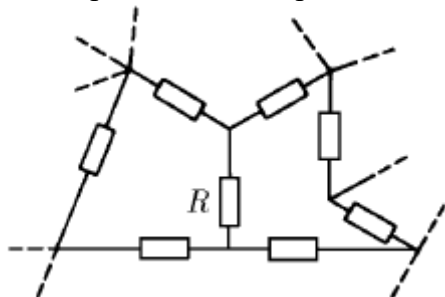


1. «Псевдоэксперимент»

Ульяна собрала участок схемы, который состоит из неизвестных сопротивлений. Как, имея амперметры, вольтметр, идеальную батарею и соединительные провода, Ульяне измерить сопротивление  $R$ , не разрывая ни одного контакта в схеме? Присоединять приборы и провода можно ко всем узлам. Рассчитайте по полученной схеме показания вольтметра и амперметров, если батарея выдаёт напряжение 4 В, а  $R=10\text{ Ом}$ .



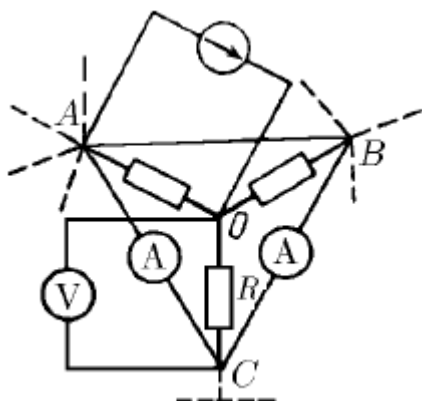
**Возможное решение:**

1) Присоединим вольтметр параллельно к резистору, источник к узлам А и О. Узлы А и В закоротим, а между узлами А и С; А и В поставим два амперметра.

2) Тогда  $R = \frac{U_V}{I_{AC} + I_{BC}}$ . Напряжение на вольтметре в текущей схеме будет равно показаниям источника.

3) Поскольку амперметры идеальные, их показания в текущей схеме будут одинаковы и равны

$$I_{AC} = \frac{U_V}{2R} = \frac{4\text{ В}}{20\text{ Ом}} = 0,2\text{ А}.$$



**Система оценивания задачи:**

1) Изображена правильная схема, позволяющая измерить сопротивление – **5 баллов**

2) Получена формула расчёта сопротивления – **2 балла**

3) Рассчитано показание вольтметра – **2 балла**

4) Рассчитаны показания амперметров – **1 балл**

**Максимальный балл за полное решение – 10 баллов**

2. «Обгон»

Серёжа движется на автомобиле по прямому шоссе со скоростью  $v_0 = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ . Начиная обгон, Серёжа разгоняется с постоянным ускорением. Найдите модуль скорости автомобиля через время  $t = 10$  с разгона, если за последние полторы секунды обгона он прошёл путь  $s = 58$  м. Определите также модуль ускорения  $a$  автомобиля.

**Возможное решение:**

- 1) Скорость от времени зависит так:  $v = v_0 + at$ , тогда скорость автомобиля через  $t_1 = 8,5$  с будет равна  $v_1 = v_0 + at_1$
- 2)  $s = v_1 * (t - t_1) + \frac{a(t-t_1)^2}{2} = v_0(t - t_1) + at_1(t - t_1) + \frac{a(t-t_1)^2}{2}$
- 3)  $a = \frac{(s-v_0*(t-t_1))}{t_1(t-t_1)+\frac{(t-t_1)^2}{2}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- 4)  $v = v_0 + at = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

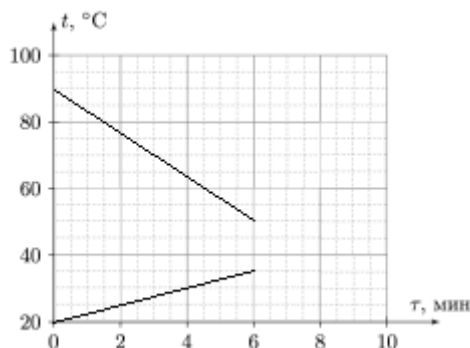
**Система оценивания задачи:**

- 1) Записано уравнение скорости от времени из пункта 1 – **2 балла**
- 2) Записано уравнение из пункта 2 в конечном виде – **3 балла**
- 3) Выражено и найдено значение ускорения – **3 балла**
- 4) Найдена конечная скорость – **2 балла**

**Максимальный балл за полное решение – 10 баллов**

### 3. «Изоляция»

Вася хотел «убить двух зайцев одним выстрелом» и положил только что изготовленное рагу в калориметр с остывшим рагу. Тем самым он хотел охладить готовое блюдо и согреть блюдо, которое некоторое время пролежало на столе, пока Вася готовил. Найдите соотношение масс блюд. Теплоёмкостью калориметра пренебречь.



#### **Возможное решение:**

Как видно из графика, в калориметре происходит два термодинамических процесса: остывание нагретого блюда и нагревание холодного. Пренебрегая потерями тепла в калориметре, будем считать теплоты этих процессов одинаковыми.

Тогда имеется возможность найти искомое отношение масс. В самом деле, количество теплоты, выделившееся за 6 минут при остывании нагретого блюда и полученное при нагревании холодным блюдом равны соответственно:

$$Q_1 = cm_1 * 60^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = cm_2 * 15^\circ\text{C}$$

Отсюда находим соотношение масс:  $\frac{m_2}{m_1} = 4$ .

#### **Система оценивания задачи:**

Сказано, что систему можно считать замкнутой, из-за чего  $Q_1 = Q_2$  – **3 балла**

Показан расчёт  $Q_1$  – **2 балла**

Показан расчёт  $Q_2$  – **2 балла**

Найдено соотношение масс – **3 балла**

**Максимальный балл за полное решение – 10 баллов**

#### 4. «Три товарища»

Расстояние от Всеволожска до центра Санкт-Петербурга по Дороге Жизни 24 км. Два товарища – Дима и Коля – должны добраться до Всеволожска из Санкт-Петербурга, а третий, Гена – из Всеволожска в Санкт-Петербург. На троих у них один велосипед, первоначально находящийся у Коли. Каждый товарищ пешком идёт со скоростью не большей 6 км/ч, а едет на велосипеде со скоростью не более 18 км/ч. Замок для велосипеда Коля ещё не успел купить, поэтому велосипед всегда должен быть под присмотром. Придумайте способ, при котором все трое смогут оказаться в пункте назначения через 2 часа 40 мин? Велосипед одноместный.

##### **Возможное решение:**

Если на велосипеде будет ехать только один, то общее время на путь будет равно  $\frac{24 \text{ км}}{\frac{6 \text{ км}}{\text{ч}}} = 4$  часа.

Чтобы успеть, товарищам необходимо тратить на дорогу как можно меньше времени.

Для того, чтобы прийти за наименьшее время, все должны прийти одновременно.

В течение часа все движутся с максимальной скоростью (Коля – на велосипеде).

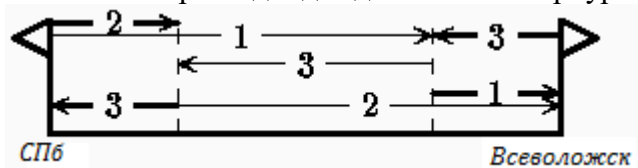
Через час Коля (на рисунке обозначен цифрой 1) и Гена (на рисунке обозначен цифрой 3) встречаются, и Коля передаёт велосипед Гене.

В этот момент Дима (на рисунке обозначен цифрой 2), прошедший 6 км, останавливается и дожидается Гену. Коля в это время тоже отдыхает.

Гена за 37,5 мин проезжает 10 км, отделяющие его от Димы и передаёт ему велосипед.

После этого Дима доезжает, а Коля доходит до Всеволожска за час.

Гена за это время дойдёт до Санкт-Петербурга. Всего с начала движения прошло 2 часа 37,5 минут.



##### **Система оценивания задачи:**

Показано, что для того, чтобы успеть, велосипедом должны делиться – **2 балла**

Показано, что все должны прийти одновременно – **2 балла**

Показан алгоритм движения Коли – **2 балла**

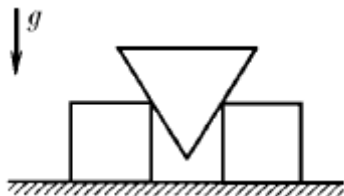
Показан алгоритм движения Гены – **2 балла**

Показан алгоритм движения Димы – **2 балла**

**Максимальный балл за полное решение – 10 баллов**

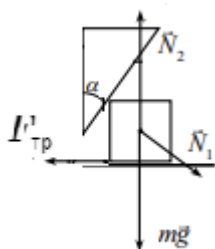
## 5. «Баланс»

Между одинаковыми кубиками, лежащими на полу, мальчик поставил гладкий клин такой же массы с равносторонним треугольником в разрезе. При каком коэффициенте трения о пол кубики начнут разъезжаться?



### Возможное решение:

На правый и левый кубик со стороны клина будет действовать сила  $N_1$  и  $N'_1$  соответственно нормально поверхности клина. Помимо этих сил на кубики будут действовать сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения против их движения. Картинка для одного кубика, в целом, будет выглядеть так:



Пусть вся система находится в равновесии, а сила трения покоя максимальна.

Тогда второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось  $ou$  и горизонтальную ось  $ox$ :

$$N_1 * \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + mg - N_2 = 0$$

$$N_1 * \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - F_{\text{тр}} = 0$$

Максимальная сила трения покоя будет по величине примерно равна силе трения скольжения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N_2$$

А из равновесия клина следует, что  $mg = 2N_1 * \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \Rightarrow N_1 = \frac{mg}{2\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}$ ;  $F_{\text{тр}} = \frac{3}{2} \mu mg$ .

Решая систему уравнений, получим условие покоя системы:  $\mu = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}{3}$ . По условию  $\alpha = 30^\circ$ .

Тогда чтобы система пришла в движение:  $\mu < \frac{1}{\sqrt{3}}$ .

### Система оценивания задачи:

Показаны силы, действующие со стороны клина на кубики – **1 балл**

Верно записан второй закон Ньютона – **3 балла**

Записано условие равенства трения покоя трению скольжения – **1 балл**

Записано условие равновесия клина – **2 балла**

Найдено условие начала движения – **3 балла**

**Максимальный балл за полное решение – 10 баллов**