

Решение варианта 1

1. (10 баллов) Двигатель машины-амфибии работает в расчетном режиме при определенной номинальной мощности. Когда машина едет по воде, то при скорости 20 км/ч развивает силу тяги 10 кН, при этом ее КПД равен 30%. Если же машина движется по дороге, то ее КПД будет равен 55%. С какой постоянной скоростью может ехать машина-амфибия по дороге, если известно, что развиваемая сила тяги 15 кН?

Возможное решение:

$$\eta_1 = \frac{V_1 F_1}{W}$$

$$\eta_2 = \frac{V_2 F_2}{W}$$

$$V_2 = \frac{V_1 F_1 \eta_2}{F_2 \eta_1} = 24,4 \text{ км/ч}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Верно записаны КПД двигателя при движении по дороге и по воде	6
Верно выражена скорость при движении по дороге	2
Верно получен численный ответ	2
Всего баллов	10

2. (15 баллов) Определите, масса какого груза больше и во сколько раз, если система находится в состоянии равновесия. Блоки невесомы, нить невесомая и нерастяжимая.

Рычаг невесомый и шарнирно закреплен в центре.

Возможное решение:

Расставим силы и запишем уравнение равновесия рычага:

$$T \cdot x + T \cdot 2x = Mg \cdot 2x$$

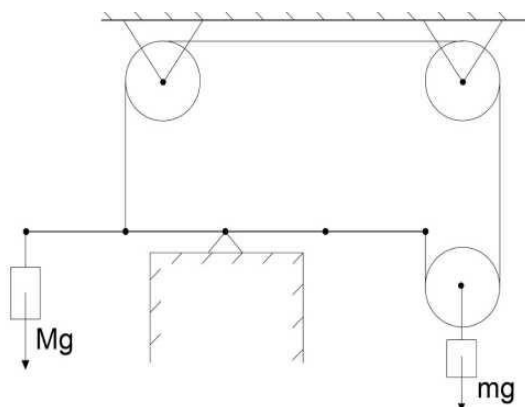
где: $T = \frac{mg}{2}$ (из условия равновесия подвижного блока)

Тогда:

$$\frac{3mg}{2} = 2Mg$$

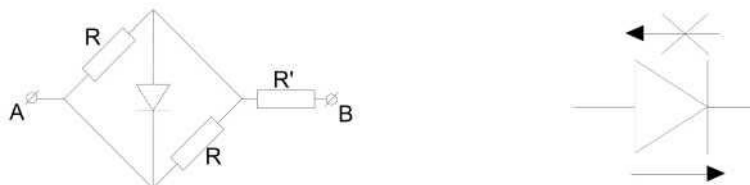
$$m = \frac{4M}{3}$$

Ответ: m больше M в 1,33 раза.



Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно записано условие равновесия подвижного блока	4
Верно записано условие равновесия рычага	8
Верно найден числовой ответ	3
Всего баллов	15

3. (15 баллов) Приведенную на рисунке схему подключают к источнику питания с помощью клемм А и В. В схеме присутствует диод. Это элемент цепи, который пропускает ток только в одну сторону (см. рисунок). При этом, если он пропускает ток, то его сопротивление $r = 0,5$ Ом. Определите, какие мощности выделяются на резисторе R' , в случаях, когда к плюсу источника питания подключена клемма А, а к минусу В и наоборот. Напряжение источника питания $U = 10$ В, сопротивления резисторов $R = 5$ Ом, $R' = 10$ Ом. Внутренним сопротивлением источника питания пренебречь.



Возможное решение:

Схема состоит из параллельно соединенных резисторов R и диода, и последовательно подключенного к ним резистора R' .

Если подключить “+” к А, то диод ток не пропускает. Тогда ток течет только через резисторы. Тогда:

$$I_1 = U / (R/2 + R')$$

$$P_1(R') = I_1^2 R' = \frac{U^2}{(\frac{R}{2} + R')^2} \cdot R' = 6,4 \text{ Вт}$$

Если подключить “-” к А, то диод будет пропускать ток. Тогда ток течет через резисторы и диод, который выступает в роли третьего резистора.

Тогда:

$$R_{\text{общ}} = R' + \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)^{-1} = \frac{125}{12} \text{ Ом}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = 0,96 \text{ А}$$

$$P_2(R') = I_2^2 R' = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}^2} \cdot R' = 9,2 \approx 9 \text{ Вт}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно описана зависимость работы диода от подключения источника питания	5
Верно посчитано общее сопротивление в случае прямого подключения диода	3
Верно посчитано общее сопротивление в случае, когда диод не пропускает ток	3
Верно рассчитана мощность в случае прямого подключения диода	2
Верно рассчитана мощность в случае, когда диод не пропускает ток	2
Всего баллов	15

4. (20 баллов) В бассейне с водой с вертикальными стенками, площадь дна которого 10 квадратных метров, в некоторый момент времени образовалась небольшая дырка, начальная скорость вытекания воды из которой равнялась 4,5 м/с. Определите начальную скорость вытекания воды из этой дырки, если бы в момент её образования в бассейне на поверхности воды на матрасе весом 10 Н плавал мальчик массой 50 кг. При погружении мальчика в бассейн без дырки вода из него не выливается. Плотность воды $\rho = 1 \text{ г/см}^3$.

Возможное решение:

Определим скорость вытекания жидкости без мальчика и с ним. Во втором случае изменяется только высота столба жидкости. Определяем из закона сохранения энергии.

$$V_1 = \sqrt{2gh}, \text{ где } h - \text{ высота столба жидкости над дыркой.}$$

$$V_2 = \sqrt{2g(h + \Delta h)}, \text{ где } \Delta h - \text{ изменение уровня жидкости.}$$

$$V_2^2 = V_1^2 + 2g\Delta h$$

Найдем Δh :

$$(m + M)g = \rho_B g V_{\text{погр}} \text{ (условие плавания мальчика на матрасе)}$$

Так как $V_{\text{погр}} + V_{\text{воды}} = S(h + \Delta h)$ то:

$$V_{\text{погр}} = \frac{(m+M)}{\rho_B} = S \Delta h$$

$$\Delta h = \frac{(m+M)}{S \cdot \rho_B}$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2g \left(\frac{m+M}{S \cdot \rho_B} \right)} \approx 4,51 \text{ м/с}^2$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно записан закон сохранения энергии	6
Верно записано условие плавания мальчика на матрасе	4
Верно найдена Δh	8
Верно получен численный ответ	2
Всего баллов	20

5. (20 баллов) В открытом стальном литровом калориметре массой 0.5 кг, полностью заполненном водой, плавает кусок льда. Сколько льда было в калориметре, если при нагревании его на конфорке мощностью 450 Вт в течение 15 минут калориметр с содержимым нагрелся до 20°C? Тепловые потери составили 60%. Удельная теплота плавления льда $\lambda=330$ кДж/кг. Удельная теплоемкость воды $c_B = 4200$ кДж/кг·К. Удельная теплоемкость стали $c_C = 460$ кДж/кг·К. Плотность льда $\rho_L = 900$ кг/м³. Плотность воды $\rho_B = 1$ г/см³.

Возможное решение:

Из условия плавания тел и закона Архимеда знаем, что после таяния льда объем воды будет равен объему калориметра $\Rightarrow m_e = \rho_B V_B = 1$ кг

Распишем уравнение теплового баланса.

$$\eta \cdot Q_{\text{конфорки}} = Q_{\text{полученное}}, \text{ где } \eta = \frac{100-60}{100\%} = 0,4$$

$$\eta P \tau = c_B m_B \Delta t + \lambda m_L + c_C m_C \Delta t$$

$$m_L = \frac{\eta P \tau - \Delta t (c_B m_B + c_C m_C)}{\lambda} \approx 0,222 \text{ кг.}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно найдена суммарная масса воды и льда	8
Верно найден КПД конфорки	2
Верно записано уравнение теплового баланса	7
Получен правильный числовой ответ	3
Всего баллов	20

Решение варианта 2

1. (10 баллов) Двигатель машины-амфибии работает в расчетном режиме при определенной номинальной мощности. Когда машина едет по воде, то при скорости 18 км/ч развивает силу тяги 10 кН. При этом ее КПД равен 35%. Если же машина движется по дороге, то ее КПД будет равен 50%. Какую силу тяги развивает машина-амфибия на дороге, когда она едет с постоянной скоростью 80 км/ч?

Возможное решение:

$$\eta_1 = \frac{V_1 F_1}{W}$$

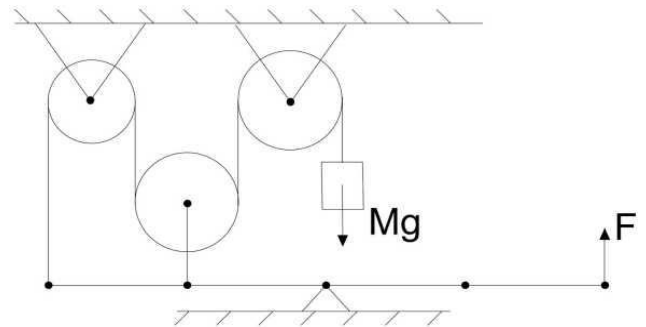
$$\eta_2 = \frac{V_2 F_2}{W}$$

$$F_2 = \frac{V_1 F_1 \eta_2}{V_2 \eta_1} = 3,2 \text{ кН}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Верно записаны КПД двигателя при движении по дороге и по воде	6
Верно выражена сила тяги при движении по дороге	2
Верно получен численный ответ	2
Всего баллов	10

2. (15 баллов) Система, изображенная на рисунке, находится в равновесии. Определите величину силы F , если масса груза $M = 2 \text{ кг}$.

Блоки невесома, нить невесома и нерастяжима. Рычаг невесомый и шарнирно закреплен в центре.



Возможное решение:

Расставим силы и запишем условие равновесия рычага:

$$T \cdot 2x + T_1 \cdot x = F \cdot 2x$$

где: $T = Mg$ из условия равновесия груза, а $T_1 = 2T$ из условия равновесия подвижного блока.

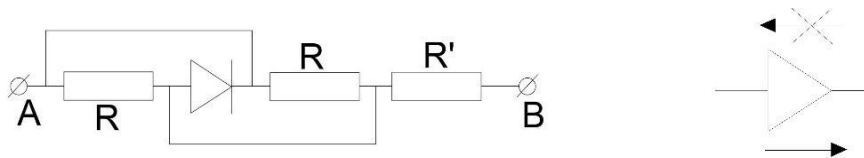
Тогда:

$$2F = 4Mg$$

$$F = 40 \text{ Н}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно записано условие равновесия подвижного блока	4
Верно записано условие равновесия рычага	8
Верно найден числовой ответ	3
Всего баллов	15

3. (15 баллов) Приведенную на рисунке схему подключают к источнику питания с помощью клемм А и В. В схеме присутствует диод. Это элемент цепи, который пропускает ток только в одну сторону (см. рисунок). При этом, если он пропускает ток, то его сопротивление $r = 0,5$ Ом. Определите, какие мощности выделяются на резисторе R' в случаях, когда к плюсу источника питания подключена клемма А, а к минусу В и наоборот. Напряжение источника питания $U = 10$ В, сопротивления резисторов $R = 2$ Ом, $R' = 5$ Ом. Внутренним сопротивлением источника питания пренебречь.



Возможное решение:

Схема состоит из параллельно соединенных резисторов R и диода и последовательно подключенного к ним резистора R' .

Если подключить “+” к А, то диод ток не пропускает. Тогда ток течет только через резисторы.

Тогда:

$$I_1 = U / (R/2 + R') = 10/6 \text{ A}$$

$$P_1(R') = I_1^2 R' = \frac{U^2}{(\frac{R}{2} + R')^2} \cdot R' = \frac{500}{36} \text{ Вт} \approx 14 \text{ Вт}$$

Если подключить “-” к А, то диод будет пропускать ток. Тогда ток течет через резисторы и диод, который выступает в роли третьего резистора.

Тогда:

$$R_{\text{общ}} = R' + \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)^{-1} = \frac{16}{3} \text{ Ом}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = 1,875 \text{ A}$$

$$P_2(R') = I_2^2 R' = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}^2} \cdot R' = 17,85 \approx 18 \text{ Вт}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно описана зависимость работы диода от подключения источника питания	5
Верно посчитано общее сопротивление в случае прямого подключения диода	3
Верно посчитано общее сопротивление в случае, когда диод не пропускает ток	3
Верно рассчитана мощность в случае прямого подключения диода	2
Верно рассчитана мощность в случае, когда диод не пропускает ток	2
Всего баллов	15

4. (20 баллов) В бассейне с водой с вертикальными стенками в некоторый момент времени образовалась небольшая дырка, начальная скорость вытекания воды из которой равнялась 3,5 м/с. Определите площадь дна бассейна, если известно, что если бы в момент образования дырки в бассейне на поверхности воды на матрасе весом 15 Н плавал мальчик массой 50 кг, начальная скорость вытекания воды из этой дырки равнялась бы 3,52 м/с. При погружении мальчика в бассейн без дырки вода из него не выливается. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1$ г/см³.

Возможное решение:

Определим скорость вытекания жидкости без мальчика и с ним. Во втором случае изменяется только высота столба жидкости. Определяем из закона сохранения энергии.

$$V_1 = \sqrt{2gh}, \text{ где } h - \text{ высота столба жидкости над дыркой.}$$

$$V_2 = \sqrt{2g(h + \Delta h)}, \text{ где } \Delta h - \text{изменение уровня жидкости.}$$

$$V_2^2 = V_1^2 + 2g\Delta h$$

Найдем Δh :

$$(m + M)g = \rho_B g V_{\text{погр}} \text{ (условие плавания мальчика на матрасе)}$$

Так как $V_{\text{погр}} + V_{\text{воды}} = S(h + \Delta h)$ то:

$$V_{\text{погр}} = \frac{(m+M)}{\rho_B} = S \Delta h$$

$$\Delta h = \frac{(m+M)}{S \cdot \rho_B}$$

Подставим Δh :

$$V_2^2 = V_1^2 + 2g \frac{(m+M)}{S \cdot \rho_B}$$

$$S = \frac{2g(m+M)}{(V_2^2 - V_1^2) \cdot \rho_B} \approx 7,33 \text{ м}^2$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно записан закон сохранения энергии	6
Верно записано условие плавания мальчика на матрасе	4
Верно найдена Δh	8
Верно получен численный ответ	2
Всего баллов	20

5. (20 баллов) В открытом алюминиевом литровом калориметре массой 0.3 кг, полностью заполненном водой, плавает кусок льда. Сколько воды изначально было в калориметре, если при нагревании его на конфорке мощностью 500 Вт в течение 20 минут калориметр с содержимым нагрелся до 25°C? Тепловые потери составили 65%. Удельная теплота плавления льда $\lambda=330$ кДж/кг. Удельная теплоемкость воды $c_B =$ кДж/кг·К. Удельная теплоемкость алюминия $c_A = 890$ кДж/кг·К. Плотность льда $\rho_L = 900$ кг/м³. Плотность воды $\rho_B = 1$ г/см³.

Возможное решение:

Из условия плавания тел и закона Архимеда знаем, что после таяния льда объем воды будет равен объему калориметра $\Rightarrow m_B = \rho_B V_B = 1$ кг

Распишем уравнение теплового баланса.

$$\eta \cdot Q_{\text{конфорки}} = Q_{\text{полученное}}, \text{ где } \eta = \frac{(100-65)}{100\%} = 0,35$$

$$\eta \cdot P \cdot \tau = c_B m_B \Delta t + \lambda m_L + c_C m_C \Delta t$$

$$m_L = \frac{\eta P \tau - \Delta t (c_B m_B + c_C m_C)}{\lambda} \approx 0,3 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{воды начальная}} = m_B - m_L = 0,7 \text{ кг.}$$

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно.	0
Верно найдена суммарная масса воды и льда	8
Верно найден КПД конфорки	2
Верно записано уравнение теплового баланса	7
Получен правильный числовой ответ	3
Всего баллов	20