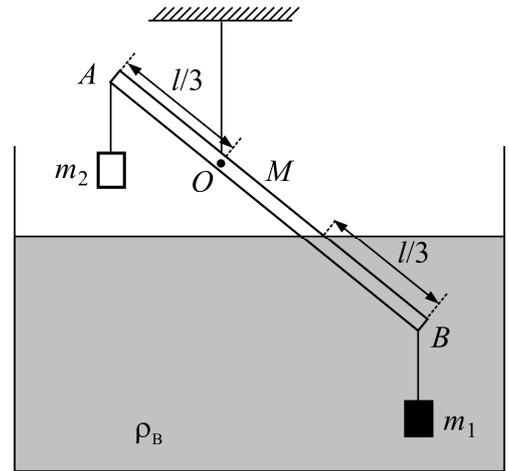


### Задача 1

Деревянная палочка  $AB$  длиной  $l=1$  м и массой  $M=0,25$  кг подвешена в точке  $O$ , которая находится на одной трети длины палочки от точки  $A$  (см. рис.). К правому концу палочки в точке  $B$  подвешен медный брусок массой  $m_1=1$  кг, причем палочка на одну треть своей длины, считая от точки  $B$ , погружена в сосуд с водой. К левому концу палочки в точке  $A$  подвешен другой груз массой  $m_2$ . Чему равна масса этого второго груза, если система находится в равновесии? Плотность воды  $\rho_{\text{в}}=1000$  кг/м<sup>3</sup>, плотность меди  $\rho_{\text{м}}=8900$  кг/м<sup>3</sup>, плотность дерева  $\rho_{\text{дер}}=400$  кг/м<sup>3</sup>.



**Ответ:**  $m_2 = 2m_1 \left( 1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{дер}}} \right) - \frac{M}{2} \left( \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{дер}}} - 1 \right) \approx 1,6$  кг.

### Критерии

Сделан чертеж и правильно указаны точки приложения всех сил – 1 балл.

Правильно записаны выражения для сил Архимеда, действующих на груз  $m_1$  и на погруженную часть палочки – 2 балла (по 1 баллу за каждую силу).

Правильно записано условие равновесия палочки – 3 балла.

Получено правильное выражение для массы груза  $m_2$  – 1 балл.

Получен правильный численный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов

### Задача 2

Парафиновая свеча имеет цилиндрическую форму с площадью поперечного сечения  $S=1$  см<sup>2</sup>. Длина свечи  $L=20$  см. Если такая свеча горит на подсвечнике, то время её горения  $T=3$  часа. На одном конце такой свечи подожгли фитиль, а к другому её концу прилепили стальной шарик диаметром  $D=7$  мм. Свечу опустили в воду, и она, горя, некоторое время плавала в вертикальном положении, не касаясь дна сосуда. Сколько часов она горела? Плотность парафина  $\rho_{\text{п}}=0,9$  г/см<sup>3</sup>, плотность стали  $\rho_{\text{с}}=7,8$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_{\text{в}}=1,0$  г/см<sup>3</sup>. Объем шара радиусом  $R$  равен  $\frac{4}{3}\pi R^3$ .

**Ответ:**  $t = T \left( 1 - \frac{\pi D^3}{6SL} \cdot \frac{\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{п}}} \right) \approx 1,17$  часа.

### Критерии

Правильно записано условие плавания свечи в момент ее погасания – 2 балла.

Правильно найдена длина сгоревшей части свечи – 2 балла.

Правильно найдена скорость сгорания свечи – 1 балл.

Получено правильное выражение для времени, через которое свеча «утонет» – 2 балла.

Получен правильный численный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов

### Задача 3

В сосуд, где находилось  $V=4$  литра воды при температуре  $t=20$  °С, опускают сильно нагретую стальную деталь массой  $m=2,4$  кг. При этом часть воды быстро испаряется, так, что температура оставшейся части воды практически не успевае измениться. После установления теплового равновесия температура воды в сосуде оказывается равной  $t_{\text{р}}=25$  °С. Найдите начальную температуру стальной детали. Удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}}=4200$  Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость стали  $c_{\text{с}}=460$  Дж/(кг·°С). Удельная теплота парообразования воды  $r=2,2 \cdot 10^6$  Дж/кг, плотность воды  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>. Всеми потерями теплоты из сосуда, кроме испарения, пренебречь.

**Ответ:**  $t_0 = 100 + \left( V\rho - m \frac{c_c(100 - t_p)}{c_b(t_p - t)} \right) \frac{r + c_b(100 - t)}{c_c m} \approx 231 \text{ }^\circ\text{C}.$

*Замечание:* при подстановке чисел из-за округления может получаться численный ответ, отличающийся от приведенного почти на  $10 \text{ }^\circ\text{C}!$

#### Критерии

Правильно записано условие сохранения массы воды – 1 балл.

Правильно записано уравнение теплового баланса при испарении воды – 2 балла.

Правильно записано уравнение теплового баланса при дальнейшем выравнивании температур воды и детали – 2 балла.

Получено правильное выражение для начальной температуры детали – 2 балла.

Получен правильный численный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов

#### Задача 4

Зимой на входе в систему отопления школьного здания вода имеет температуру  $t_1 = +60 \text{ }^\circ\text{C}$ . На выходе из этой системы вода имеет температуру  $t_2 = +40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Тепловые потери здания школы вследствие теплопроводности стен, излучения и сквозняков составляют  $N = 10^6 \text{ Вт}$ . Трубы, подводящие и отводящие воду, имеют внутренний диаметр  $D = 100 \text{ мм}$ . С какой средней по сечению труб скоростью течет в них вода? Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ , плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Ответ:**  $V = \frac{4N}{\pi c \rho D^2 (t_1 - t_2)} \approx 1,5 \text{ м/с}.$

#### Критерии

Правильно найден объем воды, ежесекундно протекающей через школьное здание – 2 балла.

Правильно записано уравнение теплового баланса для воды, остывающей в системе отопления – 3 балла.

Получено правильное выражение для средней скорости течения воды в трубах – 2 балла.

Получен правильный численный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов