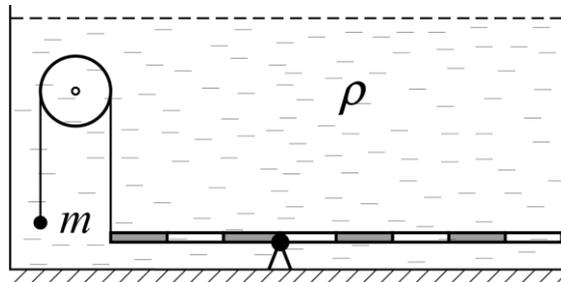


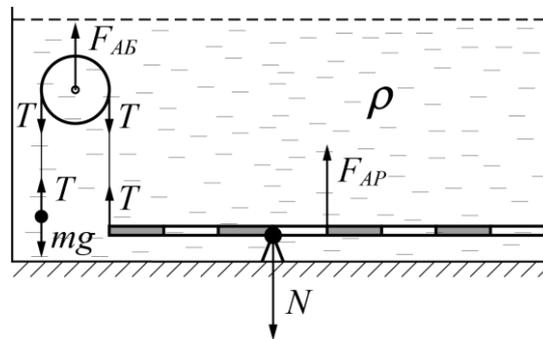
**9.1. Всё наоборот.** Система, состоящая из подвижного блока, тонкой нити, рычага со шкалой и точечного груза массы  $m$ , находится в равновесии в жидкости с плотностью  $\rho$ . Массами блока, нити и рычага можно пренебречь.

- 1) Для каждого тела (блока, рычага и груза) сделайте отдельный рисунок с расстановкой всех сил, действующих на него.
- 2) Определите объёмы блока и рычага.



**Возможное решение.**

Расставим силы, действующие на тела в системе.



Условие равновесия для точечной массы:  $T = mg$ .

Условие равновесия для блока:  $F_{AB} = 2T = 2mg$ .

Условия равновесия для рычага:

$$\begin{cases} T + F_{AP} = N \\ 3lT = lF_{AP} \end{cases}$$

где  $l$  - длина одной секции рычага.

Из этих уравнений находим выталкивающие силы

$$\begin{cases} F_{AB} = 2mg \\ F_{AP} = 3mg \end{cases}$$

Из этой системы находим объёмы блока и рычага

$$\begin{cases} \rho g V_B = 2mg \\ \rho g V_P = 3mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_B = \frac{2m}{\rho} \\ V_P = \frac{3m}{\rho} \end{cases}$$

### **Критерии оценивания**

- |  |         |
|--|---------|
| 1) Сделан рисунок с правильной расстановкой сил  | 4 балла |
| Сила считается правильно обозначенной если верно указана точка приложения и направление. Каждая сила оценивается в 0,5 балла |         |
| 2) Правильно записаны 3 условия равновесия   | 3 балла |
| По 1 баллу за каждое уравнение. Для рычага достаточно только правила моментов.   |         |
| 3) Найдены выталкивающие силы (силы Архимеда)  | 1 балл  |
| По 0,5 балла за каждую силу.   |         |
| 4) Найдены объёмы блока и рычага (по 1 баллу за каждую величину)   | 2 балла |

**9.2. Температура проводника.** При пропускании тока от источника постоянного напряжения через длинную цилиндрическую проволоку её установившаяся температура будет на  $\Delta T_1$  выше температуры окружающей среды. Если проволоку пластично (объём не изменяется) вытянуть в длину в 2 раза и подключить к тому же источнику напряжения, то её установившаяся температура будет на  $\Delta T_2$  выше температуры окружающей среды. Определите  $\Delta T_2/\Delta T_1$ .

**Возможное решение.** Мощность, выделяющаяся в проводнике при прохождении тока, теряется через его поверхность пропорционально площади поверхности площади поверхности и разности температур поверхности проводника и окружающей среды (Закон Ньютона-Рихмана).

Пусть  $l_1$  – длина проволоки,  $s_1$  – площадь поперечного сечения проволоки,  $\sigma_1$  – площадь поверхности проволоки в исходном состоянии. Если удельное сопротивление материала  $\rho$ , то полное сопротивление проволоки:

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{s_1}. [1]$$

При растяжении проволоки её объём сохраняется:

$$l_1 s_1 = l_2 s_2;$$

$$s_2 = s_1 \frac{l_1}{l_2} = \frac{s_1}{2}.$$

Тогда полное сопротивление удлинённой в 2 раза ( $l_2 = 2l_1$ ) проволоки равно:

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{s_2} = 4\rho \frac{l_1}{s_1} = 4R_1.$$

Т.к. проволока круглого сечения радиуса  $r$ , то

$$s = \pi r^2;$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{s_2}{s_1}} = \frac{1}{\sqrt{2}};$$

Отношение площадей поверхности:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{2\pi r_2 l_2}{2\pi r_1 l_1} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{2l_2}{l_1} = \sqrt{2}.$$

Выделяемая внутри проволоки тепловая мощность:

$$P = IU = \frac{U^2}{R}. [2]$$

Мощность тепловых потерь:  $P_t = \alpha \sigma \cdot \Delta T$  [3], где  $\alpha$  – постоянный коэффициент пропорциональности.

При установившейся температуре мощности  $P$  и  $P_t$  равны, так что

$$\frac{U^2}{R} = \alpha \sigma \cdot \Delta T [4]$$

Отсюда  $\sigma \cdot \Delta T \cdot R = \frac{U^2}{\alpha} = const$ , т.е.  $\sigma_1 \cdot \Delta T_1 \cdot R_1 = \sigma_2 \cdot \Delta T_2 \cdot R_2$ .

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{\sigma_1 R_1}{\sigma_2 R_2} = \frac{1}{4\sqrt{2}}.$$

**Критерии оценивания.**

1) Использована формула [1]	1 балл
2) Использовано условие сохранения объёма	1 балл
3) Найдено новое сопротивление	1 балл
4) Найдено отношение радиусов	1 балл
5) Найдено отношение боковых площадей	1 балл
6) Использован закон Джоуля-Ленца [2]	1 балл
7) Использован закон теплопроводности [3]	1 балл
8) Использовано условие установления температуры [4]	1 балл
9) Найдено отношение $\Delta T_2/\Delta T_1$ .	2 балла

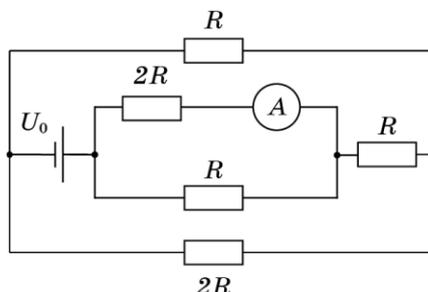
***Примечания к критериям.***

- 1) Правильно решённая неавторским методом задача оценивается в 10 баллов.
- 2) В п.9 критериев один балл ставится за правильную формулу, один за правильный численный ответ (с корнем или в виде десятичной дроби).
- 3) Если критерии 3, 4, 5 в явном виде отсутствуют, но косвенно учтены в дальнейшей логике решения, то эти пункты оцениваются в полной мере.

**9.3. Двойной контур.** Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из резисторов сопротивлением  $R$  и  $2R$ , идеального источника постоянного напряжения  $U_0 = 5,6$  В и идеального амперметра. Сопротивление резистора  $R = 2,0$  кОм.

1) Определите показание амперметра.

2) Определите показание идеального вольтметра, если его включить в цепь вместо амперметра.



**Возможное решение.**

$$\text{Сопротивление внешнего контура } R_{\text{внешн}} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3} R.$$

$$\text{Сопротивление внутреннего контура } R_{\text{внутр}} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} + R = \frac{5}{3} R.$$

$$\text{Общее сопротивление цепи } R_{\text{общ}} = \frac{2}{3} R + \frac{5}{3} R = \frac{7}{3} R.$$

$$\text{Сила тока, текущего через батарейку } I_{\text{общ}} = \frac{3U_0}{7R} = 1,2 \text{ мА}.$$

$$\text{Сила тока, текущего через амперметр: } I_A = I_{\text{общ}} \frac{R}{R + 2R} = 0,4 \text{ мА}.$$

$$\text{Общее сопротивление цепи во втором случае: } R_{\text{общ}} = \frac{2}{3} R + 2R = \frac{8}{3} R.$$

$$\text{Сила тока, текущего через батарейку во втором случае } I_{\text{общ}} = \frac{3U_0}{8R} = 1,05 \text{ мА}.$$

$$\text{Напряжение на вольтметре: } U_V = I_{\text{общ}} R = \frac{3}{8} U_0 = 2,1 \text{ В}.$$

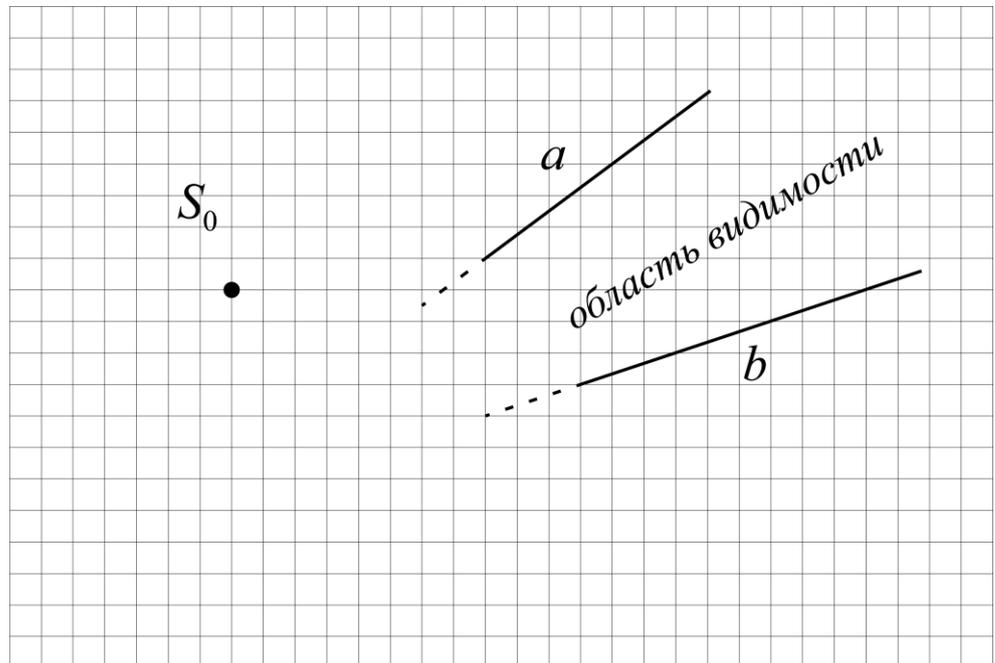
**Критерии оценивания.**

1) Найдено сопротивление внешнего контура	1 балл
2) Найдено сопротивление внутреннего контура	1 балл
3) Найдено общее сопротивление цепи	1 балл
4) Найдена сила тока, текущего через батарейку	1 балл
5) Найдена сила тока, текущего через амперметр	2 балла
6) Найдено общее сопротивление цепи во втором случае	1 балл
7) Найдена сила тока, текущего через батарейку во втором случае	1 балл
8) Найдено напряжение на батарейке	2 балла

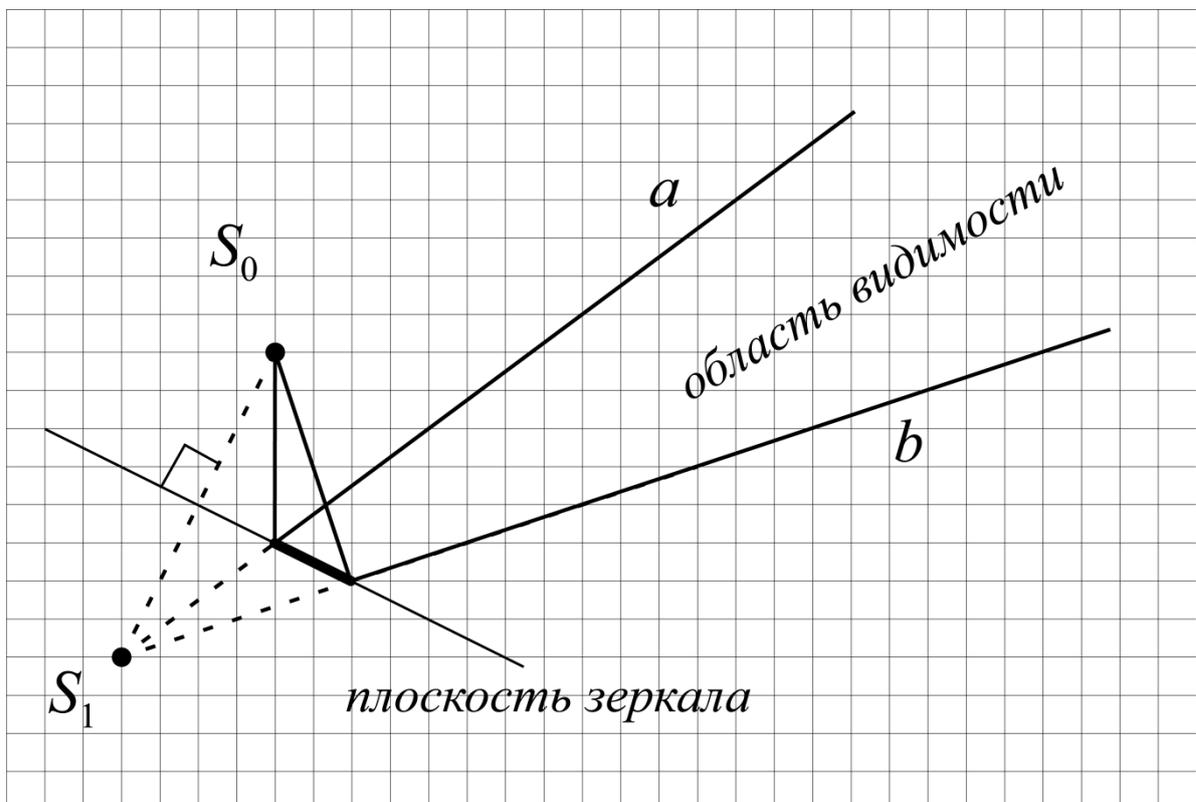
***Примечания к критериям.***

- 1) Правильно решённая неавторским методом задача оценивается в 10 баллов.
- 2) В пунктах критериев 1 - 4, 6, 7 вычисления необязательны (балл ставится при наличии формулы).
- 3) В пунктах критериев 5 и 8 один балл ставится за правильную формулу, один за правильный численный ответ.
- 4) Если критерии 1 - 4, 6, 7 в явном виде отсутствуют, но косвенно учтены в дальнейшей логике решения, то эти пункты оцениваются в полной мере.

**9.4. Область видимости.** В архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой был изображён точечный источник света  $S_0$ , плоское зеркало  $M$  и частично линии  $a$  и  $b$ , ограничивающие область видимости изображения источника  $S_0$  в зеркале  $M$ . От времени чернила выцвели и зеркала не стало видно. Перенесите чертёж в вашу работу. Построением восстановите положение зеркала и его размер.



**Возможное решение.**



- 1) Пересечение прямых  $a$  и  $b$  друг с другом даёт положение мнимого источника  $S_1$  - изображения источника  $S_0$  в плоском зеркале.
- 2) Серединный перпендикуляр к  $S_1S_0$  задаёт плоскость зеркала.
- 3) Пересечение прямых  $a$  и  $b$  с плоскостью зеркала показывает крайние точки зеркала.

**Критерии оценивания.**

1) Построена точка $S_1$	2 балла
2) Указано, что это изображение источника $S_0$	1 балл
3) Построен серединный перпендикуляр к $S_1S_0$	2 балла
4) Указано, что это плоскость зеркала	1 балл
5) Найдены точки пересечения прямых $a$ и $b$ с плоскостью зеркала	2 балла
6) Указано, что это крайние точки зеркала	1 балл
7) Показана область зеркала	1 балл

***Примечания к критериям.***

- 1) Правильно решённая неавторским методом задача оценивается в 10 баллов.
- 2) Построения должны быть описаны в решении или явно показаны на рисунке (например, для серединного перпендикуляра показан прямой угол и равные отрезки).

**9.5. В потолок.** Во время тренировки в спортивном зале Петя заметил, что если он бросает мяч вертикально вверх со скоростью  $v_0$ , то он возвращается к нему через время  $\tau = 2$  с. Но если скорость броска увеличить до  $3v_0/2$ , то время через которое возвращается мячик не изменяется. Чему равна скорость  $v_0$ ? На какой высоте  $h$  над точкой броска находится в зале потолок? Удар о потолок можно считать упругим. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

#### **Возможное решение**

Так как время полета мяча не изменилось, то в первом случае удара о потолок точно не было, а во втором случае точно был (если удары были в обоих случаях, то первое время должно быть больше, а если ударов не было – то во втором случае время было бы больше). Скорость  $v_0$  может быть найдена из уравнения  $0 = v_0 - g\tau/2$ . Откуда  $v_0 = 10$  м/с.

Время полета до потолка во втором случае также равно  $\tau/2$ . Следовательно, расстояние  $h$  можно найти по формуле:  $h = 3v_0\tau/2 - g(\tau/2)^2/2 = 10$  м.

#### **Критерии оценивания**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Обоснование отсутствия удара в первом случае и его наличие во втором                     | 2 балла |
| 2. Найдена начальная скорость $v_0$<br>(формула и численное значение с единицами измерений) | 4 балла |
| 3. Найдена высоты потолка<br>(формула и численное значение с единицами измерений)           | 4 балла |

#### **Примечание**

В пп.2 и 3: решение – 2 балла; формула – 1 балл; численное значение – 1 балл.