При $F \le 2\mu mg$ движения нет.

Найдем критическое значение силы $F_{кр}$, при котором начнется проскальзывание большого груза. В этом случае сила трения между тележкой и большим грузом достигнет своего максимального значения $2\mu mg$. Проще всего записать уравнение для тележки:

$$2\mu mg - \mu mg = M\frac{F_{кр} - 2\mu mg}{M + 3m},$$

откуда

$$F_{кр} = 3\mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right).$$

Если $F > F_{кр}$, то оба груза проскальзывают. Обозначим ускорение большого груза b, тогда ускорение малого тоже равно b, но направлено в противоположную сторону. Запишем уравнения движения тележки, большого груза и малого груза соответственно:

$$2\mu mg - \mu mg = Ma,$$

$$F - T - 2\mu mg = 2mb,$$

$$T - \mu mg = mb.$$

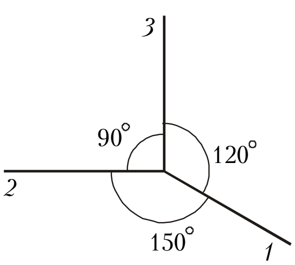
Решая эти уравнения, получим

$$a = \frac{\mu mg}{M},\ b = \frac{F - 3\mu mg}{3m}.$$

Р.Александров

Ф1765. *Пучок протонов направляется в камеру Вильсона. На одной из фотографий (цепочек капелек пара) зафиксирована картинка, на которой три отрезка прямых выходят из одной точки, отрезки составляют между собой углы 90°, 120° и 150°. Картинка соответствует акту упругого столкновения протона с одним из неподвижных ядер. Установите по фотографии, что это может быть за ядро.*

Очевидно, что одна из линий соответствует траектории протона, влетевшего в камеру Вильсона. Обозначим траектории заряженных частиц номерами *1, 2, 3* (см. рисунок). Поскольку удар протона и неизвестного ядра абсолютно упругий, до и после удара сохраняются неизменными суммарный импульс протона и ядра и их суммарная кинетическая энергия.



Предположим, что линия *1* – это траектория налетающего протона. Этот случай самый простой: после удара протон и ядро разлетелись под углом 90°; значит, масса ядра равна массе протона, т.е. произошло столкновение двух протонов.

Второй вариант для анализа – когда линия *2* является траекторией налетевшего протона. Тогда линия *1 не может быть* траекторией этого протона после удара. Действительно, импульс системы должен сохраниться, а если линия *1* продолжает траекторию протона, то в этом случае для сохранения импульса нужно, чтобы скорость протона после удара стала больше, чем была до удара, что, естественно, невозможно.

Далее, проекции скоростей протона на направление, перпендикулярное линии *1*, до удара и после удара должны быть одинаковыми, а это возможно, если скорость протона после удара стала меньше, чем была до удара. Линия *3*, таким образом, *может быть* траекторией протона после удара. Легко показать, что в этом случае отношение массы ядра к массе протона равно 2. Следовательно, возможно, что на фотографии зарегистрирован акт столкновения протона с дейтроном.

Аналогичное рассуждение можно провести, если предположить, что линия *3* – это траектория налетающего протона. Тогда линия *1 не может быть* траекторией протона после удара, потому что в этом случае скорость протона после удара должна быть больше скорости до удара. Теперь кандидатом на продолжение траектории протона после удара является линия *2*, однако проекции скоростей протона на направление, перпендикулярное линии *1*, должны быть одинаковыми, но это возможно, только если скорость протона после удара больше скорости до удара. Таким образом, и линия *2* тоже *не может быть* продолжением траектории линии *3*.

Итак, возможны два варианта: а) произошло столкновение протона с протоном; б) произошло столкновение протона с дейтроном.

С.Варламов

Ф1766. *Из четырех одинаковых гладких легких стержней длиной L каждый, скрепленных концами шарнирно, сделан ромб (рис.1). Один из шарниров (верхний) закреплен, однородный цилиндр, помещенный внутрь ромба, находится в равновесии, верхние два стержня составляют при этом угол 2α. Найдите по этим данным диаметр цилиндра.*

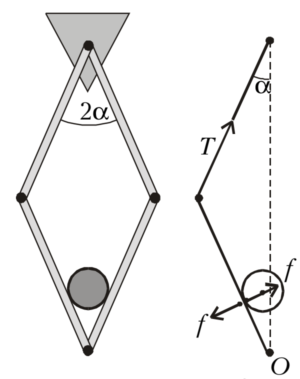


Рис.1 Рис.2

Запишем условие равновесия цилиндра (рис.2):

$$2f\sin\alpha = Mg,$$

условие равновесия «нижней» части системы:

$$2T\cos\alpha = Mg,$$

равенство моментов сил относительно точки O для нижнего стержня:

$$LT\cos\left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha\right) = \frac{r}{\operatorname{tg}\alpha}f$$

и найдем отсюда радиус цилиндра:

$$r = \frac{2L\sin^3\alpha}{\cos\alpha}.$$

Еще нужно проверить выполнение условия $r \le L\sin 2\alpha$. Это приводит к условию $\alpha \le 45^\circ$, что, конечно, выполняется.

А.Зильберман

Ф1767. *Два одинаковых кубика с помощью шарниров соединены двумя невесомыми и абсолютно твердыми стержнями (рис.1). К середине одного из стержней перпендикулярно ему приложена сила $\vec{F}$. С какими силами действуют стержни на кубик в местах прикрепления шарниров 1 и 2?*

Тот же вопрос для случая, когда стержни имеют такую же массу, как и кубики.

Будем считать, что кубики находятся на гладком горизонтальном столе, а сила $\vec{F}$ горизонтальна.