

Районный этап всероссийской олимпиады школьников по физике  
в 2023/2024 учебном году в Санкт-Петербурге  
**Возможные решения и критерии оценивания**

**8й класс 1-й вариант**

**Задача 1. Неизвестная плотность**

Стеклянная ваза снаружи имеет форму цилиндра высотой  $h = 40$  см и основанием площадью  $S = 120$  см<sup>2</sup>. Масса пустой вазы равна  $m_1 = 1320$  г, а масса вазы, до краёв заполненной маслом, равна  $m_2 = 5100$  г. Определите плотность масла, если плотность стекла равна  $\rho_1 = 2200$  кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Внешний объем вазы  $hS = 4800$  см<sup>3</sup>. Объем стекла  $m_1/\rho_1 = 600$  см<sup>3</sup>. Тогда внутренний объем вазы равен  $V = 4200$  см<sup>3</sup> = 4,2 л. Заметим, что этот объем равен объему налитого масла. Плотность масла равна  $\frac{m_2 - m_1}{V} = 900$   $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Критерий	Баллы
Правильный перевод единиц измерения. Засчитываем, в том числе, если явно не прописан перевод единиц, но получены все правильные числовые значения.	2 балла
Посчитана масса масла $m_2 - m_1 = 3780$ г	2 балла
Посчитан объем стекла $\frac{m_1}{\rho_1} = 600$ см <sup>3</sup>	2 балла
Посчитан объем масла $V_M = hS - \frac{m_1}{\rho_1} = 4200$ см <sup>3</sup>	2 балла
Получена плотность масла $\frac{m_2 - m_1}{V_M} = 900$ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	2 балл

**Задача 2. Звёздная почта**

Марсиане делят сутки на 24 часа, а каждый час на 60 минут. Но длительность суток на Марсе не совпадает с длительностью суток на Земле. Мальчик Люк с Земли подружился с девочкой Леей с Марса, и они стали посылать друг другу небольшие сообщения при помощи радиосигналов. Однажды Люк отправил сообщение в 14.00 земного времени, а Лея получила это сообщение в 10.10 по марсианскому времени. Затем Лея отправила сообщение в 10.34, а Люк получил это сообщение в 14.33. Третье сообщение Люк отправил в 14.50, а Лея получила его в 10.58. Считая, что за время общения ребят расстояние между Землей и Марсом существенно не изменилось, определите это расстояние. Известно, что радиосигналы распространяются со скоростью света, равной 300 000 км/с.

**Возможное решение.** Люк отправил первое сообщение в 14.00, а второе в 14.50. То есть между отправкой двух сообщений прошло 50 минут. Лея получила эти сообщения в 10.10 и в 10.58 по марсианскому времени, то есть прошло 48 марсианских минут. По условию расстояние между Землей и Марсом не изменилось, значит оба сообщения одинаковое время были в пути. Отсюда 50 минут земного времени равны 48 минутам марсианского времени.

Лея получила первое сообщение в 10.10 и отправила ответное сообщение в 10.34, то есть между получением и отправкой сообщения прошло 24 минуты по марсианскому времени, или 25 минут по земному времени.

С момента отправки Люком первого сообщения до получения ответа прошло 33 минуты (по земному времени). Из них 25 минут (по земному времени) Лея писала ответ, следовательно, 8 минут ушло на доставку сообщений. Отсюда получаем, что сигнал от Земли до Марса идет 4 минуты, а расстояние между планетами равно 72 000 000 км.

Критерий	Баллы
Определено соотношение скорости хода часов на Земле и на Марсе, или связь земного и марсианского времени	4 балла
Получено время прохождения сигнала от Земли до Марса, равное 4 минутам	3 балла
Получен правильный ответ 72 млн. км.	3 балла

### Задача 3. Фокусы с переливанием

У фокусника есть два легких стакана с водой и кусочек льда. В первый стакан налито 100 г горячей воды с температурой 60°C, во второй 150 г холодной воды с температурой 20°C. Лёд имеет температуру 0°C и массу 50 г. Фокусник сначала опускает лёд в стакан с холодной водой, затем несколько раз переливает содержимое из одного стакана в другой. В итоге в первом стакане оказалось 200 г воды с температурой 15°C. Сколько воды и с какой температурой находится во втором стакане?

Известно, что в конце содержимое каждого стакана находится в состоянии теплового равновесия, вода в процессе переливаний не проливалась, а теплоемкостью стаканчиков и теплопотерями можно пренебречь. Удельная теплоемкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{°C}$ , теплота плавления льда  $\lambda = 336 \text{ кДж/кг}$ .

**Возможное решение.** Суммарная масса воды и льда в двух стаканах сохраняется, тогда масса содержимого второго стакана равна 100 г.

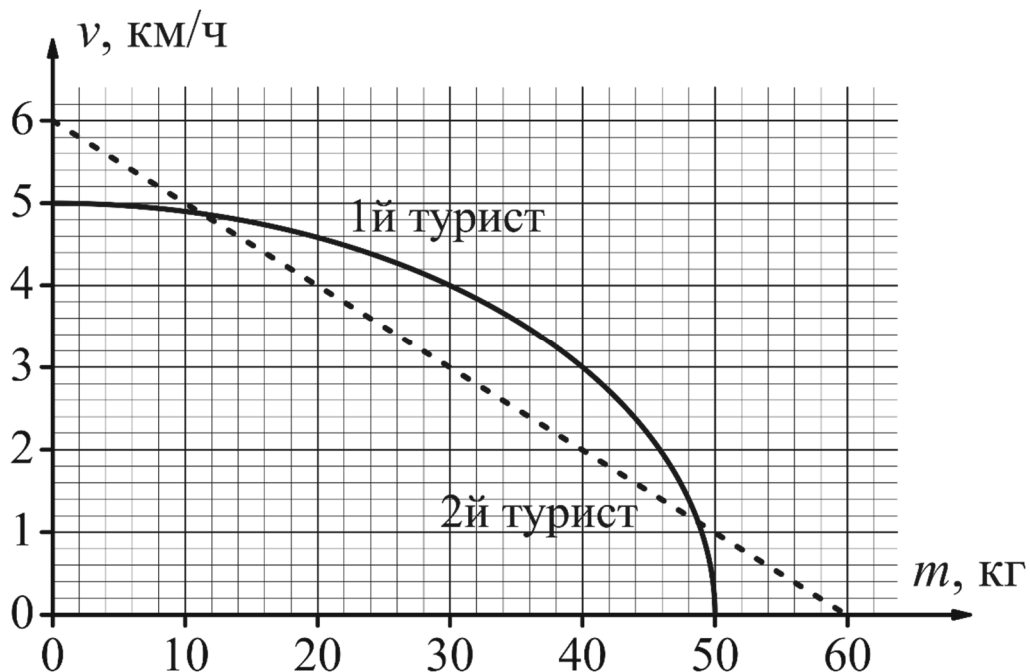
Для того, чтобы расплавить 50 г льда потребуется 16,8 кДж теплоты. Если мы охладим 100 г воды в первом стакане до температуры 0°C, то выделится 25,2 кДж теплоты. Если теперь смешать 50 г воды с температурой 0°C и 150 г воды с температурой 20°C из второго стакана, получится 200 г воды с температурой 15°C. Это ровно то, что оказалось в первом стакане после переливаний.

Поскольку при охлаждении горячей воды выделяется больше теплоты, чем требуется для плавления льда, можно сделать вывод, что весь лёд растает. Тогда  $(25,2 - 16,8) = 8,4 \text{ кДж}$  теплоты останется на нагревание 100 г воды во втором стакане. Следовательно температура во втором стакане будет равна 20°C.

Критерий	Баллы
Для плавления льда потребуется 16,8 кДж теплоты	1 балл
Посчитано количество теплоты для охлаждения воды	1 балл
Показано, что весь лёд растает	3 балла
Во втором стакане будет 100 г воды	1 балл
Температура воды во втором стакане 20°C	4 балла

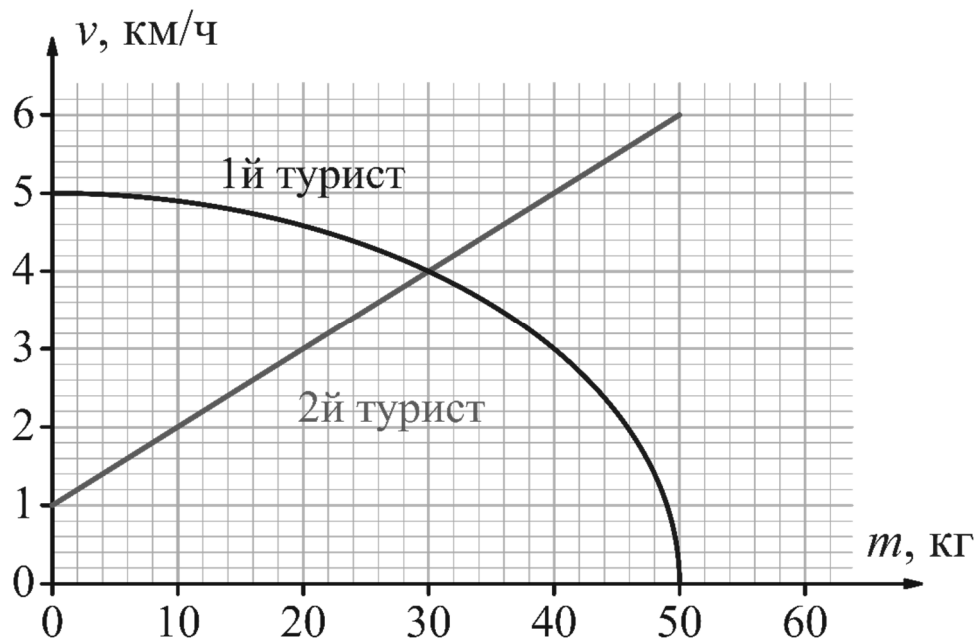
#### Задача 4. Туристы и груз

Двое туристов должны быстро доставить большую партию продуктов суммарной массой 50 кг в лагерь на расстоянии 10 км от стартовой точки. Зависимости скорости  $v$  каждого из туристов от величины  $m$  переносимого им груза приведены на рисунке. За какое наименьшее время они смогут доставить груз?



**Возможное решение.** Вначале предположим, что туристы перенесут грузы за один заход и не будут возвращаться обратно за следующей партией груза. Если первый турист несет груз массой  $m$ , то второй должен нести груз массой  $M - m$ . Для второго туриста перестроим график и отобразим на графике зависимость скорости 2го туриста от  $M - m$ . На графике найдем точку пересечения зависимостей, это точка  $m = 30$  кг. То есть первый турист должен нести груз 30 кг, а второй  $M - m = 20$  кг. Поскольку точка пересечения единственная, это единственное решение задачи. Соответствующая скорость движения туристов равна 4 км/ч, следовательно, они смогут доставить продукты за 2,5 часа.

Теперь предположим, что туристы возвращались назад. Максимальная скорость туристов не больше 6 км/ч, следовательно, если туристы перенесли продукты за 2 захода, они потратили больше времени, чем за один заход при движении со скоростью 4 км/ч.



Критерий	Баллы
Идея того, что минимальное время получается когда оба туриста идут с одинаковой скоростью	2 балла
Идея построить для второго туриста график скорости от $M - m$ , или альтернативный способ найти распределение груза между туристами для достижения максимальной скорости с доказательством максимальности скорости	3 балла
Получено, что оптимальная скорость 4 км/ч Оценивается только значение, можно без доказательства	2 балла
Получено правильное время, равное 2,5 часа	1 балл
Рассмотрен случай когда туристы доставляют продукты за несколько заходов и показано, что время в этом случае больше	2 балла

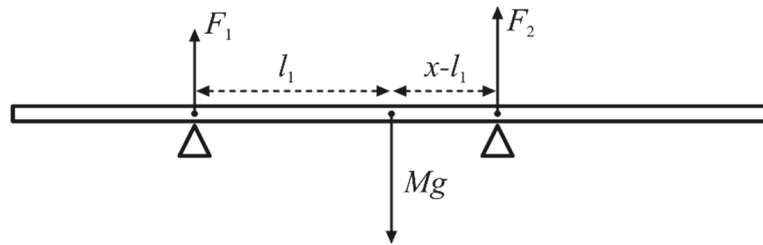
### Задача 5. Утро в сосновом лесу

Во время урагана сосновое бревно длиной 6 м упало на два других поваленных дерева. На одно из них бревно давит с силой 200 Н, а на второе – с силой 400 Н. Медвежонок хочет пройти по бревну от одного конца до другого. При какой максимальной массе медвежонка бревно не потеряет равновесия и не упадёт?

Известно, что сосновое бревно лежит горизонтально и его можно считать однородным. Расстояние между двумя деревьями-опорами равно 3 м. Считайте  $g = 10 \text{ Н/кг}$ .

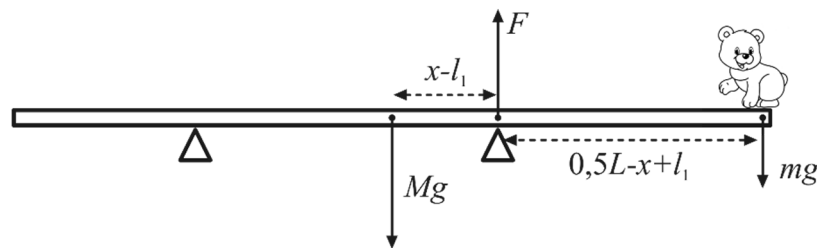
**Возможное решение.** Рассмотрим условие равновесия дерева. Обозначим расстояние между опорами  $x$ , расстояние от центра масс дерева до первой опоры  $l_1$ , тогда расстояние до второй опоры  $x - l_1$ . Запишем правило рычага относительно первой опоры  $Mgl_1 = F_2x$

Аналогично записываем относительно второй опоры  $Mg(x - l_1) = F_1x$



Из этих уравнений получаем  $Mg = F_1 + F_2$  и  $l_1 = \frac{F_2}{F_1 + F_2} x = \frac{2}{3} x = 2 \text{ м}$ .

Теперь рассмотрим условие того, что бревно не опрокинется, когда по нему пройдёт медвежонок. Очевидно, что максимальный момент силы медвежонок будет создавать, когда дойдёт до края бревна. При этом медвежонок должен находиться как можно дальше от опоры, на расстоянии  $\frac{1}{2}L - (x - l_1) = 2 \text{ м}$  от второй опоры. При максимальной массе медвежонка сила реакции первой опоры станет равна 0, а на дерево будут действовать только три силы: сила тяжести дерева  $Mg$ , сила реакции второй опоры и сила тяжести медвежонка  $mg$ . Запишем равенство моментов сил относительно второй опоры



$$Mg(x - l_1) = mg\left(\frac{1}{2}L - (x - l_1)\right)$$

Отсюда получаем, что максимальная масса медвежонка

$$m = \frac{Mg(x - l_1)}{g\left(\frac{1}{2}L - (x - l_1)\right)} = \frac{(F_1 + F_2)(x - l_1)}{g\left(\frac{1}{2}L - (x - l_1)\right)} = 30 \text{ кг}$$

Критерий	Баллы
Правильно записано условие равновесия дерева на двух опорах (правило рычага или равенство моментов сил)	3 балла
Найдено положение дерева относительно опор (расстояние от центра масс или края дерева до опор)	2 балла
Найдена масса дерева (ставится если масса дерева не посчитана явно, но получена правильная масса медвежонка)	1 балл
Правильно записано условие равновесия бревна с медвежонком (правило рычага или равенство моментов сил)	2 балла
Получено $m_{\max} = 30 \text{ кг}$	2 балла

## 8й класс 2-й вариант

### Задача 1. Неизвестная плотность

Стеклянная ваза снаружи имеет форму цилиндра высотой  $h = 30$  см и основанием площадью  $S = 120$  см<sup>2</sup>. Масса пустой вазы равна  $m_1 = 1200$  г, а масса вазы, до краёв заполненной водой, равна  $m_2 = 4300$  г. Определите плотность стекла, из которого сделана ваза. Плотность воды  $\rho_2 = 1000$  кг/м<sup>3</sup> считать известной.

**Возможное решение.** Масса налитой в вазу воды равна  $m_2 - m_1 = 3100$  г. Внешний объём вазы  $hS = 3600$  см<sup>3</sup>, тогда объём стекла  $V = hS - \frac{m_2 - m_1}{\rho_2} = 500$  см<sup>3</sup>. Плотность стекла найдём

как отношению массы к объёму стекла  $\frac{m_1}{V} = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Критерий	Баллы
Правильный перевод единиц измерения. Засчитываем, в том числе, если явно не прописан перевод единиц, но получены все правильные числовые значения.	2 балла
Масса воды равна $m_2 - m_1 = 3100$ г	2 балла
Посчитан объём воды $\frac{m_2 - m_1}{\rho_2} = 3100$ см <sup>3</sup>	2 балла
Посчитан объём стекла $V = hS - \frac{m_2 - m_1}{\rho_2} = 500$ см <sup>3</sup>	2 балла
Посчитана плотность стекла $\frac{m_1}{V} = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	2 балл

### Задача 2. Звёздная почта

Марсиане делят сутки на 24 часа, а каждый час на 60 минут. Но длительность суток на Марсе не совпадает с длительностью суток на Земле. Мальчик Люк с Земли подружился с девочкой Леей с Марса, и они стали передавать друг другу небольшие сообщения при помощи радиосигналов. Однажды Люк отправил сообщение в 10.10 земного времени. Лея получила это сообщение в 14.15 по марсианскому времени и отправила ответное сообщение в 14.39. Люк получил сообщение от Леи в 10.47 и в 11.00 отправил свой ответ. Наконец, Лея получила второе сообщение от Люка в 15.03. Считая, что за время переписки расстояние между Землей и Марсом не изменилось, определите это расстояние. Известно, что радиосигналы распространяются со скоростью света, равной 300 000 км/с.

**Возможное решение.** Люк отправил первое сообщение в 10.10, а второе в 11.00. То есть между отправкой двух сообщений прошло 50 минут. Лея получила эти сообщения в 14.15 и в 15.03 по марсианскому времени, то есть прошло 48 марсианских минут. По условию расстояние между Землей и Марсом не изменилось, значит оба сообщения одинаковое время были в пути. Отсюда 50 минут земного времени равны 48 минутам марсианского времени.

Лея получила первое сообщение в 14.15 и отправила ответное сообщение в 14.39, то есть между получением и отправкой сообщения прошло 24 минуты по марсианскому времени, или 25 минут по земному времени.

С момента отправки Люком первого сообщения до получения ответа прошло 37 минут (по земному времени). Из них 25 минут (по земному времени) Лея писала ответ, следовательно, 12 минут ушло на доставку сообщений. Отсюда получаем, что сигнал от Земли до Марса идет 6 минуты, а расстояние между планетами равно 108 000 000 км.

Критерий	Баллы
Определено соотношение скорости хода часов на Земле и на Марсе, или связь земного и марсианского времени	4 балла
Получено время прохождения сигнала от Земли до Марса, равное 6 минутам	3 балла
Получен правильный ответ 108 млн. км.	3 балла

### Задача 3. Фокусы с переливанием

У фокусника есть два легких стакана с водой и кусочек льда. В первый стакан налито 200 г горячей воды с температурой  $65^{\circ}\text{C}$ , во второй 100 г холодной воды с температурой  $15^{\circ}\text{C}$ . Лёд имеет температуру  $0^{\circ}\text{C}$  и массу 100 г. Фокусник сначала опускает лёд в стакан с холодной водой, затем несколько раз переливает содержимое из одного стакана в другой. В итоге в первом стакане оказалось 150 г воды с температурой  $10^{\circ}\text{C}$ . Сколько воды и с какой температурой находится во втором стакане?

Известно, что содержимое каждого стакана находится в состоянии теплового равновесия, вода в процессе переливаний не проливалась, а теплоемкостью стаканчиков и теплопотерями можно пренебречь. Удельная теплоемкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ , теплота плавления льда  $\lambda = 336 \text{ кДж/кг}$ .

**Возможное решение.** Суммарная масса воды и льда в двух стаканах сохраняется, тогда масса содержимого второго стакана равна 250 г.

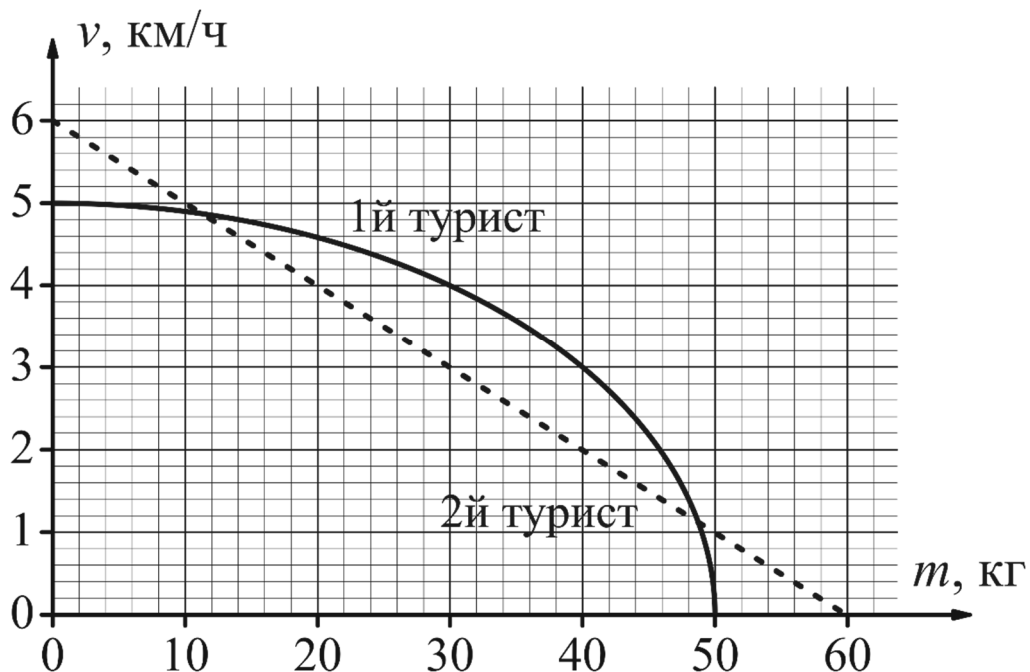
Для того, чтобы расплавить 100 г льда потребуется 33,6 кДж теплоты. Если мы охладим 200 г воды в первом стакане до температуры  $0^{\circ}\text{C}$ , то выделится 84,6 кДж теплоты. Если теперь смешать 50 г воды с температурой  $0^{\circ}\text{C}$  и 100 г воды с температурой  $15^{\circ}\text{C}$  из второго стакана, получится 150 г воды с температурой  $10^{\circ}\text{C}$ . Это ровно то, что оказалось в первом стакане после переливаний.

Поскольку при охлаждении горячей воды выделяется больше теплоты, чем требуется для плавления льда, можно сделать вывод, что весь лёд растает. Тогда горячая вода отдаст не все тепло,  $(84,6 - 33,6) = 21 \text{ кДж}$  теплоты останется на нагревание 250 г воды от температуры  $0^{\circ}\text{C}$ . Следовательно температура во втором стакане будет равна  $20^{\circ}\text{C}$ .

Критерий	Баллы
Для плавления льда потребуется 33,6 кДж теплоты	1 балл
Посчитано количество теплоты для охлаждения воды	1 балл
Показано, что весь лёд растает	3 балла
Во втором стакане будет 250 г воды	1 балл
Температура воды во втором стакане 20°C	4 балла

#### Задача 4. Туристы и груз

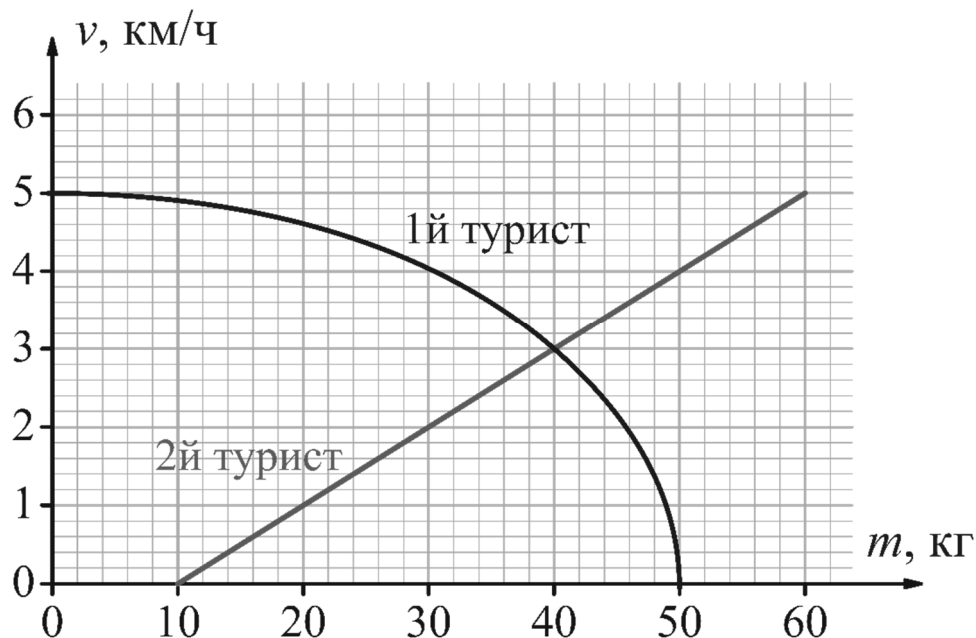
Двое туристов должны быстро доставить большую партию продуктов суммарной массой 70 кг в лагерь на расстоянии 12 км от стартовой точки. Зависимости скорости  $v$  каждого из туристов от величины  $m$  переносимого им груза приведены на рисунке. За какое наименьшее время они смогут доставить груз?



**Возможное решение.** Вначале предположим, что туристы перенесут грузы за один заход и не будут возвращаться обратно за следующей партией груза. Если первый турист несет груз массой  $m$ , то второй должен нести груз массой  $M - m$ . Для второго туриста перестроим график и отобразим на графике зависимость скорости 2го туриста от  $M - m$ . На графике найдем точку пересечения зависимостей, это точка  $m = 40$  кг. То есть первый турист должен нести груз 40 кг, а второй  $M - m = 30$  кг. Поскольку точка пересечения единственная, это единственное решение задачи. Соответствующая скорость движения туристов равна 4 км/ч, следовательно, они смогут доставить продукты за 4 часа.

Теперь предположим, что туристы возвращались назад. Максимальная скорость туристов не больше 6 км/ч, следовательно, если туристы перенесли продукты за 2 захода, они потратили больше времени, чем за один заход при движении со скоростью 3 км/ч.





Критерий	Баллы
Идея того, что минимальное время получается когда оба туриста идут с одинаковой скоростью	2 балла
Идея построить для второго туриста график скорости от $M - m$ , или альтернативный способ найти распределение груза между туристами для достижения максимальной скорости с доказательством максимальности скорости	3 балла
Получено, что оптимальная скорость 3 км/ч Оценивается только значение, можно без доказательства	2 балла
Получено правильное время, 4 часа	1 балла
Рассмотрен случай когда туристы доставляют продукты за несколько заходов и показано, что время в этом случае больше	2 балла

### Задача 5. Утро в сосновом лесу

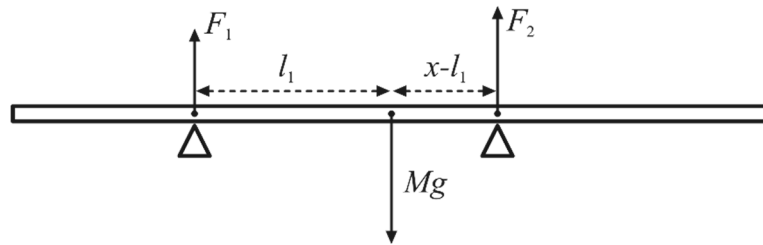
Во время урагана сосновое бревно длиной 8 м упало на два других поваленных дерева. На одно из них бревно давит с силой 200 Н, а на второе – с силой 600 Н. Медвежонок хочет пройти по бревну от одного конца до другого. При какой максимальной массе медвежонка бревно не потеряет равновесия и не упадёт?

Известно, что сосновое бревно лежит горизонтально и его можно считать однородным. Расстояние между двумя деревьями-опорами равно 4 м. Считайте  $g = 10$  Н/кг.

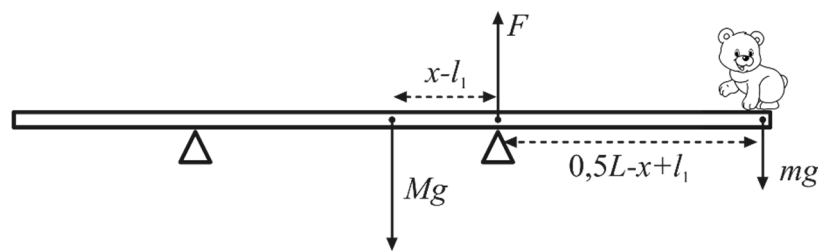
**Возможное решение.** Рассмотрим условие равновесия дерева. Обозначим расстояние между деревьями-опорами  $x = 4$  м, расстояние от центра масс дерева до первой опоры  $l_1$ , тогда расстояние до второй опоры  $x - l_1$ . Запишем правило рычага относительно первой опоры  $Mgl_1 = F_2x$

Аналогично записываем относительно второй опоры  $Mg(x - l_1) = F_1x$

Сложим уравнения и получим  $Mg = F_1 + F_2$ , тогда  $l_1 = \frac{F_2}{F_1 + F_2}x = \frac{3}{4}x = 3$  м.



Теперь рассмотрим условие того, что бревно не опрокинется, когда по нему пройдёт медвежонок. Очевидно, что максимальный момент силы медвежонок будет создавать, когда дойдёт до края бревна. При этом медвежонок должен находиться как можно дальше от опоры, на расстоянии  $\frac{1}{2}L - (x - l_1) = 3$  м от второй опоры. При максимальной массе медвежонка сила реакции первой опоры станет равна нулю, а на дерево будут действовать только три силы: сила тяжести дерева  $Mg$ , сила реакции второй опоры и сила тяжести медвежонка  $mg$ . Запишем равенство моментов сил относительно второй опоры



$$Mg(x - l_1) = mg \left( \frac{1}{2}L - (x - l_1) \right)$$

Отсюда получаем, что максимальная масса медвежонка

$$m = \frac{Mg(x - l_1)}{g \left( \frac{1}{2}L - (x - l_1) \right)} = \frac{(F_1 + F_2)(x - l_1)}{g \left( \frac{1}{2}L - (x - l_1) \right)} \approx 27 \text{ кг}$$

Критерий	Баллы
Правильно записано условие равновесия дерева на двух опорах (правило рычага или равенство моментов сил)	3 балла
Найдено положение дерева относительно опор (расстояние от центра масс или края дерева до опор)	2 балла
Найдена масса дерева	1 балл
Правильно записано условие равновесия бревна с медвежонком (правило рычага или равенство моментов сил)	2 балла
Получено $m_{\max} = 80/3 \approx 27$ кг	2 балла