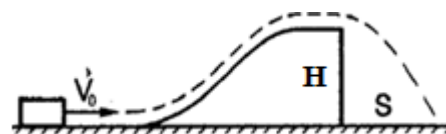


10 Класс.

Задача №1. Трамплин

Шайба, скользя по гладкому полу со скоростью $V_0 = 12$ м/с, поднимается на трамплин, верхняя часть которого горизонтальна, и соскакивает с него (см. рис.). При какой высоте трамплина H дальность полета шайбы S будет максимальна? Какова эта дальность?



Возможное решение

1. Для начальной точки и точки на вершине трамплина по закону сохранения энергии

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + mgH$$

2. Время падения шайбы с вершины трамплина определим из уравнения

$$H = \frac{gt^2}{2} \text{ . откуда } t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \text{ .}$$

3. Дальность полёта шайбы $S = V_1 t = V_1 \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

4. Для определения максимальной дальности полета шайбы (3) преобразуем к виду $S^2 = V_1^2 \frac{2H}{g}$

5. V_1^2 найдём из (1) и подставим в (4), т.е. $V_1^2 = V_0^2 - 2gH$ и тогда $S^2 = V_0^2 \cdot \frac{2H}{g} - 4H^2$

6. Очевидно, что $S^2(H)$ – парабола и ее максимум достигается при $H = \frac{V_0^2}{4g}$. Тогда максимум

$$S = \frac{V_0^2}{2g} \text{ .}$$

$$8.16: h = V_0^2 / 4g = 3,6\text{ м}, S = V_0^2 / 2g = 7,2\text{ м}.$$

7. Подставляя числовые значения, получим ответ: $H = 3,6$ м ; $S = 7,2$ м

Критерии оценивания

За 1-й пункт – 2 балл

За 2-й пункт – 1 балл

За 3-й пункт – 1 балл

За 4-й пункт – 2 балла

За 5-й пункт – 2 балла

За 6-й пункт – 1 балла

За 7-й пункт – 1 балл

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача №2. Блок на коромысле

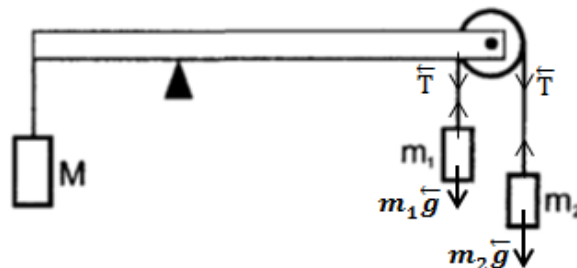
Система тел состоит из невесомого стержня длины $l = 70$ см, положенного на неподвижную призму, расположенную посередине стержня, и находящегося в равновесии, невесомого блока с двумя грузами массой m_1 и m_2 , а так же груза массой $M = 3$ кг, прикреплённых к концам стержня (см. рис.). При движении грузов



m_1 и m_2 равновесие стержня сохраняется, если точка опоры стержня сдвинута на расстояние $\Delta l = 10$ см левее относительно середины стержня. Определить массы грузов m_1 и m_2 . Трением везде пренебречь.

Возможное решение

1. Т.к. сначала система находилась в равновесии, то $m_1 + m_2 = M$.
2. При движении грузов условие равновесия системы: $Mg \cdot \left(\frac{l}{2} - \Delta l\right) = \left(\frac{l}{2} + \Delta l\right) \cdot 2T$, где T сила натяжения нитей (см. рис.)



3. Пусть груз m_2 движется ускоренно вниз, тогда по 2-му закону Ньютона $m_2 a = m_2 g - T$ и соответственно $m_1 a = T - m_1 g$
4. Из последних двух уравнений легко находим, что $T = \frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2}{M}$; подставив это выражение T в (2)., а так же заменив $m_2 = M - m_1$ получим квадратное уравнение

$$4m_1^2 - 4Mm_1 + \frac{l - 2\Delta l}{l + 2\Delta l} \cdot M^2 = 0$$

Корни этого уравнения: $m_{1,2} = \frac{M}{2} \cdot \left(1 \pm \sqrt{\frac{4 \cdot \Delta l}{l + \Delta l}}\right)$. откуда $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг

Критерии оценивания

- За 1-й пункт – 2 балла
- За 2-й пункт – 3 балла
- За 3-й пункт – 2 балла
- За 4-й пункт – 3 балла

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача № 3. Ледяная смесь

Теплоизолированный сосуд содержит смесь, состоящую из воды $m_1 = 10$ кг и льда $m_2 = 2$ кг, находящиеся в тепловом равновесии. В сосуд подают водяной пар при $t = 100^\circ\text{C}$ в количестве $m_3 = 2$ кг. Найти установившуюся температур равновесной системы.

Справка. Удельная теплоёмкость воды – $c = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К). Удельная теплота плавления льда – $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг. Удельная теплота парообразования воды – $r = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг

Возможное решение

1. Количество теплоты, выделенной при конденсации пара –
2. Количество теплоты, выделенной при охлаждении воды, полученной из пара от 100°C до температуры равновесного состояния θ $Q_2 = c \cdot m_3 \cdot (100^\circ\text{C} - \theta)$
3. Количество теплоты, поглощённой при таянии льда – $Q_3 = \lambda \cdot m_2$
4. Количество теплоты, поглощённой при нагревании воды растаявшего льда до температуры равновесного состояния θ – $Q_4 = c \cdot (m_1 + m_2) \cdot \theta$

5. Уравнение теплового баланса в этом процессе: $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$ или

$$r \cdot m_3 + c \cdot m_3 \cdot (100^\circ\text{C} - \theta) = \lambda \cdot m_2 + c \cdot (m_1 + m_2) \cdot \theta$$

6. Определим установившуюся температуру:

$$\theta = \frac{rm_3 + cm_3\theta - \lambda m_1}{c(m_1 + m_2 + m_3)} \approx 81^\circ\text{C}$$

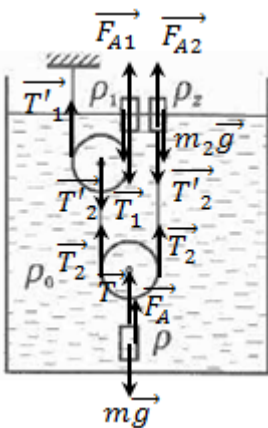
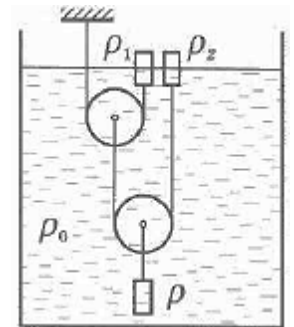
Критерии оценивания

- За 1-й пункт - 1 балл
- За 2-й пункт - 1 балл
- За 3-й пункт 1 балл
- За 4-й пункт - 2 балла
- За 5-й пункт - 3 балла
- За 6-й пункт - 2 балла

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача № 4. Три цилиндра

В стакан с жидкостью, имеющей плотность ρ_0 , погружены три цилиндрических тела одинакового объёма, но разных плотностей ρ , ρ_1 , ρ_2 , соединены системой нитей и невесомых блоков объёмом которых можно пренебречь, как показано на рисунке. Система находится в равновесии, если два верхних цилиндра погружены ровно наполовину. Найти ρ_0 и ρ , полагая, что ρ_1 и ρ_2 известны.



Возможное решение

1. Расставить силы на рисунке и далее написать условия равновесия для трёх цилиндров.
2. Условие равновесия для цилиндра 1: $m_1\vec{g} + \vec{F}_{A1} + \vec{T}_1 = 0$ в проекции на вертикальную ось $\rho_0 g \frac{1}{2}V = \rho_1 g V + T$.
3. Условие равновесия для цилиндра 2: $m_2\vec{g} + \vec{F}_{A2} + \vec{T}_2 = 0$ в проекции на вертикальную ось $\rho_0 g \frac{1}{2}V = \rho_2 g V + T_2$.
4. Условие равновесия для нижнего цилиндра: $m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{T} = 0$ в проекции на вертикальную ось $\rho_0 g V = \rho g V - T$.
5. В соответствии с рисунком запишем соотношения между силами натяжения нитей: $T_2 = 2T_1$; $T = 2T_2 = 4T_1$.
6. Подставив в три верхних уравнений значения сил натяжения, выраженные через T_1 получим систему из трёх уравнений с тремя неизвестными (ρ_0 , ρ , T):

$$\begin{cases} \rho_0 g \frac{1}{2}V = \rho_1 g V + T_1 \\ \rho_0 g \frac{1}{2}V = \rho_2 g V + 2T_1 \\ \rho_0 g V = \rho g V - 4T_1 \end{cases}$$

7. Решение системы даёт следующие ответы: $\rho_0 = 4\rho_1 - 2\rho_2$ и $\rho = 8\rho_1 - 6\rho_2$.

Критерии оценивания

- За 1-й пункт - 2 балла
- За 2-й пункт - 1 балл
- За 3-й пункт 1 балл

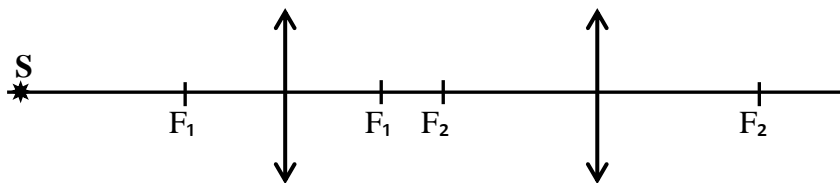
- За 4-й пункт - 1 балл
- За 5-й пункт - 2 балла
- За 6-й пункт - 1 балл
- За 7-й пункт - 2 балла

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача № 5. Две линзы

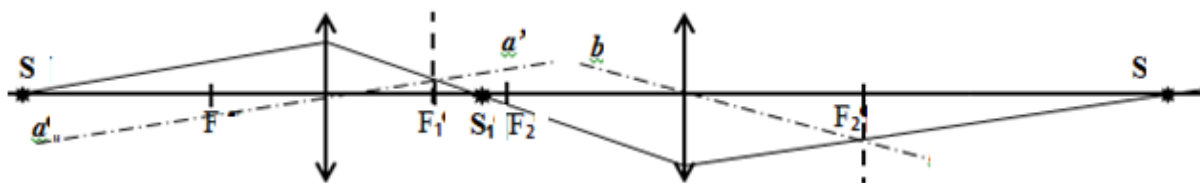
Две собирающие линзы, плоскости которых находятся на расстоянии $L > F_1 + F_2$, расположены на общей главной оси. На расстоянии $d_1 > 2F_1$ на главной оптической оси находится светящаяся точка **S** (см. рис.). Построить изображение точки **S** и рассчитать её положение на оси.

Для однозначности построения, пусть $L < 2F_1 + F_2$



Возможное решение

- Первый луч идущий от источника **S** пускаем по главной оси, а второй – под небольшим углом к ней (смотри рисунок). Для построения его хода, после преломления в линзе, проводим побочную ось **aa'** параллельно второму лучу. Второй луч и побочная ось пересекаются в фокальной плоскости (фокальная плоскость изображена на рисунке «пунктиром», перпендикулярным к главной оптической оси в точке фокуса F_1). Пересечение второго луча с главной оптической осью даст изображение источника S_1 . Этим определён ход второго луча до второй линзы.
- Аналогично строим с помощью побочной оси **bb'** и фокальной плоскости (фокальная плоскость изображена на рисунке «пунктиром», перпендикулярным к главной оптической оси в точке фокуса F_2) ход луча после преломления во второй линзе. Таким образом получаем изображение источника S_2 .



- Для расчета ее положения воспользуемся формальным приёмом: изображение S_1 даваемое первой линзой, можно рассматривать как предмет для построения во второй линзе.
- Применяя стандартные обозначения, для первой линзе получаем:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \text{ откуда } f_1 = \frac{F_1 d_1}{d_1 - F_1}$$

- Аналогично для второй линзы получаем $f_2 = \frac{F_2 d_2}{d_2 - F_2}$, где $d_2 = L - f_1$

Критерии оценивания

- За 1-й пункт - 3 балла
- За 2-й пункт - 2 балл
- За 3-й пункт - 2 балл
- За 4-й пункт - 2 балл

За 5-й пункт - 1 балл

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.