красную лампочку $I_1 > \frac{U}{6R}$, то есть больше, чем в первом случае, значит, она будет гореть ярче.

Ответ: во втором случае горит ярче.