

Отборочный тур (25 баллов)

Внимание! При вычислениях следует использовать приближённые равенства: $\sqrt{5} \approx 2,2$, $\sqrt{3} \approx 1,7$, $\sqrt{2} \approx 1,4$. Ускорение свободного падения g считайте равным 10 м/с^2 .

1. По реке плывёт баржа (3 балла)

По реке, скорость течения которой равна $0,5 \text{ м/с}$, движется баржа. Скорость баржи в стоячей воде равна $2,5 \text{ м/с}$. Баржа движется против течения. По палубе от борта к борту ходит матрос. Его скорость относительно баржи равна $1,0 \text{ м/с}$ и в любой момент времени направлена перпендикулярно скорости баржи. Ширина палубы составляет 10 м . Матрос начинает движение от одного из бортов. Временем разворота матроса можно пренебречь.

а) (1 балл) Найдите скорость матроса относительно берега. Ответ дайте в м/с , округлите до десятых.

б) (0,5 балла) Определите модуль перемещения матроса относительно баржи за минуту с начала движения. Ответ дайте в метрах, округлите до целого.

в) (0,5 балла) Чему равен модуль перемещения матроса относительно берега за то же время? Ответ дайте в метрах, округлите до целого.

г) (1 балл) Чему равен путь, пройденный матросом относительно берега за минуту с начала движения? Ответ дайте в метрах, округлите до целого.

2. Маленькие шарики сталкиваются (6 баллов)

Маленький металлический шарик (далее мы называем его первым шариком) вылетает из игрушечной пушки вертикально вверх со скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$ в нулевой момент времени. Спустя время $\tau = 1 \text{ с}$ в том же направлении с такой же начальной скоростью вылетает второй шарик, идентичный первому. Считается, что шарики могут двигаться только по вертикали. При встрече шарики испытывают абсолютно упругое столкновение, в результате которого обмениваются скоростями. Также считается, что после возвращения шарика в начальную точку его движение прекращается. Соппротивлением воздуха можно пренебречь.

а) (2 балла) Через какое время после начала движения второго шарика произойдёт столкновение шариков? Дайте ответ в секундах, округлите до десятых.

б) (2 балла) Чему равна максимальная высота подъёма первого шарика? Дайте ответ в метрах, округлите до целого.

в) (2 балла) Через какое время после начала движения второго шарика он вернётся в начальную точку? Дайте ответ в секундах, округлите до десятых.

3. Обмороженная гайка (5 баллов)

Алюминиевая гайка массой 60 г привязана к шарiku, заполненному гелием, с помощью тонкой лёгкой нитки. Объём шарика таков, что гайка с шариком остаются неподвижными в воздухе, не касаясь земли.

Гайку охлаждают до очень низкой температуры и погружают в цилиндрический сосуд с водой, удерживая её ниже уровня жидкости. Когда процесс намерзания льда прекращается, образуется кусок льда с вмороженной в него гайкой, соединённый тонкой ниткой с гелиевым шариком. После этого удержание гайки прекращают, и в состоянии равновесия кусок льда с гайкой, привязанный к шарiku, плавает, погружившись в воду на $\frac{4}{5}$ объёма.

Плотности веществ: вода – 1000 кг/м^3 , лёд – 900 кг/м^3 , воздух – $1,25 \text{ кг/м}^3$, гелий – $0,18 \text{ кг/м}^3$, алюминий – 2700 кг/м^3 . Площадь сечения сосуда равна 40 см^2 .

Не все из приведённых данных необходимы для решения задачи, однако их можно использовать, если вы считаете, что это будет полезно.

а) (2 балла) Определите по этим данным массу намерзшего на гайку льда. Ответ дайте в граммах, округлите до целого.

б) (3 балла) На сколько миллиметров изменится уровень воды в сосуде после таяния льда (относительно уровня воды в положении равновесия, устанавливающегося после окончания удерживания гайки)? Считайте, что вся вода, образующаяся при таянии, остаётся в сосуде. Ответ дайте в миллиметрах (без учёта знака), округлите до целого.

4. Плавление ледяных шариков в воде (6 баллов)

Сосуд с теплоизолированными стенками содержит 200 г воды при начальной температуре $+40^\circ\text{C}$. В сосуд погружен портативный на-

греватель мощностью 180 Вт. Начиная с нулевого момента времени в сосуд каждую секунду падает маленький ледяной шарик массой μ . Температура шарика в момент попадания в воду равна -20°C .

Предполагается, что теплопроводность воды и льда достаточно велика, содержимое сосуда постоянно перемешивается, испарением с поверхности воды, временем плавления шариков, теплоёмкостью сосуда, а также теплотерями при теплообмене с окружающей средой можно пренебречь. Теплоёмкости воды и льда равны: $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ и $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг .

а) (2 балла) При каком значении массы шариков $\mu_{\text{крит}}$ температура в сосуде будет оставаться постоянной, равной $+40^\circ\text{C}$? Ответ дайте в граммах, округлите до сотых.

б) (2 балла) Пусть масса каждого шарика равна $3\mu_{\text{крит}}$. Через какое время после начала процесса температура в сосуде изменится на 15°C ? Ответ дайте в минутах, округлите до целого.

в) (2 балла) Пусть теперь масса каждого шарика равна $\frac{\mu_{\text{крит}}}{2}$. Какую температуру будет иметь содержимое сосуда через 2 минуты после начала процесса? Ответ дайте в градусах Цельсия (без учёта знака), округлите до целого.

5. Цепь с разным подключением (5 баллов)

В электрической цепи, схема которой представлена на рис. 1, величина сопротивления R равна 1 кОм . Идеальный источник напряжения между выводами которого равно 6 В , а также идеальный амперметр можно подключать к клеммам цепи разными способами.

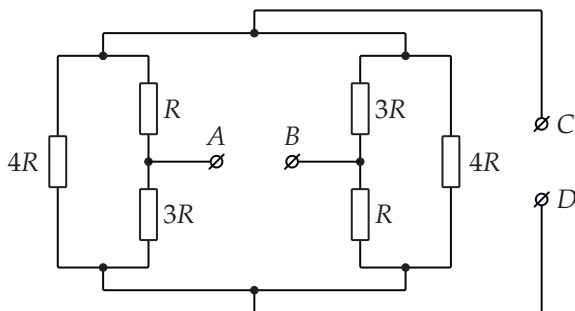


Рисунок 1

Сначала амперметр подключают к клеммам A и B , а источник к клеммам C и D .

а) (1 балл) Определите ток через источник. Ответ дайте в мА, округлите до целого.

б) (1 балл) Определите показания амперметра. Ответ дайте в мА, округлите до целого.

Теперь амперметр подключают к клеммам C и D , а источник к клеммам A и B .

в) (1,5 балла) Определите ток через источник. Ответ дайте в мА, округлите до целого.

г) (1,5 балла) Определите показания амперметра. Ответ дайте в мА, округлите до целого.

Отборочный тур

Ответы

1. а) 2,2 м/с; б) 0; в) 120 м; г) 132 м или 134 м.

2. а) $t_{\text{встр}} = \frac{v_0}{g} - \frac{\tau}{2} = 1,5 \text{ с}$; б) $H_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} = 20 \text{ м}$; в) $t_2 = \frac{2v_0}{g} - \tau = 3 \text{ с}$.

3. а) $m_{\text{льда}} = \frac{8m_{\text{гайки}}}{3} = 160 \text{ г}$; б) 0.

4. а) $\mu_{\text{крит}} = 0,33 \text{ г}$; б) $t \approx 1 \text{ мин}$; в) $T \approx 52 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. а) $I_{\text{ист}} = 7 \text{ мА}$; б) $I_A = 2 \text{ мА}$; в) $I_{\text{ист}} = 4 \text{ мА}$; г) $I_A = 2 \text{ мА}$.