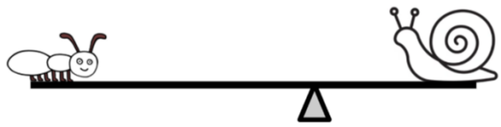
# *Решение вступительной олимпиады по физике. 7 класс. 2026*

## 1. *Муравей и улитка*

Муравей и улитка сидят на противоположных концах линейки, уравновешенной на опоре (см. рис). В некоторый момент они начинают двигаться навстречу друг другу с постоянными скоростями (каждый со своей) так, что равновесие не нарушается. Муравей в 3 раза легче улитки, и улитка проползла до момента, когда равновесие все же нарушилось, 16 см. Найдите длину линейки, если:

А) линейку можно считать невесомой;

Б) масса линейки в 2 раза больше массы улитки.



Размеры муравья и улитки считайте малыми по сравнению с линейкой. Также они не мешают друг другу двигаться, если вдруг окажутся в одном месте на линейке.

**Ответ: А)** 48 см. **Б)** 48 см.

**Решение: А)** Запишем правило рычага для какого-то момента $t$, пока равновесие не нарушилось:

$$m_м \cdot g \cdot (l_м - v_м \cdot t) = m_у \cdot g \cdot \left(l_у - v_у \cdot t\right)$$

Здесь $l_м$, $l_у$ – начальные расстояния муравья и улитки от точки опоры, а $v_м$, $v_у$ – их соответствующие скорости. При $t = 0$:

$$m_м \cdot g \cdot l_м = m_у \cdot g \cdot l_у$$

Вычитая из первого уравнения второе:

$$m_м \cdot g \cdot v_м \cdot t = m_у \cdot g \cdot v_у \cdot t$$

$$\frac{v_м}{v_у} = \frac{m_у}{m_м} = 3$$

Заметим, что если сразу после начала движения муравья и улитки равновесие не нарушилось, то оно вообще не будет нарушаться до тех пор, пока у обоих есть возможность продолжать движение с постоянной скоростью (отрицательное значение плеч будет соответствовать ситуации, когда муравей и улитка перейдут через точку опоры, равновесие всё равно сохранится). Муравей прекратит равномерное движение, когда дойдёт до противоположного края линейки, пройдя расстояние в 3 раза большее, чем улитка. Откуда

$$L = \frac{v_м}{v_у} \cdot L_у = 3 \cdot 16 \text{ см} = 48 \text{ см}.$$

**Б)** Запишем правило рычага с учетом силы тяжести линейки:

$$m_м \cdot g \cdot (l_м - v_м \cdot t) + m_л \cdot g \cdot l_л = m_у \cdot g \cdot \left(l_у - v_у \cdot t\right),$$

где $l_л$ – плечо силы тяжести линейки. При $t = 0$:

$$m_м \cdot l_м + m_л \cdot l_л = m_у \cdot l_у$$

Вычитая из первого уравнения второе:

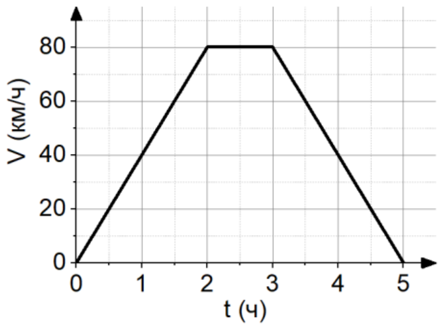
$$m_м \cdot g \cdot v_м \cdot t = m_у \cdot g \cdot v_у \cdot t$$

$$\frac{v_м}{v_у} = \frac{m_у}{m_м} = 3$$

При этом, условие нарушения равновесия осталось прежним – прекращение движения с постоянной скоростью. Тогда снова муравей дойдёт до края линейки, пройдя расстояние в 3 раза большее, чем улитка

$$L = \frac{v_м}{v_у} \cdot L_у = 48 \text{ см}.$$

## 2. *Движение поездов*

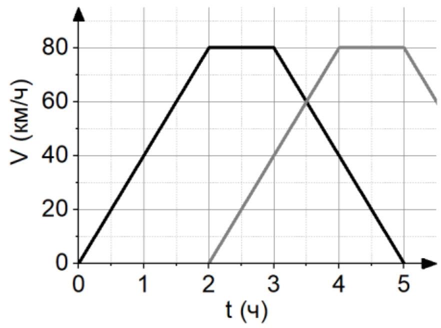



Два пассажирских поезда едут из Петербурга в Псков друг за другом. Поезда едут одинаково, зависимость их скорости от времени, отсчитываемого от момента старта, показана на графике. Первый поезд выехал в 12:00, второй в 14:00.

А) В какой момент расстояние между поездами было наибольшим? Какая при этом была скорость первого поезда?

Б) Из Пскова в Петербург едет товарный поезд с постоянной скоростью $V = 40$ км/ч и встречает первый пассажирский поезд в 15:00. В какой момент произойдёт встреча товарного поезда со вторым пассажирским?

**Ответ: А)** 15:30 и 60 км/ч**. Б)** 16:20**.**




**Решение: А)** Расстояние между поездами увеличивается до тех пор, пока скорость впереди идущего поезда больше, чем догоняющего. Значит, наибольшее расстояние между поездами будет достигнуто в момент, когда скорости поездов сравняются. Достроив график движения второго поезда, находим время: наклон разгона и торможения одинаковые, поэтому скорости поездов сравняются ровно посередине между моментами времени 2 ч и 5 ч, то есть через 3,5 ч после выезда первого поезда – в 15:30. Скорости поездов при этом найдем через пропорцию с разгоном до максимальной скорости: до искомой скорости поезд разгоняется за 1,5 ч, а до максимальной за 2 ч

$$\frac{V}{V_{\text{макс}}} = \frac{1{,}5\ \text{ч}}{2\ \text{ч}}$$

$$V = 0{,}75 \cdot 80\ {}^{\text{км}}/_{\text{ч}} = 60\ {}^{\text{км}}/_{\text{ч}}.$$

**Б)** Определим расстояние от первого пассажирского поезда (а вместе с ним и товарного) до Петербурга в 15:00 как площадь под графиком на участке от 0 ч до 3 ч:

$$S_1 = \frac{80\ {}^{\text{км}}/_{\text{ч}} \cdot 2\ \text{ч}}{2} + 80\ {}^{\text{км}}/_{\text{ч}} \cdot 1\ \text{ч} = 160\ \text{км}.$$

Ещё через час (в 16:00) расстояние от товарного поезда до Петербурга будет 160 км – 40 км = 120 км. В это же время второй пассажирский поезд будет от Петербурга на расстоянии

$$S_2 = \frac{80\ {}^{\text{км}}/_{\text{ч}} \cdot 2\text{ч}}{2} = 80\ \text{км}.$$

Далее, приближаясь друг к другу с постоянной скоростью $V_{\text{сбл}} = V_2 + V_3 = 120$ км/ч поезда проедут оставшееся между ними расстояние за

$$t = \frac{120\ \text{км} - 80\ \text{км}}{120\ {}^{\text{км}}/_{\text{ч}}} = {}^{1}/_{3}\ \text{ч} = 20\text{мин}.$$

Получается, что время встречи второго пассажирского и товарного поездов 16:20.

### *3. Доливание воды*

Есть два одинаковых цилиндрических сосуда с площадью дна $S = 20\text{ см}^2$ и высотой $H = 34$ см каждый. Сосуды стоят на горизонтальном столе и соединены внизу тонкой трубкой. Первоначально в сосуды налито суммарно $m_\text{р} = 544$ г ртути. Затем в левый сосуд начинают медленно, со скоростью $\mu = 272$ г/мин доливать воду.

А) С какой скоростью понижается уровень ртути в левом сосуде?

Б) Постройте график зависимости уровня жидкости в правом сосуде от времени. Ртуть и вода не смешиваются, плотность воды $\rho_\text{в} = 1\text{ г/см}^3$, ртути $\rho_\text{р} = 13{,}6\text{ г/см}^3$.

**Ответ: А)** $0{,}5\ {}^{\text{см}}/_{\text{мин}}$. **Б)** см. решение.

**Решение: А)** Скорость понижения уровня ртути в левом сосуде равна скорости её повышения в правом (т.к. убыль объема ртути в левом сосуде равна приращению её объема в правом: $\Delta V_\text{л} = \Delta V_\text{п} \Rightarrow \Delta h_\text{л} \cdot S = \Delta h_\text{п} \cdot S \Rightarrow \frac{\Delta h_\text{л}}{t} = \frac{\Delta h_\text{п}}{t}$). Равновесное состояние в сообщающихся сосудах определяется равенством давлений на одном уровне. Давление на дно в сосудах:

$$\frac{m_\text{л} \cdot g}{S} = \frac{m_\text{п} \cdot g}{S}$$

$$m_\text{л} = m_\text{п}$$

Здесь $m_\text{л}, m_\text{п}$ – масса содержимого левого и правого сосуда, соответственно. Общая масса жидкости растет со скоростью $\mu$, тогда масса правого сосуда растёт со скоростью $\frac{\mu}{2} = 136\ {}^{\text{г}}/_{\text{мин}}$. Откуда скорость повышения уровня

$$v = \frac{\Delta h}{t} = \frac{\Delta m}{\rho S t} = \frac{\frac{\mu}{2} t}{\rho S t} = 0{,}5\ {}^{\text{см}}/_{\text{мин}}$$

**Б)** Начальный уровень жидкости в правом сосуде $h_{\text{п}0} = \frac{m_\text{р}}{2\rho S} = 1$ см. На начальном этапе масса второго сосуда растёт из-за перетекания ртути. Найдём время, за которое вся ртуть перетечёт в правый сосуд:

$$t_1 = \frac{\frac{1}{2} m_\text{р}}{\frac{1}{2}\mu} = 2\text{ мин.}$$

Уровень жидкости при этом: $h_{\text{п}1} = \frac{m_\text{р}}{\rho S} = 2$ см. Проверим, что вода не перелилась через край в этот момент:

$$h_{\text{л}1} = \frac{m_\text{в}}{\rho_\text{в} S} = \frac{m_\text{р}}{\rho_\text{в} S} = 27{,}2\text{ см.}$$

После момента $t_1$ вода будет перетекать через трубку в правый стакан и всплывать над ртутью. Повышение уровня жидкости в правом сосуде прекратится, когда вода дойдёт до краёв в левом сосуде. Найдём уровень воды в правом сосуде в этот момент из равенства давлений на дно:

$$\rho_\text{в} \cdot g \cdot h_{\text{в}2} + \rho_\text{р} \cdot g \cdot h_{\text{р}2} = \rho_\text{в} \cdot g \cdot H,$$

где $h_{\text{в}2}$ – уровень воды в правом сосуде в момент заполнения левого, $h_{\text{р}2}$ – уровень ртути в правом сосуде в этот же момент. Тогда

$$h_{\text{в}2} = \frac{\rho_\text{в} \cdot H - \rho_\text{р} \cdot h_{\text{р}2}}{\rho_\text{в}} = 6{,}8\text{ см.}$$

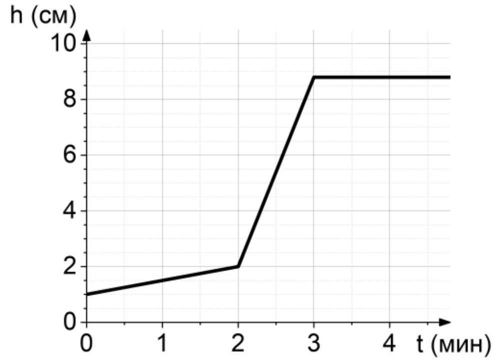
Общая высота жидкости в правом сосуде в этот момент

$$h_{\text{п}2} = h_{\text{р}2} + h_{\text{в}2} = 8{,}8\text{ см.}$$

Найдём, за какое время вода достигнет уровня $h_{\text{в}2}$ в правом сосуде:

$$t_2 = \frac{h_{\text{в}2} \cdot S \cdot \rho_\text{в}}{\frac{1}{2}\mu} = 1\text{ мин}$$

После этого момента уровень жидкости не будет расти. Так как массы содержимого сосудов растут равномерно, то и уровень жидкости в правом сосуде тоже растёт равномерно между описанными выше событиями. Итоговый график:



### 4. *Шарики и леденцы*

У Вани есть маленький и большой воздушные шарики и одинаковые леденцы массой 3 г каждый. Ваня надул оба шарика тёплым воздухом одинаковой температуры 36 ℃, при этом радиус большого шарика оказался ровно в 2 раза больше, чем радиус маленького, а толщина резиновой оболочки шариков одинакова. Ваня привязал к шарикам совсем лёгкие нитчатые корзинки и обнаружил, что «подъёмная сила» маленького шарика составляет 4 леденца (сколько тот может держать, не снижаясь), а «подъёмная сила» большого – 36 леденцов.

А) Чему равны массы оболочек маленького и большого шариков?

Б) Через некоторое время Ваня обнаружил, что маленький шарик немного остыл и потому немного сдулся (не теряя воздуха внутри). Теперь его «подъёмная сила» стала равна только 2 леденцам. Какой стала температура воздуха в шарике? Известно, что температура воздуха в комнате 21 ℃, а объём воздуха при нагревании растет линейно, то есть этот объём можно выразить как $V = V_0 + b\Delta T$. Здесь $V_0$–начальный объем воздуха, $\Delta T$ – изменение его температуры, $b$ – постоянный коэффициент.

**Ответ: А)** масса оболочки маленького шарика – 3 г, масса оболочки большого – 12 г. **Б)** 30 ℃**.**

**Решение: А)** Масса оболочки равна $m_{\text{об}} = \rho_{\text{рез}} \cdot d \cdot S_{\text{пов}}$, где $d$ – толщина оболочки. При увеличении радиуса шара в 2 раза площадь его поверхности $S_{\text{пов}}$ растёт в $2^2 = 4$ раза. Поэтому и масса оболочки возрастает также в 4 раза. Масса воздуха внутри шарика и сила Архимеда растут пропорционально объёму шарика, то есть у большого в $2^3 = 8$ раз больше. Для каждого шарика можно написать, что сила, действующая на шарик вверх (сила Архимеда), компенсирует суммарную силу тяжести, действующую вниз. Для маленького шарика: $F_A = \left(m_{\text{об}} + m_{\text{возд}} + 4m\right)g$, для большого $8F_A = \left(4m_{\text{об}} + 8m_{\text{возд}} + 36m\right)g$.

Подставляем силу Архимеда из первого уравнения во второе и находим массу оболочки маленького шарика

$$8(m_{\text{об}} + m_{\text{возд}} + 4m) \cdot g = (4m_{\text{об}} + 8m_{\text{возд}} + 36m) \cdot g$$

$$8m_{\text{об}} + 32m = 4m_{\text{об}} + 36m$$

$$m_{\text{об}} = m = 3 \text{ г},$$

то есть масса оболочки маленького шарика равна 3 г, а масса оболочки большого равна $4 \cdot 3 \text{ г} = 12 \text{ г}$.

**Б)** Обозначим объём маленького шарика при температуре $T_0 = 21$ ℃ за $V_0$, аналогично для $T_1 = 36$ ℃ и для искомой температуры $T_2$. При комнатной температуре плотность воздуха в шарике равна плотности воздуха снаружи, поэтому

$$m_{\text{возд}} \cdot g = \rho_{\text{окр возд}} \cdot g \cdot V_0$$

При температуре $T_1$ условие равновесия тела выглядит так:

$$\rho_{\text{окр возд}} \cdot g \cdot V_1 = (m_{\text{об}} + m_{\text{возд}} + 4m) \cdot g$$

$$\rho_{\text{окр возд}} \cdot g \cdot V_1 = (m + \rho_{\text{окр возд}} \cdot V_0 + 4m) \cdot g$$

$$\rho_{\text{окр возд}} \cdot V_1 = \rho_{\text{окр возд}} \cdot V_0 + 5m$$

Аналогично для температуры $T_2$:

$$\rho_{\text{окр возд}} \cdot V_2 = \rho_{\text{окр возд}} \cdot V_0 + 3m$$

По условию объём линейно зависит от температуры воздуха, то есть можно написать $V = V_0 + b(T - T_0)$. Тогда

$$V_0 + b(T_1 - T_0) = V_0 + \frac{5m}{\rho_{\text{окр возд}}}$$

$$V_0 + b(T_2 - T_0) = V_0 + \frac{3m}{\rho_{\text{окр возд}}}$$

$$\frac{b(T_1 - T_0)}{b(T_2 - T_0)} = \frac{5m}{3m}$$

$$T_2 = 30\text{℃}.$$