

Статика

Выполнили: Учащиеся лицея №38 группы
№11

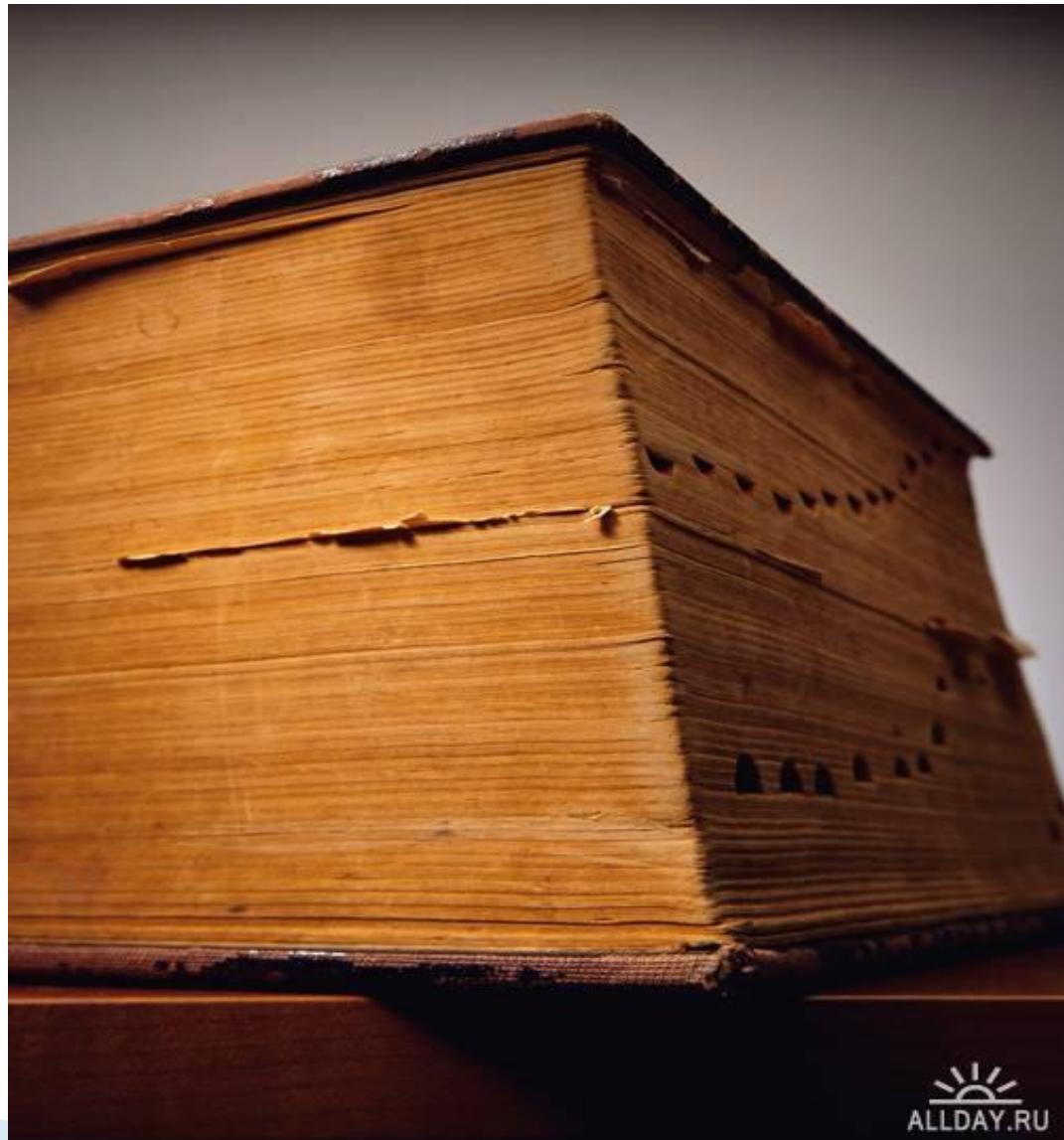
Руководитель: учитель физики высшей
категории лицея № 38 Балакин М.А.

г. Нижний Новгород
2009 г.

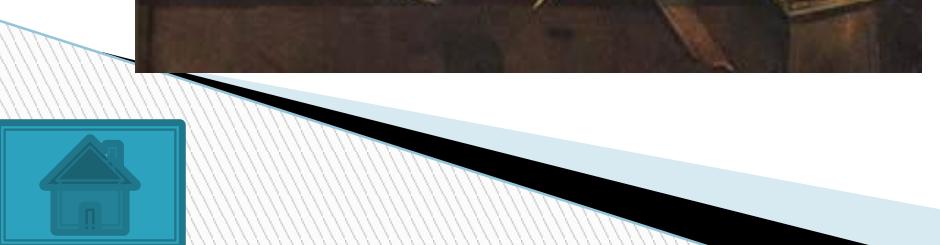
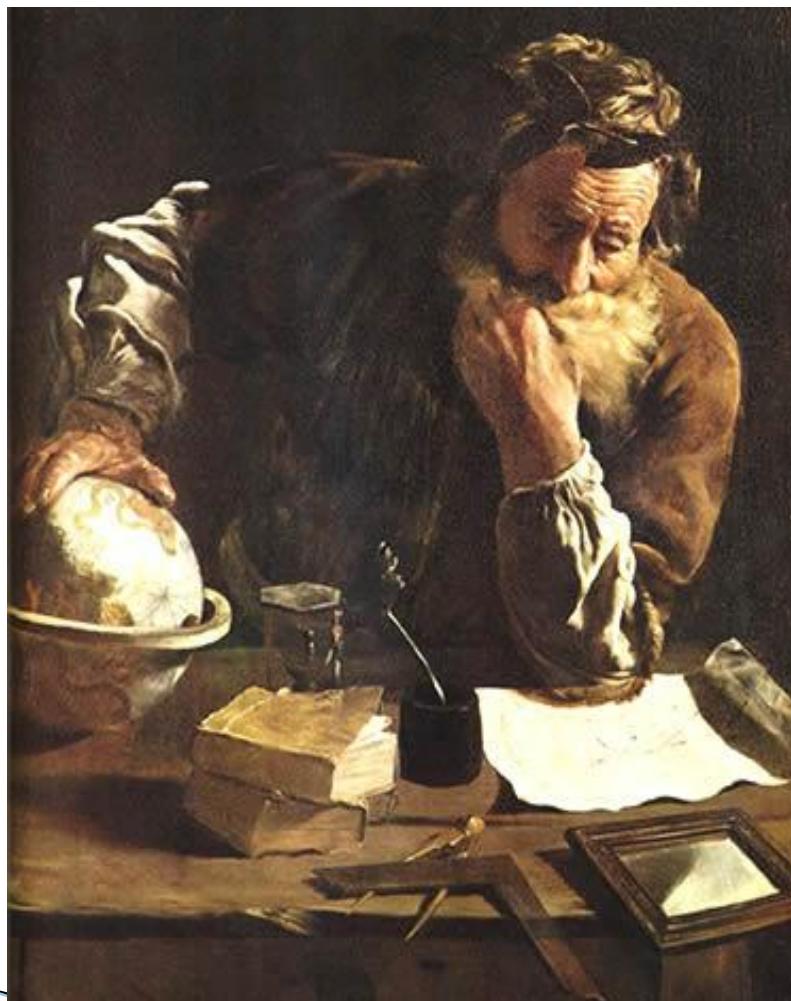
Оглавление

- Теория
- Задачи
- Эксперименты

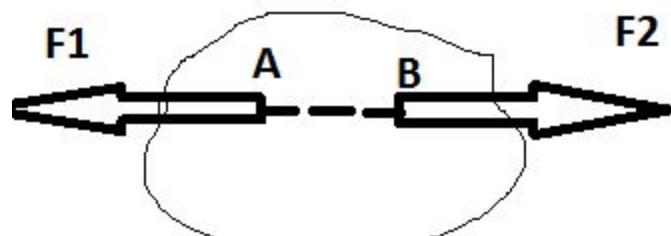
Теория



Историческая справка



Аксиомы Статики



3.1

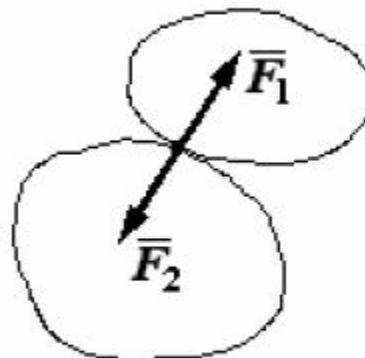
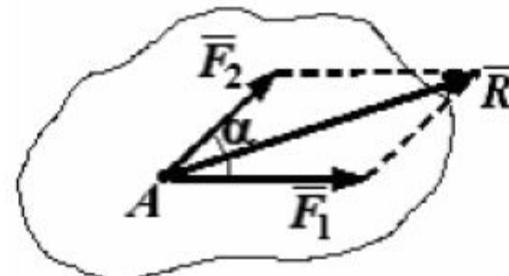


Рис. 3.3.



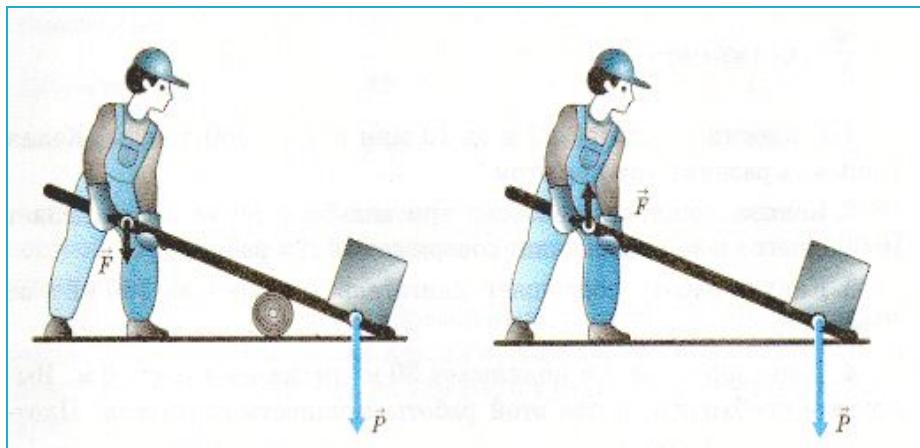
3.2

$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2$$

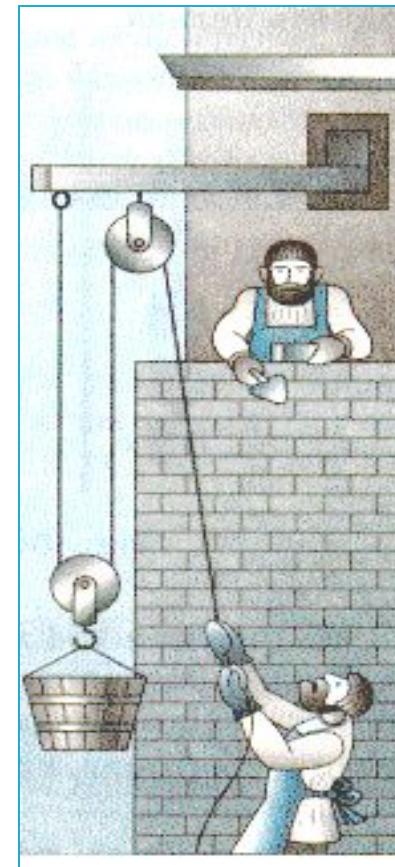
Рычаги

1 рода

2 рода

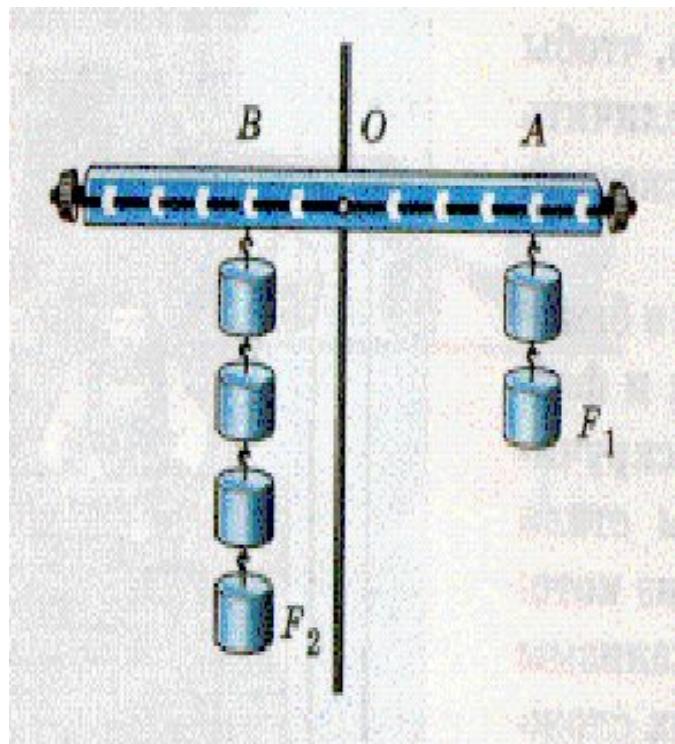


Блоки



Момент сил

Условие равновесия рычага

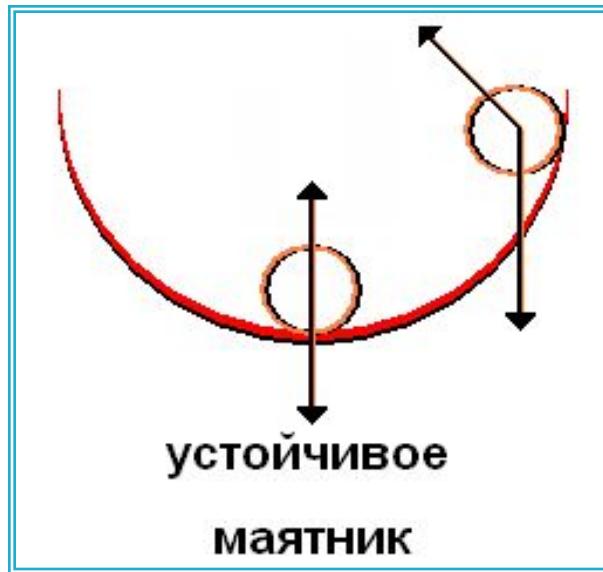


2 блок конспекта



Виды равновесий

Устойчивое

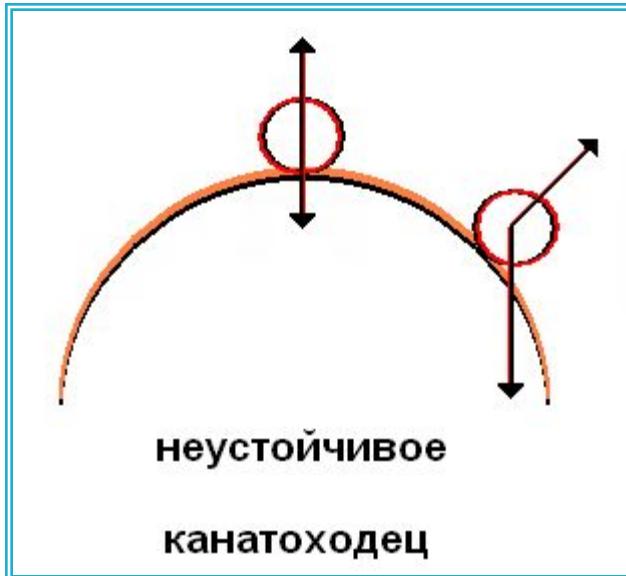


Пример устойчивого
равновесия

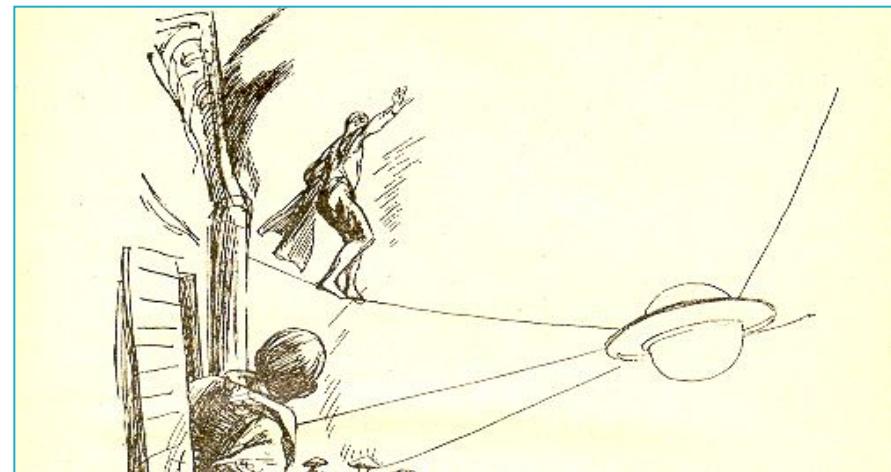


Виды равновесий

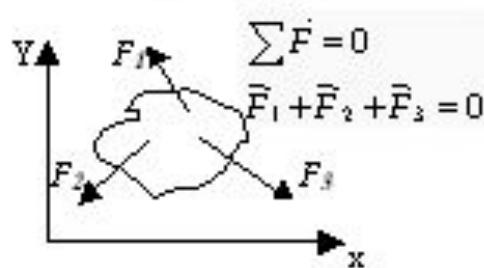
Неустойчивое



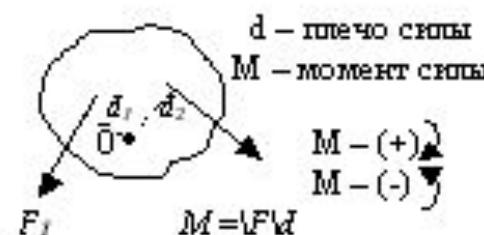
Пример неустойчивого равновесия



Нет вращения



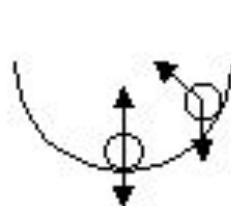
Ось закреплена



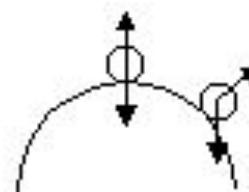
Общий случай: $\sum \vec{F} = 0$

$\sum M = 0$

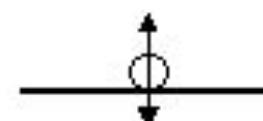
качели



устойчивое
маятник



неустойчивое
канатоходец



Безразличное
колесо

Равновесие на опорах



S опоры – max
останкинская башня
 $h_{\text{опт.}} - \min$
гонокольные машины



отвес из
ц. т.
через S
опоры



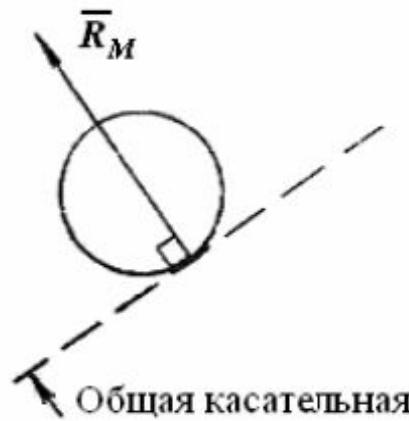
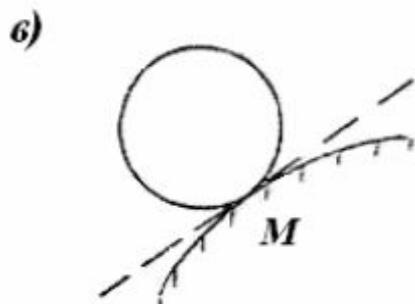
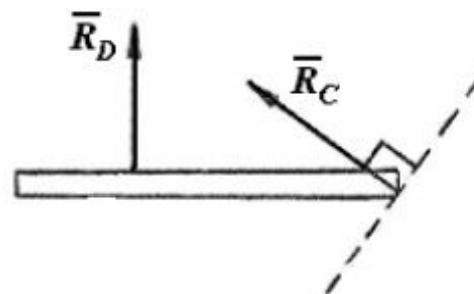
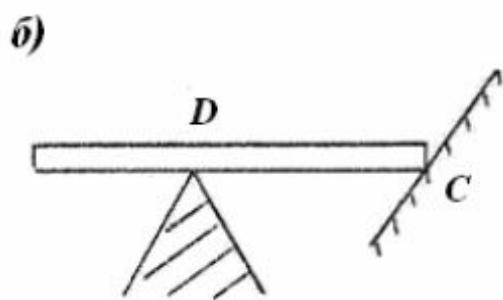
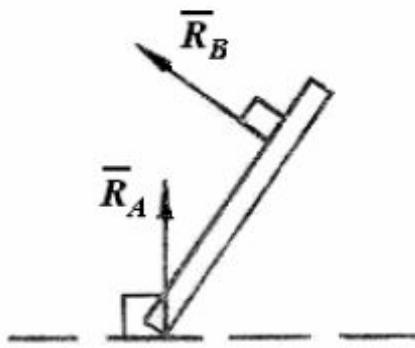
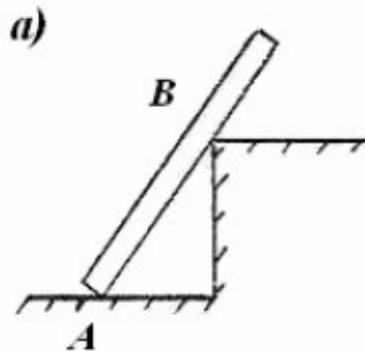
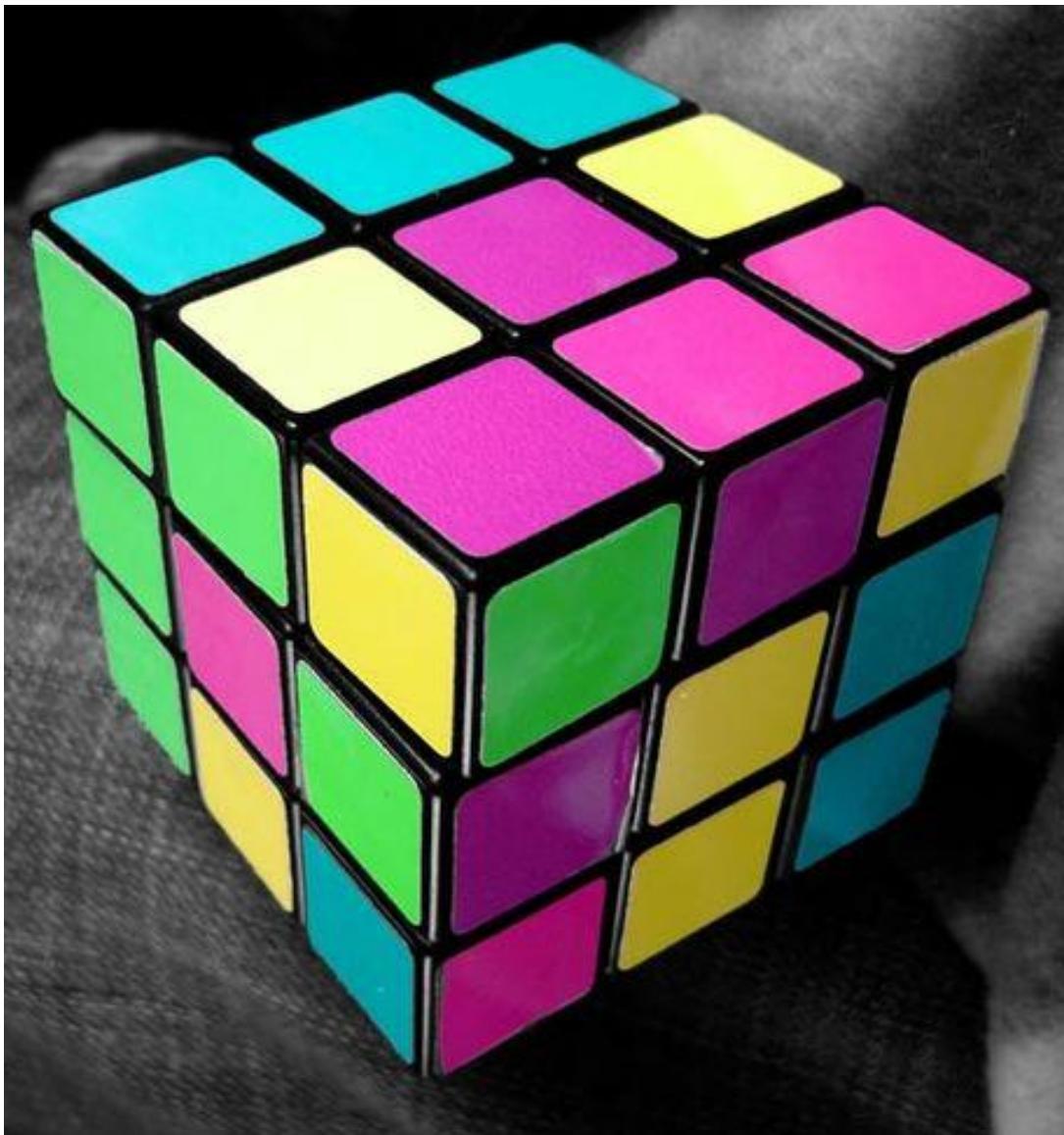


Рис. 5.4

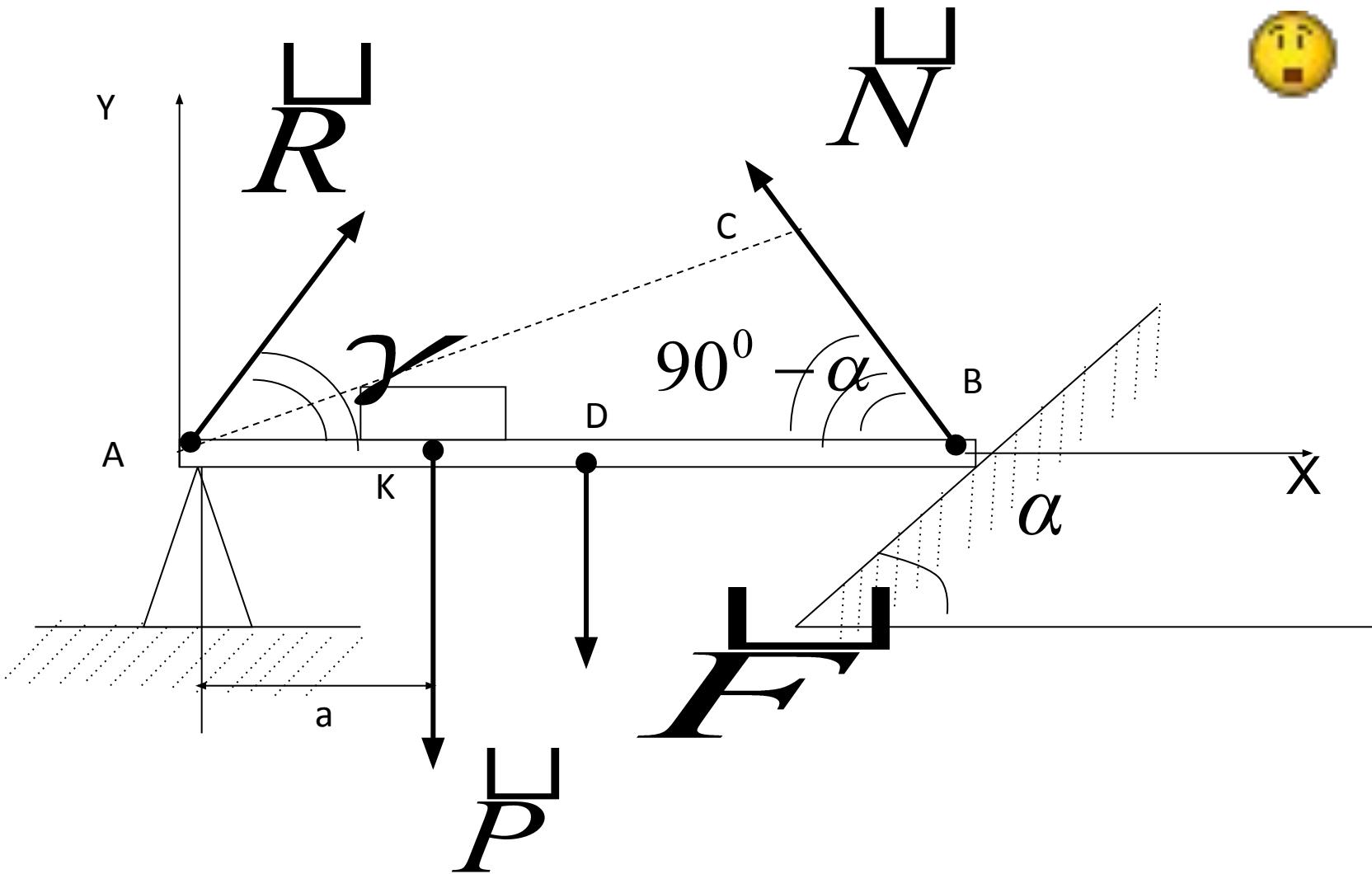
ЗАДАЧИ



Задача № 3

Однородная балка, длиной $2l$ и массой m , расположенная горизонтально, одним концом шарнирно закреплена в точке А. Другой конец балки опирается в точке В на гладкую плоскость, наклонённую под углом α . На балке на расстоянии a от шарнира А расположен груз массой m^1 . Найдите силы реакции шарнира и плоскости. Трение в шарнире отсутствует.





Решение

Т.к. балка в равновесии, то сумма моментов сил относительно шарнира равна нулю:

$$M_N + M_F + M_P + M_R = 0$$

Найдём плечи сил:

$$d_N = AC = 2l \sin(90^\circ - \alpha) = 2l \cos\alpha - \text{плечо силы } N,$$

$$d_F = AD = l - \text{плечо силы } F,$$

$$d_P = AK = a - \text{плечо силы } P,$$

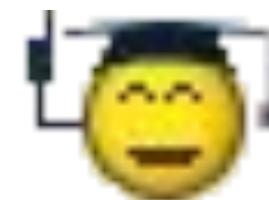
$d_R = 0$ – т.к. сила приложена в шарнире и проходит через ось.

Тогда, уравнение моментов:

$$N * 2l \cos\alpha - mgl - m_1ga = 0.$$

Отсюда:

$$N = \frac{g(ml + m_1a)}{2l \cos\alpha}$$



Для нахождения силы реакции шарнира
воспользуемся первым условием равновесия:

$$R + N + F + P = 0.$$

Проекции на оси X и Y :

$$R_X - N \sin \alpha = 0,$$

$$R_Y + N \cos \alpha - mg - m_1 g = 0.$$

Отсюда :

$$R_X = N \sin \alpha = \frac{g(ml + m_1 a)}{2l} \operatorname{tg} \alpha,$$

$$R_Y = g(m_1 + m) - \frac{g(ml + m_1 a)}{2l} = \frac{g}{2l} [ml + m_1(2l - a)]$$

Модуль силы реакции шарнира равен :

$$R = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2}.$$

С осью X вектор силы R образует угол γ ,

косинус которого определяется выражением :

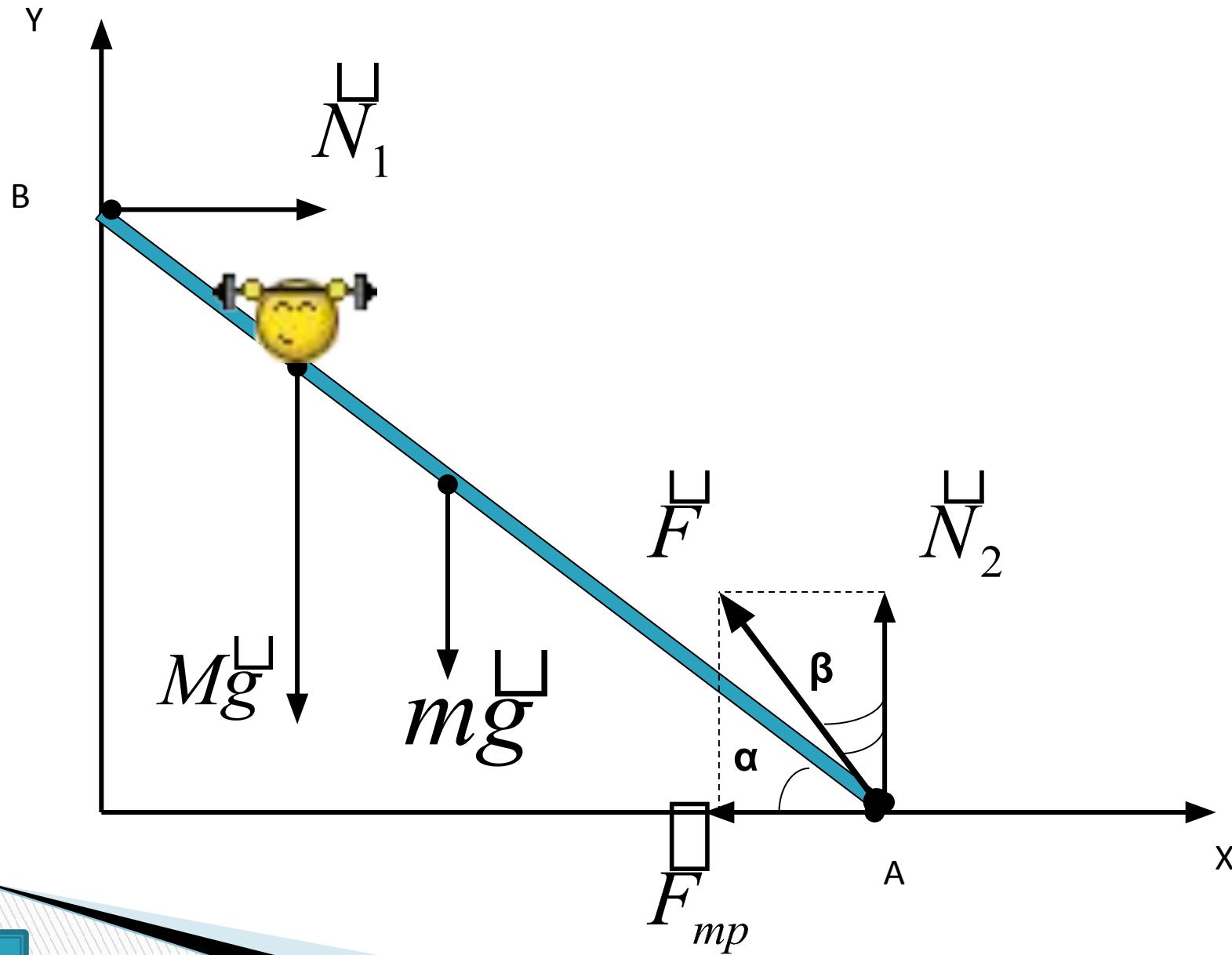
$$\cos \gamma = \frac{R_X}{R}.$$



Задача № 4

Лестница длиной $l = 3$ м стоит, упираясь верхним закруглённым концом в гладкую стену, а нижним в пол. Угол наклона лестницы к горизонту $\alpha = 60^\circ$, её масса $m=15$ кг. На лестнице на расстоянии $a=1$ м от её верхнего конца стоит человек массой $M = 60$ кг. С какой силой давит пол на нижний конец лестницы и как направлена эта сила?





Решение

Запишем уравнения равновесия:

$$Ox : F_{mp} + N_1 = 0,$$

$$Oy : Mg + mg - N_2 = 0,$$

Моменты сил относитель но точки A :

$$mg\left(\frac{l}{2}\right)\cos \alpha + Mg(l-a)\cos \alpha - N_1l \sin \alpha = 0.$$

Решая систему, найдём :

$$F_{mp} = \left(\frac{m}{2} + \frac{2M}{3}\right)g \operatorname{ctg} \alpha = 275 \text{ H},$$

$$N_2 = (M+m)g = 750 \text{ H}.$$

Лестница давит на пол с силой $F = (F_{mp}^2 + N_2^2)^{\frac{1}{2}} = 800 \text{ H}$.

Эта сила направлена к вертикале под углом

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{F_{mp}}{N_2} \right) \approx 20^0$$



Задача № 8

Пять шаров, вес которых равен соответственно P , $2P$, $3P$, $4P$ и $5P$, укреплены на стержне так, что их центры находятся на расстоянии L друг от друга. Пренебрегая весом стержня, найти центр тяжести системы.

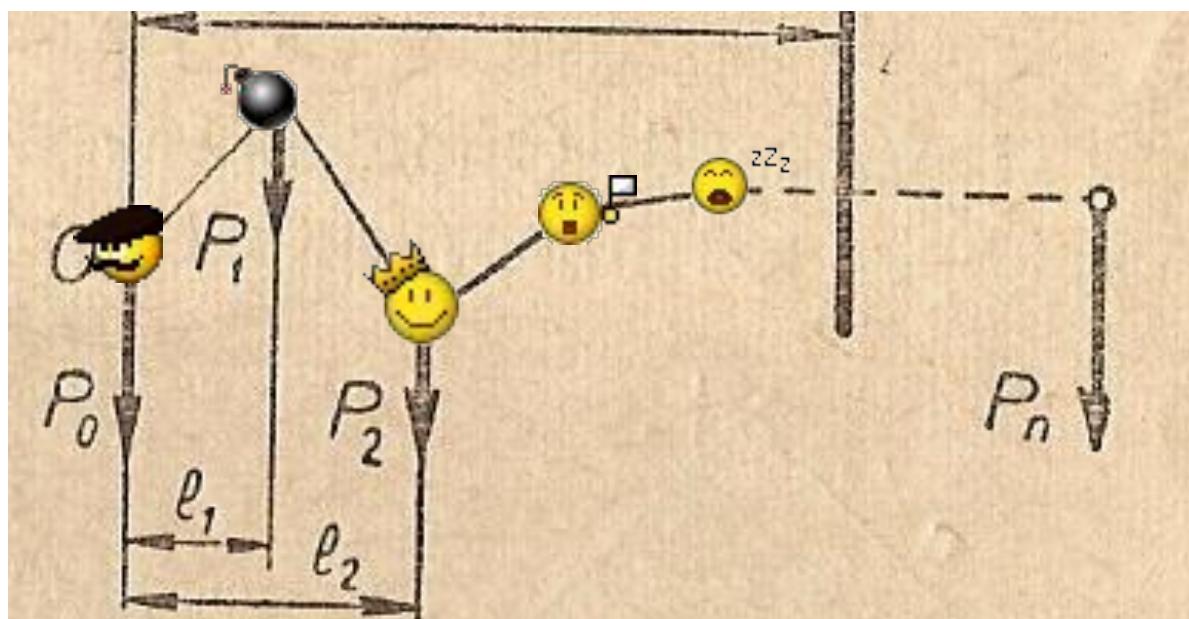


Рис. 54

Решение

Искомое расстояние от точки О до силы F можно найти из уравнения моментов сил относительно точки О:

$$P_0 \cdot O + P_1 l_1 + \dots + P_n l_n - Fx = 0$$

Где l_1, l_2 и т.д. - плечи сил относительно центра тяжести левого груза P_0



Решение

Выразим x:

$$x = \frac{P_1 l_2 + P_2 l_2 + \dots + P_n l_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}$$



Мы нашли основную формулу. Теперь можно решать задачу:

$$F = P + 2P + 3P + 4P + 5P$$

Плечи сил относительно точки О равны соответственно 0, l , $2l$, $3l$, $4l$.

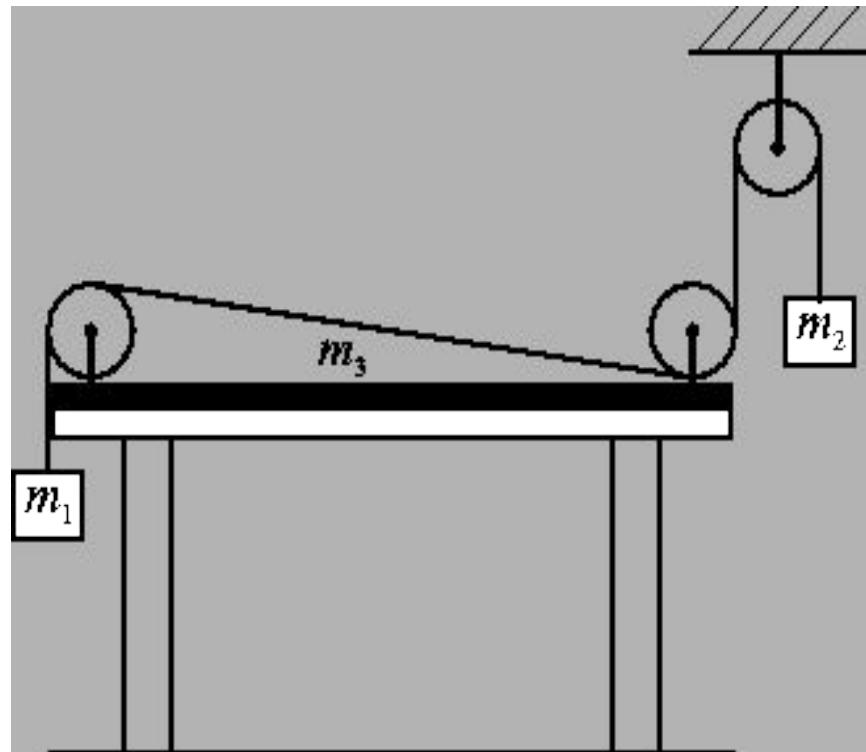
Определяем положение центра тяжести:

$$x = \frac{2Pl + 3P * 2l + 4P * 3l + 5P * 4l}{P + 2P + 3P + 4P + 5P} = \frac{8}{3}l$$



Задача № 10

В системе, изображённой на рисунке, нить невесома и нерастяжима, блоки невесомы, трения нет. Массы грузов на концах нити равны m_1 и m_2 , однородная доска массой m_3 лежит на горизонтальном столе так, что вертикальные участки нити, переброшенной через закреплённые на доске блоки, проходят вдоль её торцов. При каком условии доска при движении грузов будет оставаться в горизонтальном положении?



Решение:

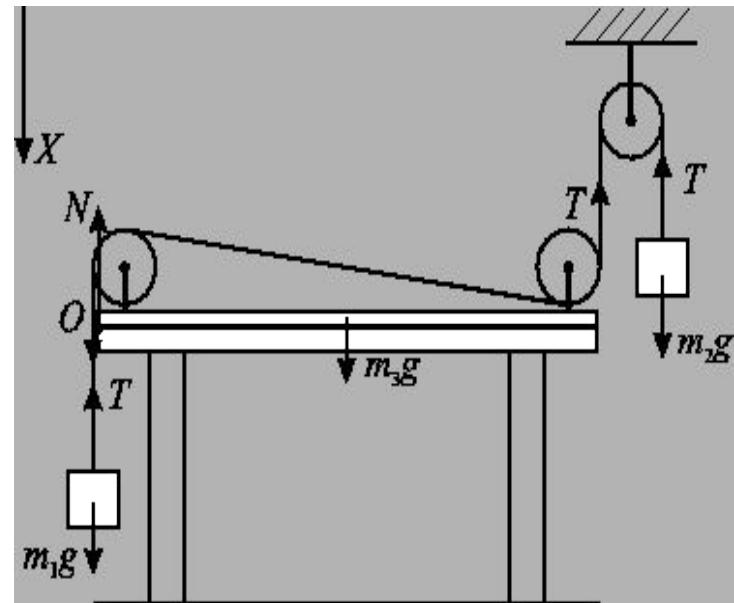
L =длина доски

T =сила натяжения (она одна и та же, т.к. нить не растягима и блоки невесомы).

доска покоится $\Rightarrow M_{mg}$ относительно точки O будет больше, чем M_T , то есть

$$(L/2) m_3 g > T L, \text{ или } T < (m_3/2) g$$

Горизонтальных сил нет, так что при движении грузов, система остается неподвижной.



ОХ: $m_1 a_1 = m_1 g - T, \quad m_2 a_2 = m_2 g - T.$
 $a_1 = -a_2$, Т.К. нить нерастяжима

Отсюда: $a_1 = g - \frac{T}{m_1}, \quad a_2 = g - \frac{T}{m_2}, \quad T = \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) 2g.$

$$T = (2m_1 m_2 / (m_1 + m_2)) g$$
$$\frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \leq \frac{m_3}{2} g, \quad m_3 \geq \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

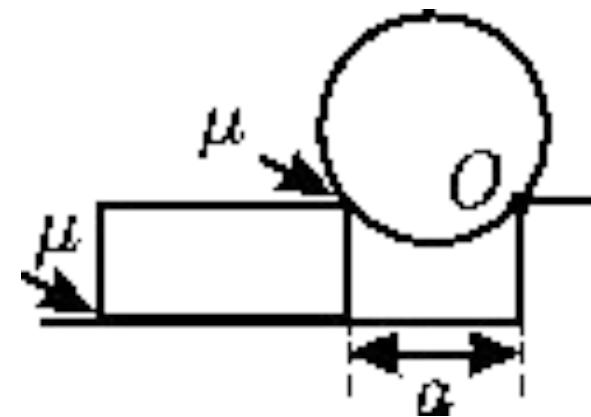
Ответ: $m_3 \geq \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2}$

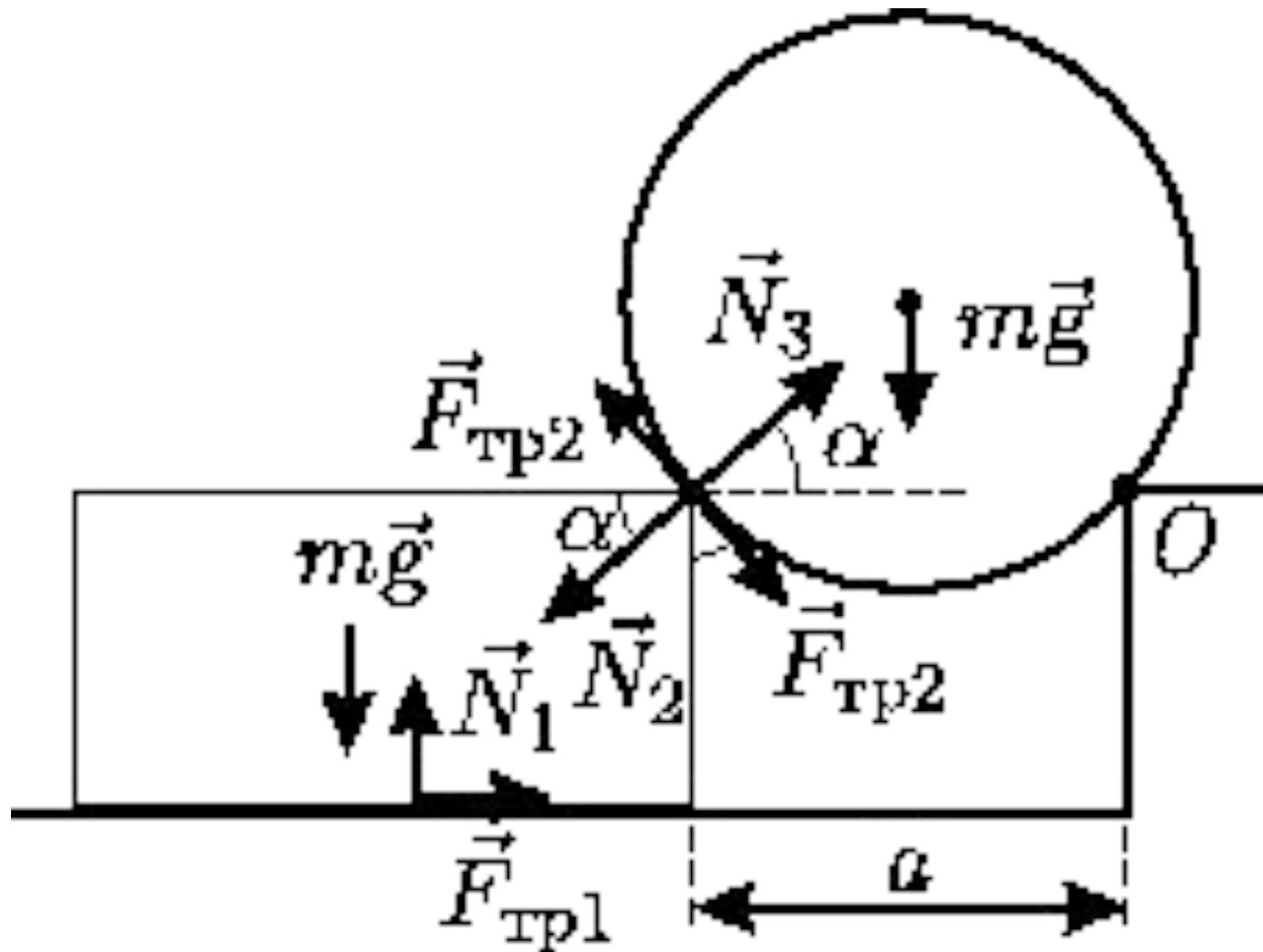


Задача № 11

На горизонтальной плоскости на расстоянии A от закрепленной ступеньки лежит брускок. Высоты ступеньки и бруска одинаковы. На ребро бруска, параллельное краю ступеньки, опирается цилиндр, который может без трения вращаться вокруг оси O , прикрепленной к краю ступеньки. Массы бруска и цилиндра равны. Если $\mu > \frac{R}{A}$, где R — радиус цилиндра, то брускок покойится, а если $\mu < \frac{R}{A}$, то брускок скользит, не отрываясь от плоскости.

Считая коэффициент трения μ между всеми трущимися поверхностями одинаковым, найти величину μ .





Решение:

При $\alpha \leq 2^{1/2}R$ угол α между нормальной составляющей силы \vec{N}_2 реакции цилиндра на брускок и горизонтом удовлетворяет условию:

$$\sin \alpha = \cos \alpha = 1/\sqrt{2}.$$

Поскольку при этом брускок еще остается неподвижным относительно инерциальной системы отсчета, то согласно второму закону Ньютона:

$$N_1 = mg + N_2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad \mu N_1 = N_2 (\cos \alpha - \mu \sin \alpha),$$
$$N_2 = \frac{\sqrt{2}\mu mg}{1 - 2\mu - \mu^2}.$$

Согласно правилу моментов, записанному относительно оси, на которой закреплен цилиндр, условие его равновесия можно представить в виде:

$$mga/2 = N_2 (R \sin 2\alpha + \mu a \cos \alpha).$$

С учетом ранее полученных соотношений из этого уравнения следует:

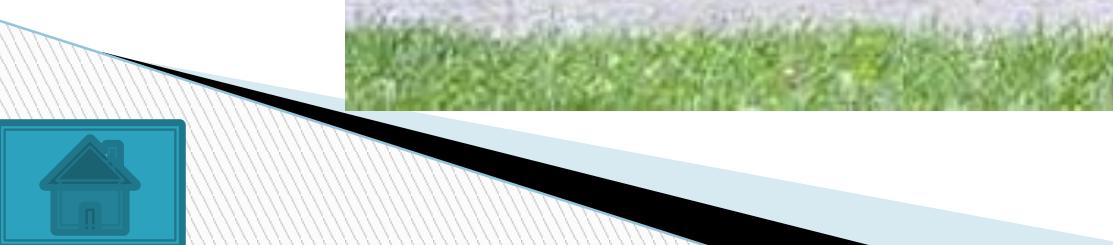
$$3\mu^2 + 4\mu - 1 = 0.$$

Берем лишь положительное значение:

$$\mu = \frac{\sqrt{7} - 2}{3} \approx 0,2.$$



Эксперименты



Моменты сил

Если тело может вращаться относительно некоторой оси, то для его равновесия недостаточно равенства нулю равнодействующей всех сил.

Вращающее действие силы зависит не только от ее величины, но и от расстояния между линией действия силы и осью вращения.

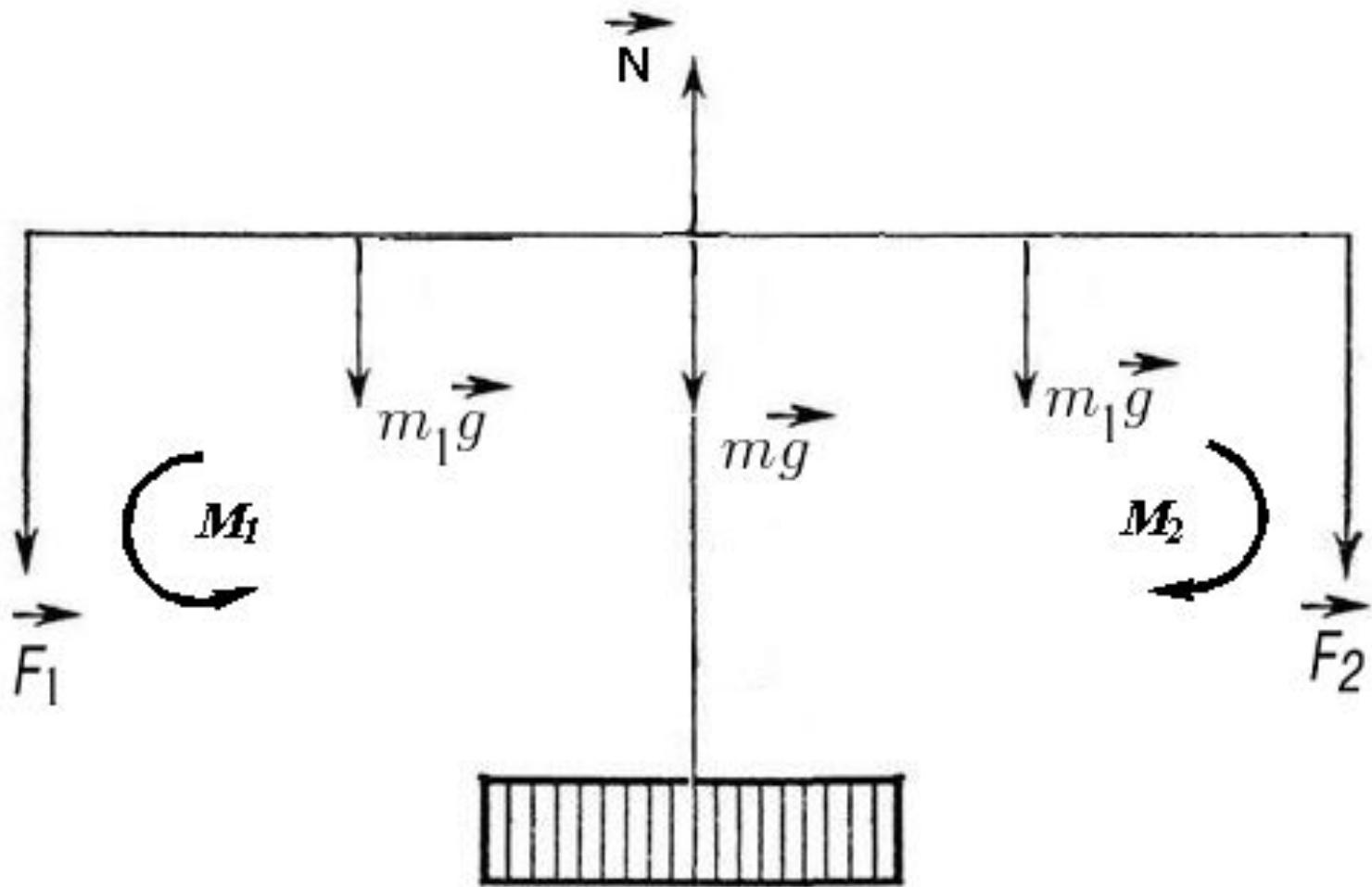
Длина перпендикуляра, проведенного от оси вращения до линии действия силы, называется плечом силы.



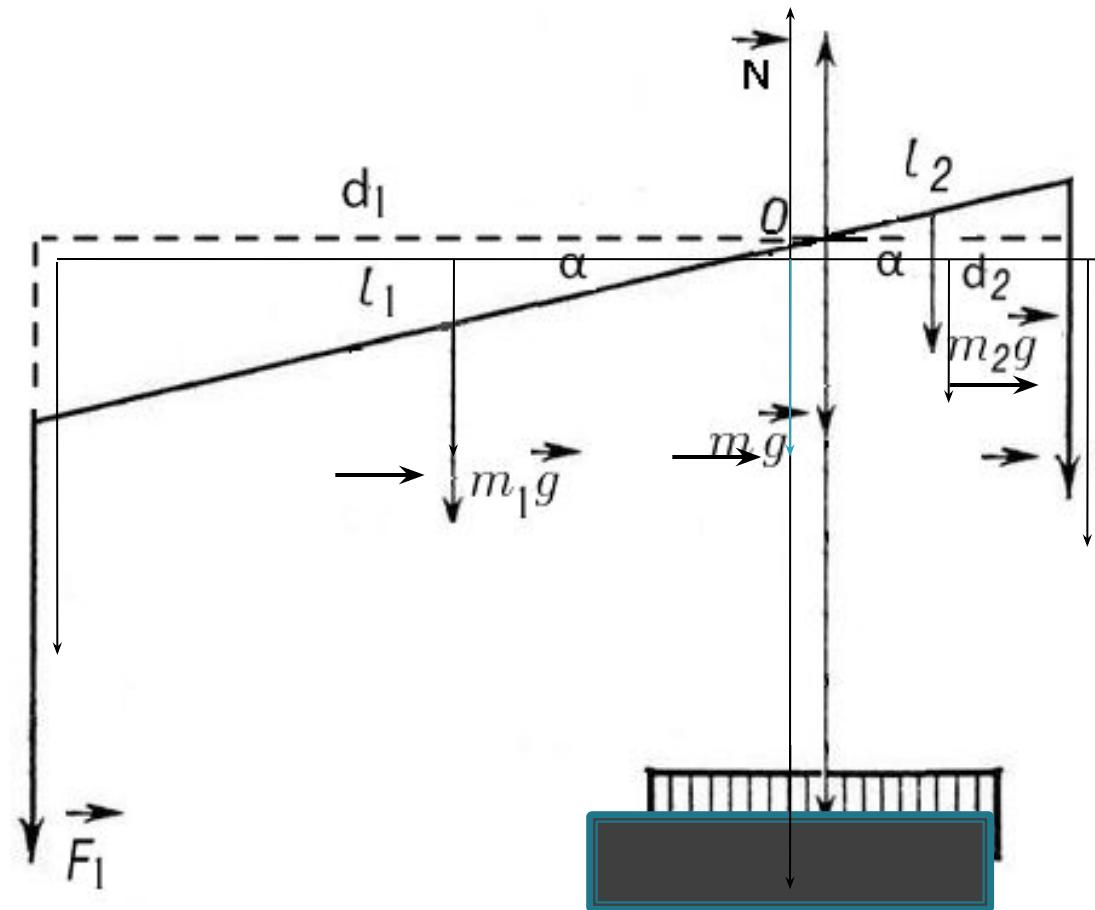
$$M = Fd$$

Положительными считаются моменты тех сил, которые стремятся повернуть тело против часовой стрелки.



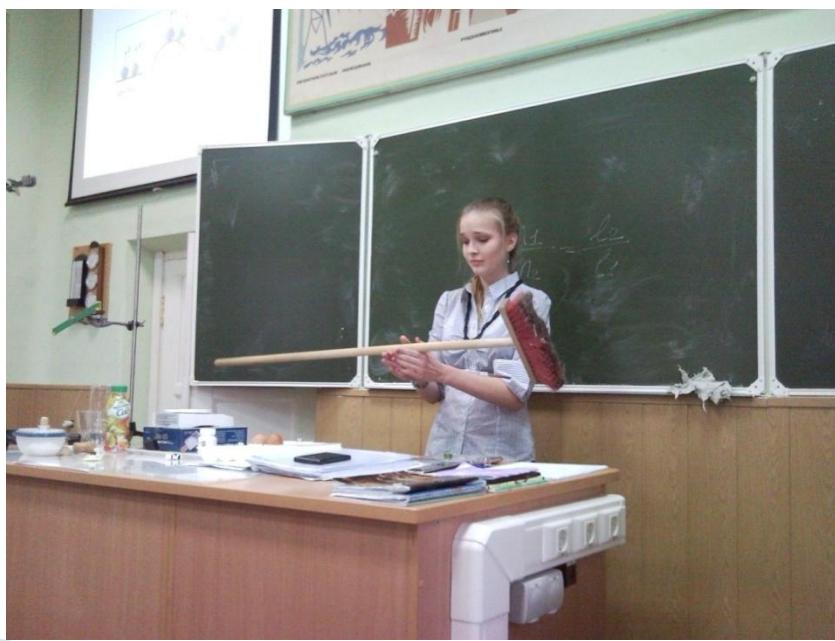


- Опыты показывают, что рычаг находится в равновесии, если суммы моментов сил, вращающих рычаг в противоположные стороны (против и по ходу часовой стрелки), равны друг другу.





В поисках
центра масс

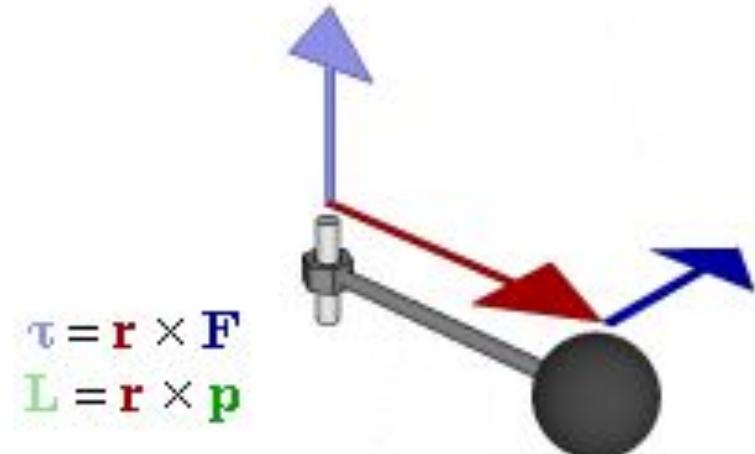


- Отношение между векторами силы, момента силы и импульса во вращающейся системе

$$\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F},$$

- Где \mathbf{F} — сила, действующая на частицу, а \mathbf{r} — радиус-вектор частицы.
- \mathbf{L} — момент импульса

$$\square \mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} = \mathbf{r} \cdot m \cdot \omega$$

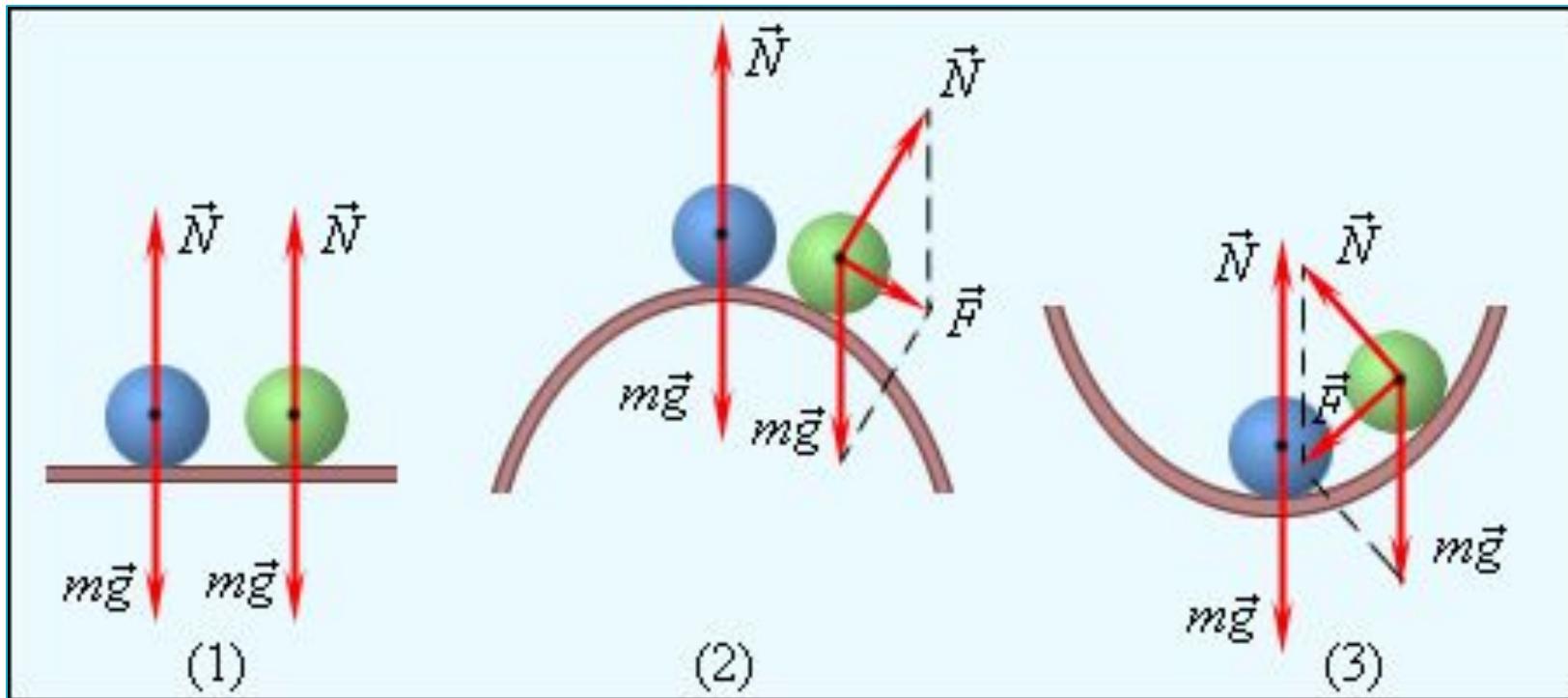


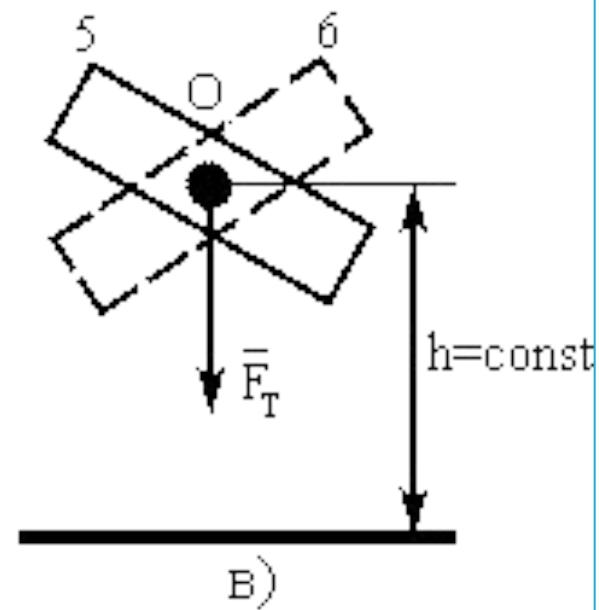
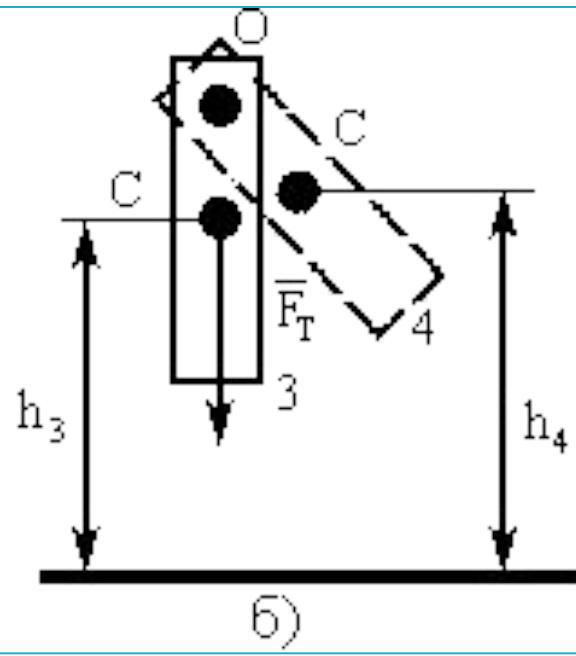
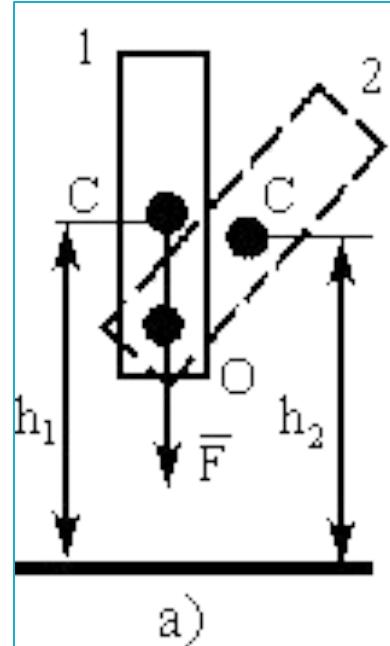
Изобретения Архимеда

- ✓ Блок
- ✓ Бесконечный винт
- ✓ Клин
- ✓ Лебёдка
- ✓ Рычаг



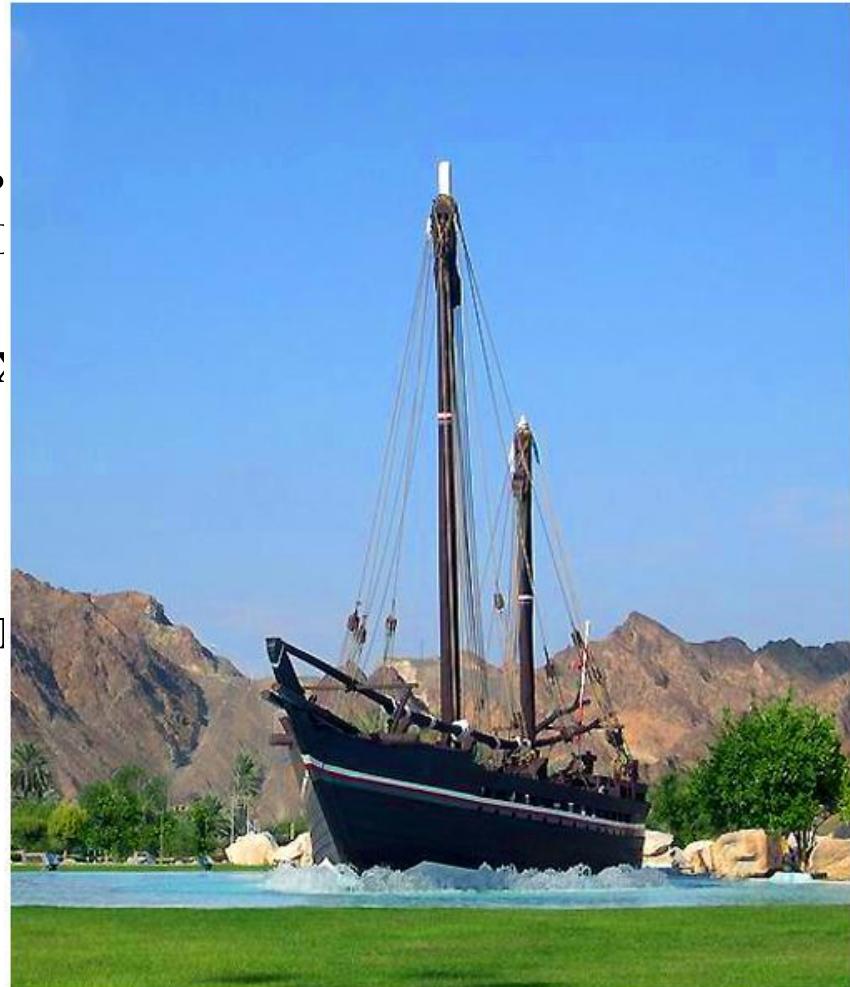
Равновесие и его виды





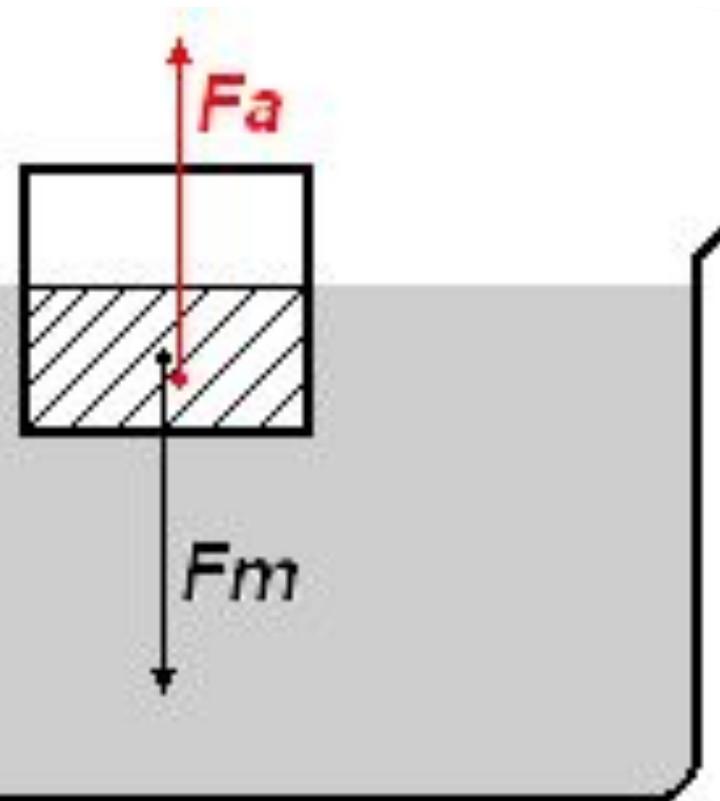
Гидростатика

- На тело, погруженное в жидкость действуют силы давления, которые зависят от глубины. На тело действует сила, равная сумме всех сил давления жидкости на поверхность данного тела.
- Эта результирующая сила называется **выталкивающей силой**.

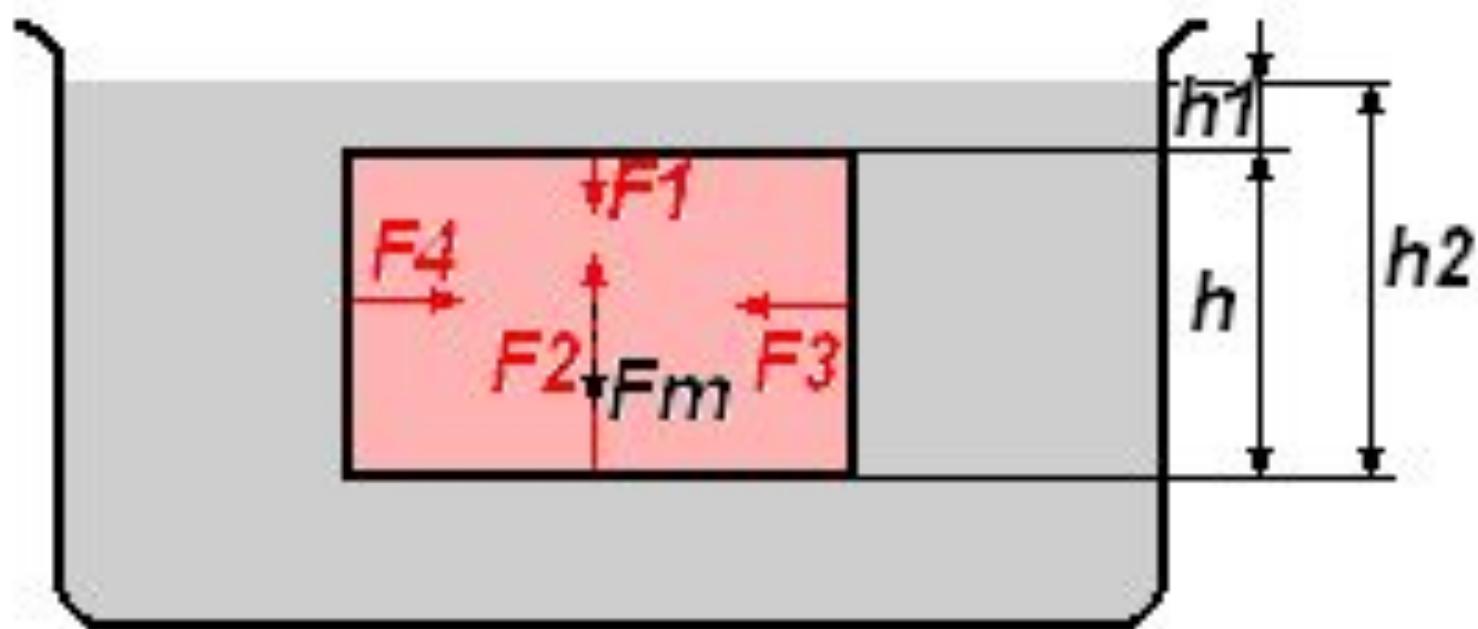




Тело, помещённое в воду, плавает, если сила Архимеда уравновешивает силу тяжести тела.

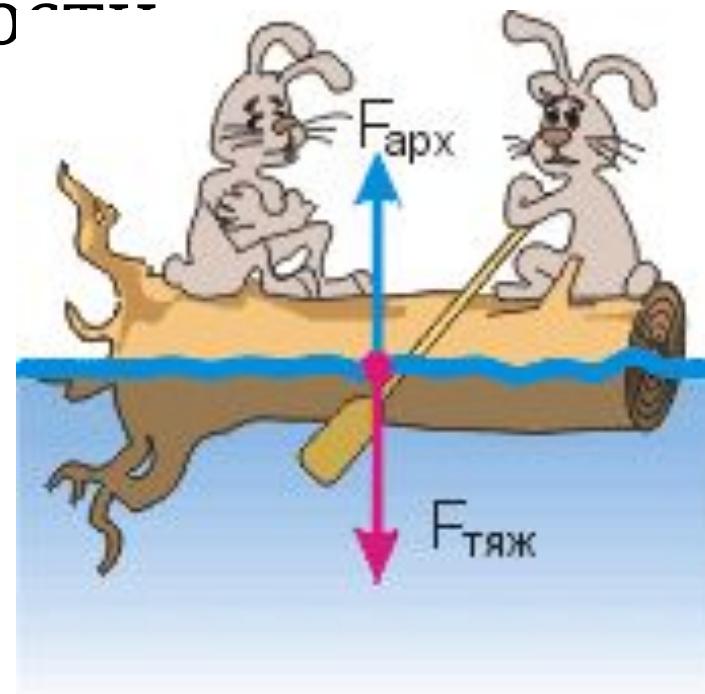


$$F_2 - F_1 = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g S \Delta h = \rho g V = mg$$



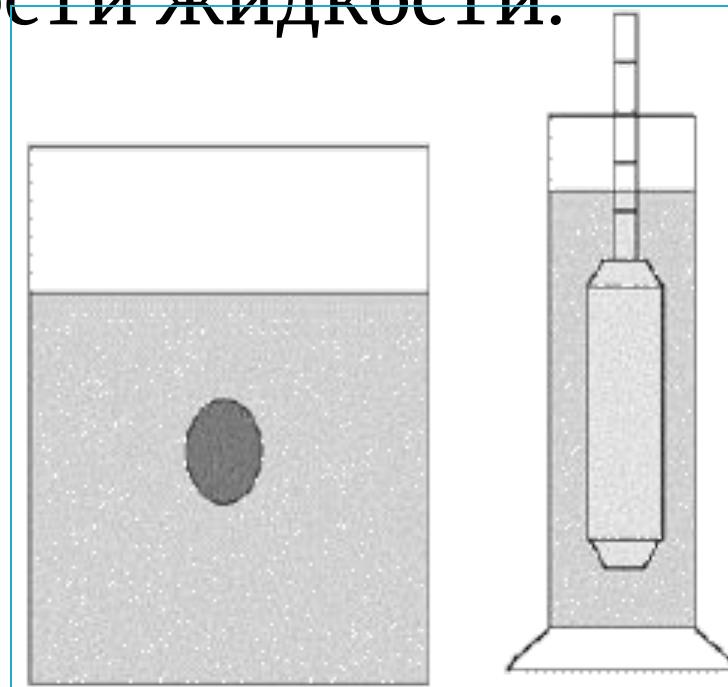
Условия плавания тела

- 1. Тело частично погружено в жидкость, если сила тяжести равна силе Архимеда, а средняя плотность тела меньше плотности жидкости



Условия плавания тела

- **2.** Тело находится в равновесии внутри жидкости, если сила тяжести равна силе Архимеда, а средняя плотность тела равна плотности жидкости.



Условия плавания тела

- 3. Тело тонет (находится на дне), если сила тяжести больше силы Архимеда, а средняя плотность тела больше плотности жидкости



Литература

- Физика: учеб. Для 10 кл. с углубл. Изучением физики; ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. – М. ; Просвещение, 2005. – 431 с.
- <http://termeh-sorokin.on.ufanet.ru/statika.htm>;
- Физика; 3800 задач для школьников и поступающих в ВУЗы. Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суров и др. – М.; Дрофа, 2000. – 672 л.
- <http://www.afportal.ru/physics/task/statics> ;



Спасибо за
внимание!

