

Республиканская физическая олимпиада 2018 год.
(Заключительный этап)

Теоретический тур. Решения задач.

Решения задач.

Задание 9-1. Разминка

Задача 1. Блоки

1.1 Так как нить и блоки невесомы и трение отсутствует, то сила натяжения нити во всех точках одинакова. Поэтому выигрыш в силе равен числу нитей, которые поднимают груз (создают силу \vec{F}). Поэтому система блоков на рис. 1 дает выигрыш в силе в два раза $k_1 = \frac{F}{F_0} = 2$. Система

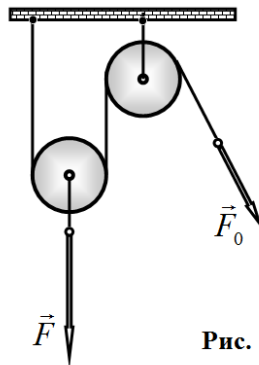


Рис. 1

блоков, изображенная на рис. 2 дает выигрыш в четыре раза $k_2 = \frac{F}{F_0} = 4$.

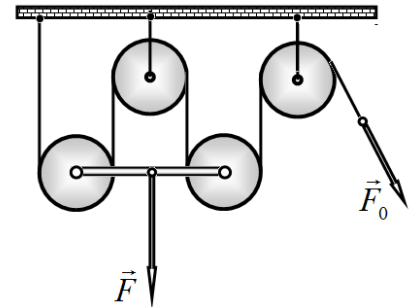
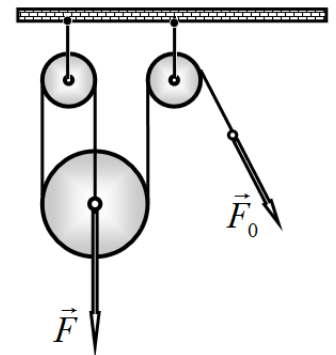


Рис. 2

Примечание. Это же решение можно обосновать ссылкой на закон сохранения энергии («золотой правило механики»).

1.2 Чтобы получить выигрыш в силе в три раза, подвижный блок необходимо подвесить на трех нитях. Например, так, как показано на рисунке.



Задача 2. Песочные часы.

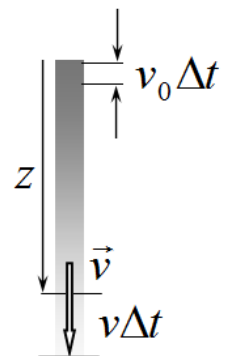
Число песчинок, пересекающих любое поперечное сечение струи (на любой высоте) в единицу времени, остается постоянным.

Рассмотрим малый промежуток времени Δt , настолько малый, что на этом промежутке можно пренебречь изменением скорости песчинок. За это время песчинки, находящиеся на расстоянии $v\Delta t$ выбранного поперечного сечения струи успеют пролететь через это сечение. Это число можно выразить через концентрацию песчинок n на выбранной высоте следующим образом

$$\Delta N = nSv\Delta t \quad (1)$$

С другой стороны это же число равно числу песчинок высыпавшихся из отверстия

$$\Delta N = N\Delta t \quad (2)$$



Из этих выражений следует, что концентрация песчинок на высоте z от отверстия описывается формулой

$$n = \frac{N}{Sv(z)}, \quad (3)$$

Где $v(z)$ - скорость песчинок на расстоянии z от отверстия. Зависимость скорости от координаты может быть найдена различными способами, например, с использованием кинематической формулы

$$z = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + 2gz}. \quad (4)$$

Тогда зависимость концентрации от высоты будет иметь вид

$$n = \frac{N}{S\sqrt{v_0^2 + 2gz}}. \quad (5)$$

Масса песка в воздухе может быть найдена простым способом. Так как время падения песчинок равно

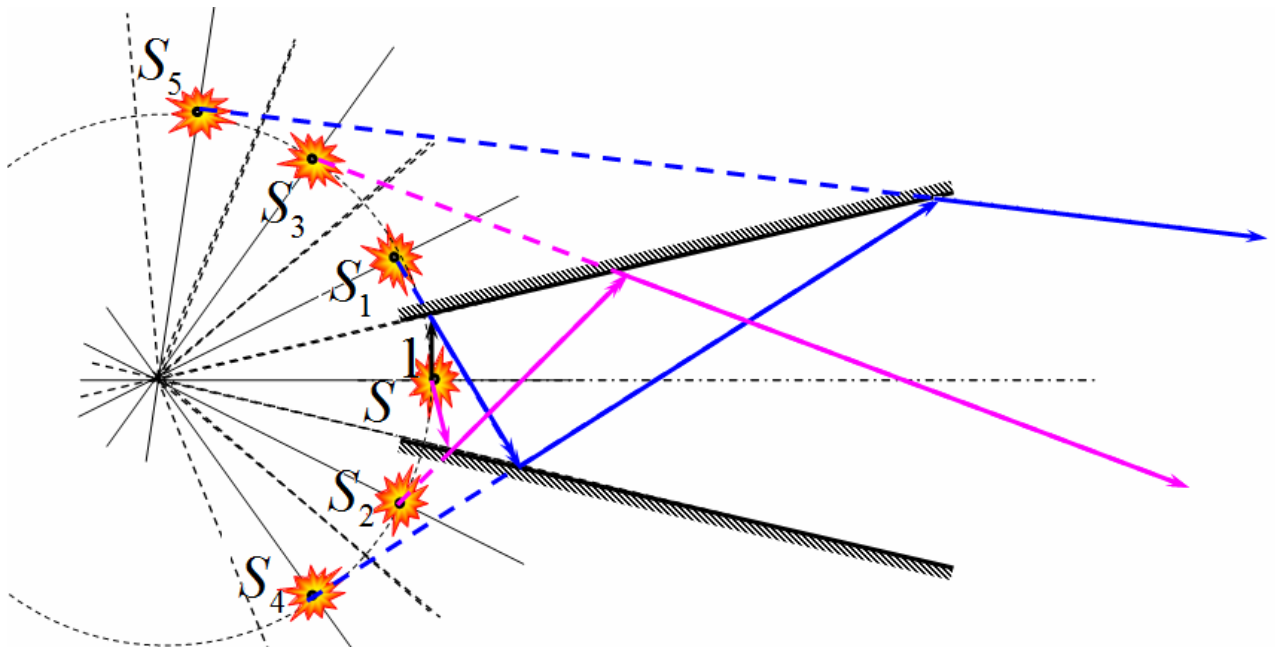
$$L = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2L}{g}}, \quad (6)$$

То масса струи равна массе песчинок, выпавших из отверстия за это время

$$m = m_0 N t = m_0 N \sqrt{\frac{2L}{g}}. \quad (7)$$

Задача 3 Зеркала

Построения хода лучей удобно проводить, предварительно построив мнимые изображения источника в зеркалах. Не сложно увидеть, что все эти источники будут находиться на окружности с центром в точке пересечения продолжений зеркал.



Рассмотрим построение хода луча 1. Луч 1 после попадания на верхнее зеркало, отражается так, что продолжение этого луча проходит чрез изображение S_1 (это изображение описывает лучи, отраженные от верхнего зеркала). После попадания на нижнее зеркало луч отражается от него, продолжение луча проходит через изображение S_4 . Наконец

еще одно отражение от верхнего зеркала дает луч, продолжение которого проходит через изображение S_5 . Ход второго луча строится аналогично – он также показан на рисунке.