

Как вытащить автомобиль и не порвать струну

По материалам книг Я.И. Перельман «Знаете ли вы физику»,
 Н.В. Гулиа «Физика: Парадоксальная механика в вопросах и ответах» и
 Б.Ф. Билимович «Физические викторины в средней школе».

Вопрос. Как, используя простые технические средства, например трос, получить весьма большие силы, необходимые для вытаскивания завязшего (или попавшего в выбоину) автомобиля?

Ответ. Лучше, если трос будет металлическим, т. е. по возможности малорастяжимым. Подойдёт и прочная металлическая цепь. Трос, цепь или аналогичная гибкая связь должна быть достаточно длинной – необходимость этого будет понятна из постановки опыта (рис. 1).

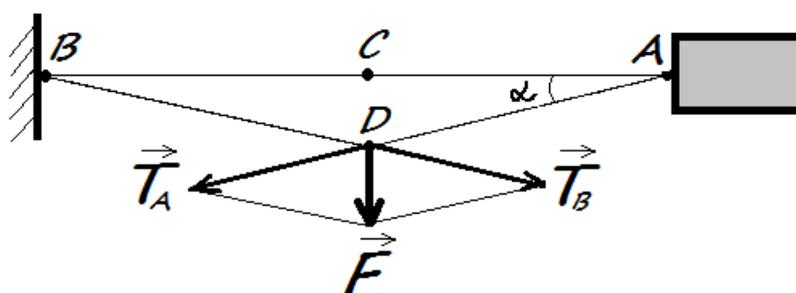


Рис. 1. Схема опыта с натянутым тросом (вид сверху).

Закрепим один конец троса на предмете, который хотим вытащить, например, на крюке A автомобиля. Другой конец троса фиксируем на явно прочной опоре B – толстом дереве, пне, крюке в стене и т. д. Натягиваем трос как можно сильнее, затем берёмся за середину его и рывком тянем в поперечном направлении (вектор F). Возникающие при этом силы показаны на рисунке.

Сила F тяги человека раскладывается на две: T_A и T_B , равные по величине и направленные вдоль верёвки. Сила T_B тянет опору (дерево, пень и т.п.) и, если она достаточно крепка, компенсируется её сопротивлением. Сила же T_A увлекает автомобиль, и так как она значительно больше, чем F , то может извлечь машину.

Если угол между прямой AB и тросом равен α , то усилие T в тросе, действующее на крюк A , равно:

$$T_A = T_B = T = F / 2 \sin \alpha ,$$

где $\sin \alpha \approx \alpha$ при малых значениях угла α (в радианах).

Из формулы видно, что выигрыш силы тем больше, чем меньше угол α , т.е. чем сильнее натянут трос.

Если длина троса, например, 50 м, а мы поперечной силой F оттянули его от первоначального направления на 0,5 м, то угол α равен 0,5/25, т. е. 0,02 радиана или около 1 градуса. Тогда, если сила F была равна 200 Н, что не так уж много, то усилие T составит около 5 кН. Такой силой можно вытащить завязший легковой автомобиль без помощи трактора. Для практических целей напомним, что после каждого движения автомобиля вперед, нужно подкладывать под колеса упоры (бревна, камни и т. д.), чтобы автомобиль не откатился назад, а трос необходимо снова натянуть для последующего нового рывка.

Этим же объясняется то, что гитарист может достаточно легко порвать натянутую струну, если будет оттягивать её за середину вбок даже с небольшой силой. Попробовал

бы он порвать её, просто растягивая руками!

В подтверждение сказанного желающие могут провести соответствующий опыт.

К концу, расположенной вертикально тонкой бечёвки подвесьте гирию, вес которой немного меньше предела прочности бечевы. Бечева останется целой. Затем натяните бечеву горизонтально и повторно подвесьте к её середине ту же гирию. Бечёвка при этом оборвётся, ведь гирия, подвешенная к середине бечевы, создаёт напряжение, превышающее предел её прочности.