Статика

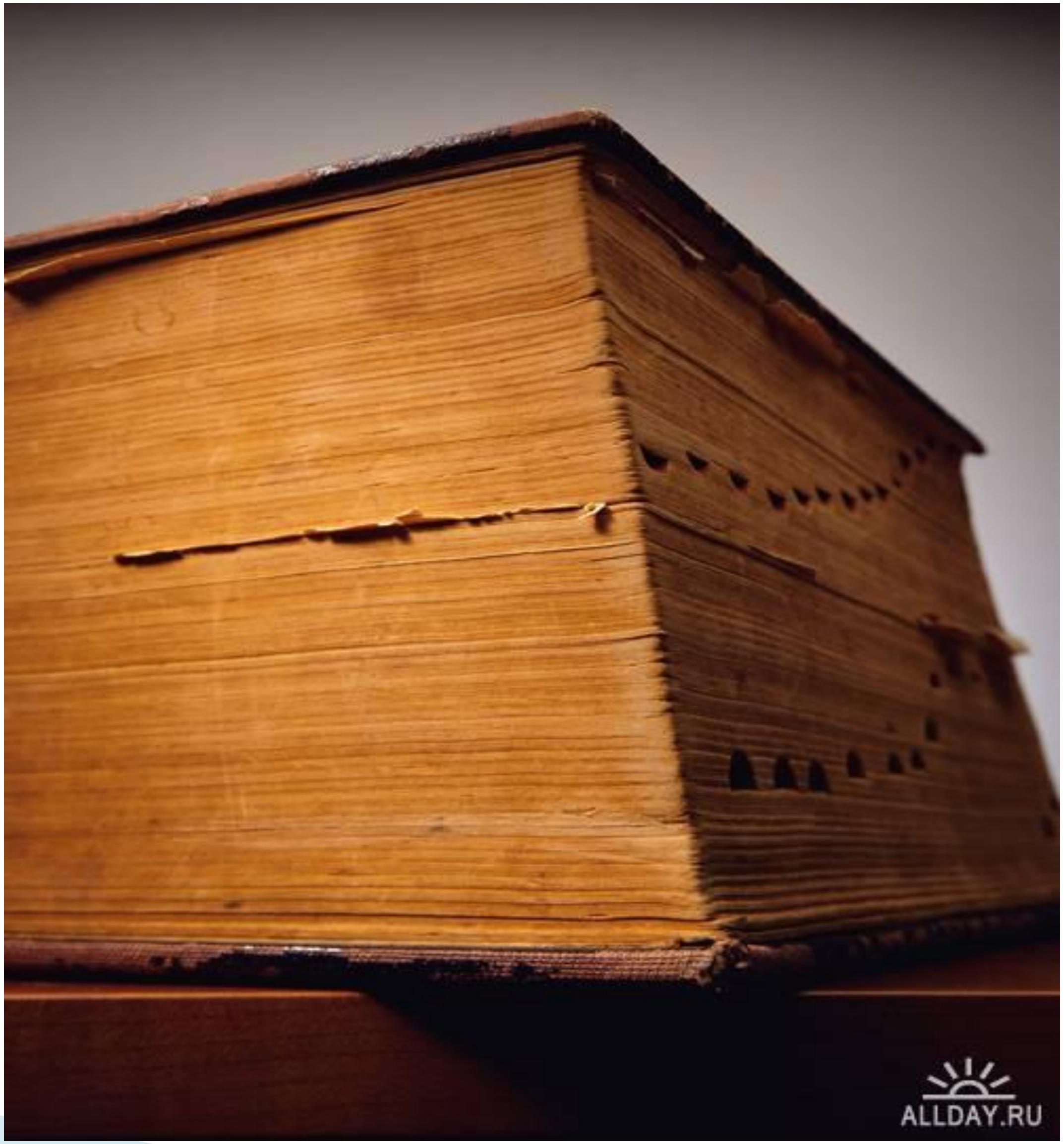
Выполнили: Учащиеся лицея №38 группы №11

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

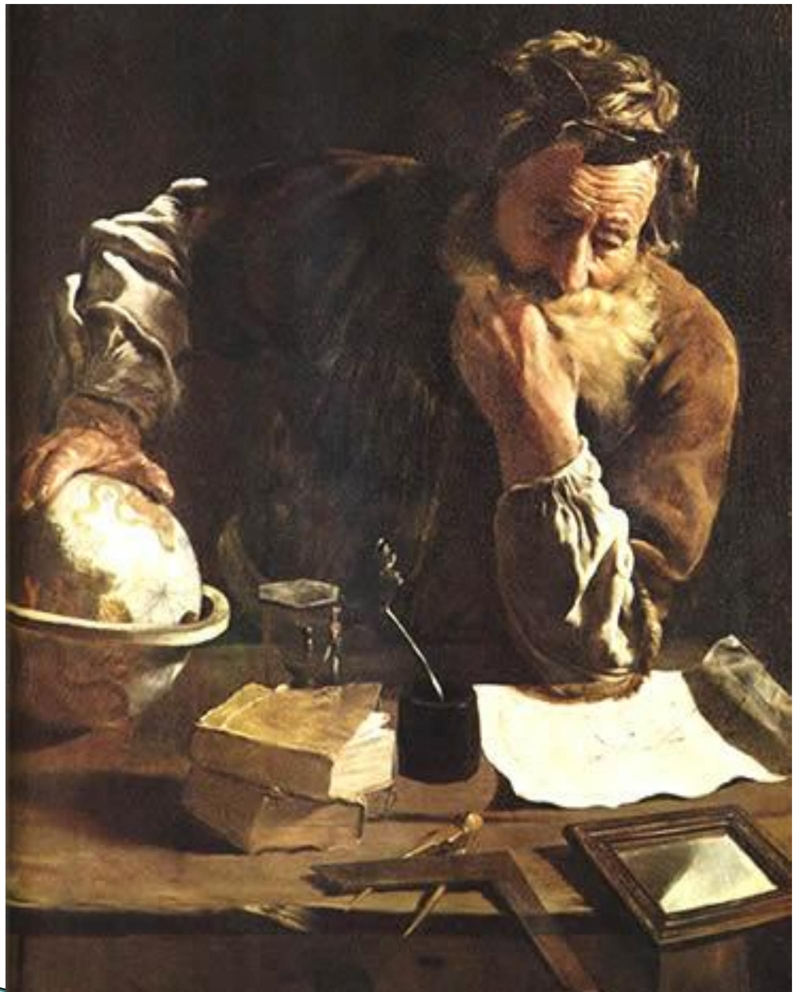
г. Нижний Новгород
2009 г.

Оглавление

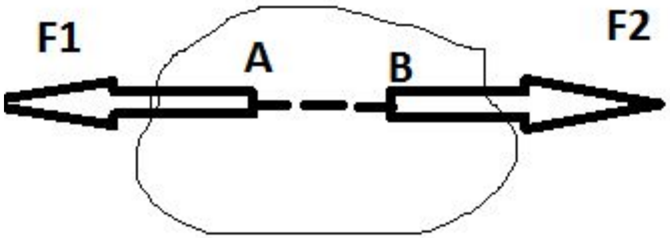
Теория



Историческая справка



Аксиомы Статики



3.1

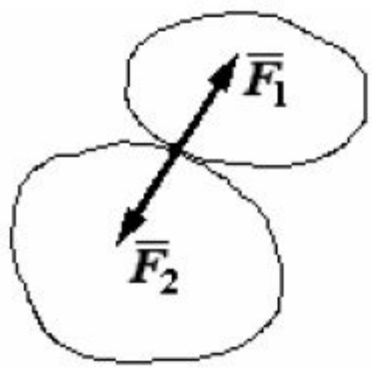
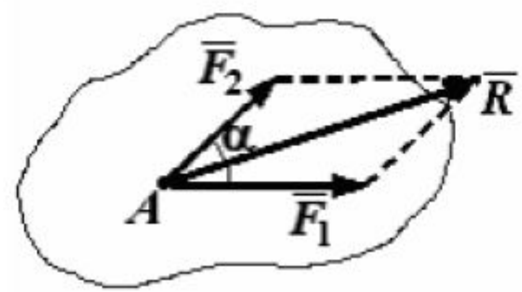


Рис. 3.3.

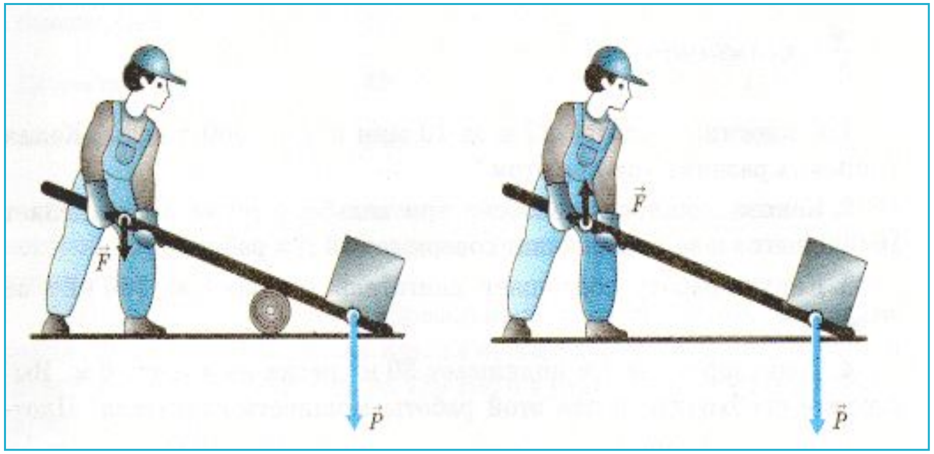


$$\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2$$

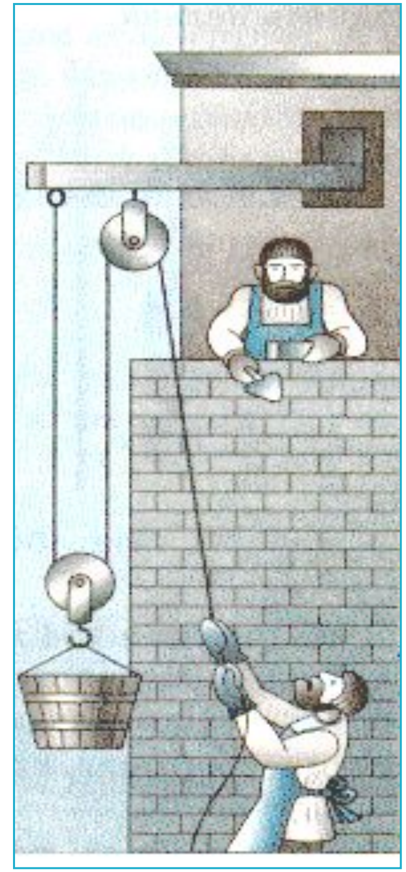
3.2

Рычаги

1 рода 2рода

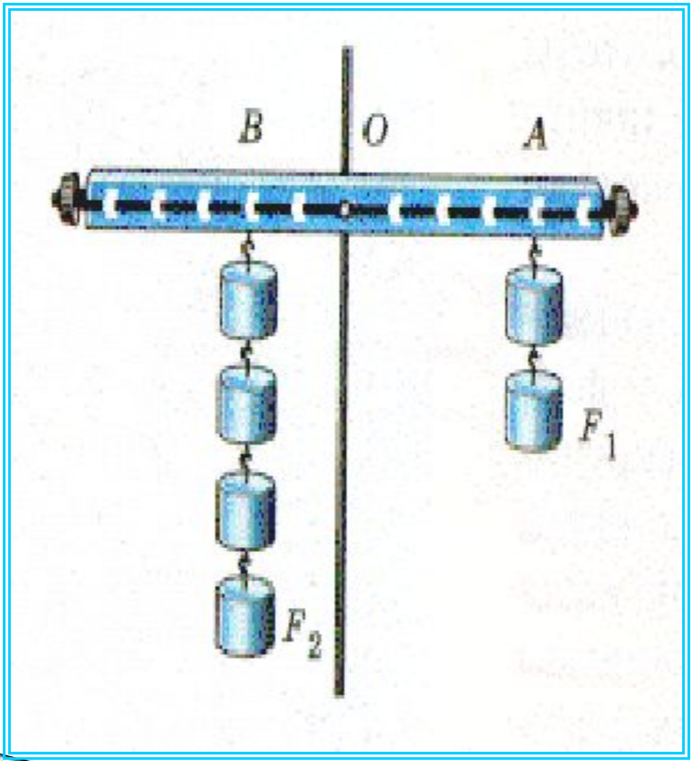


Блоки

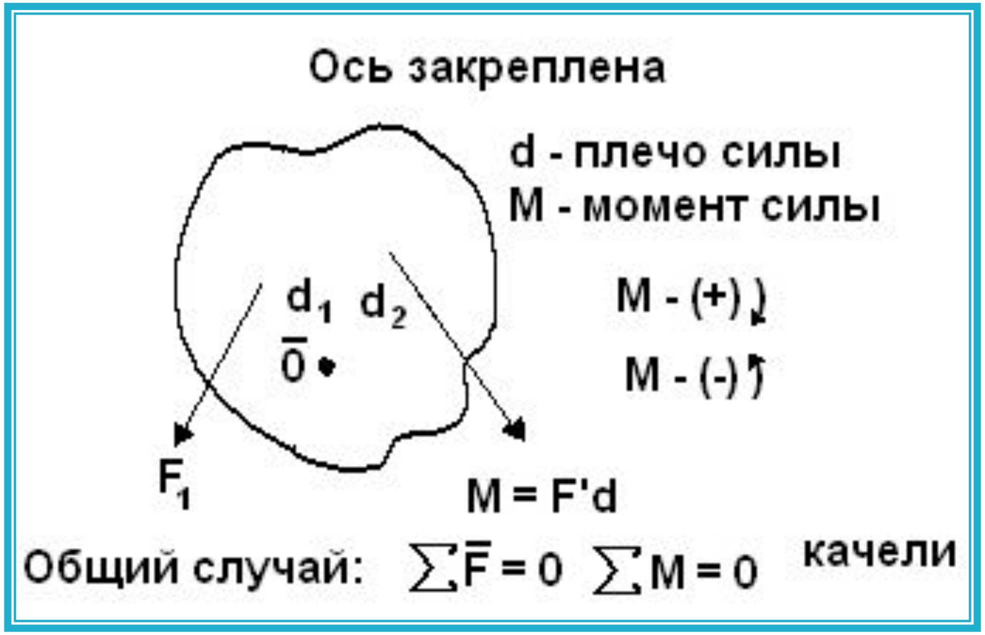


Момент сил

Условие равновесия рычага



2 блок конспекта



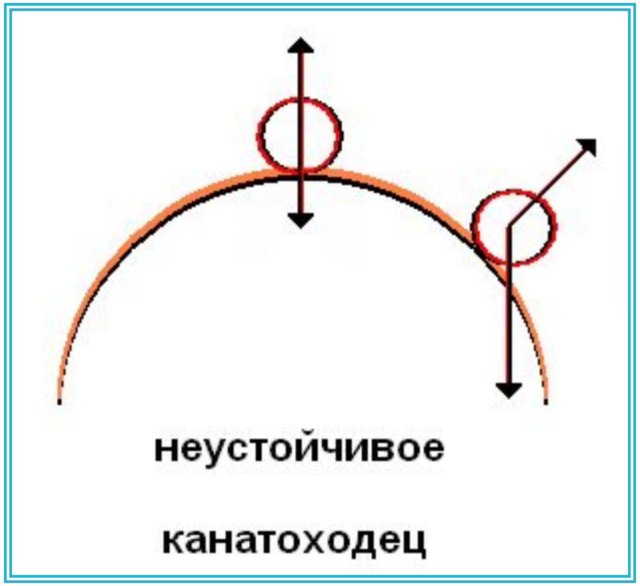
Виды равновесий

Устойчивое

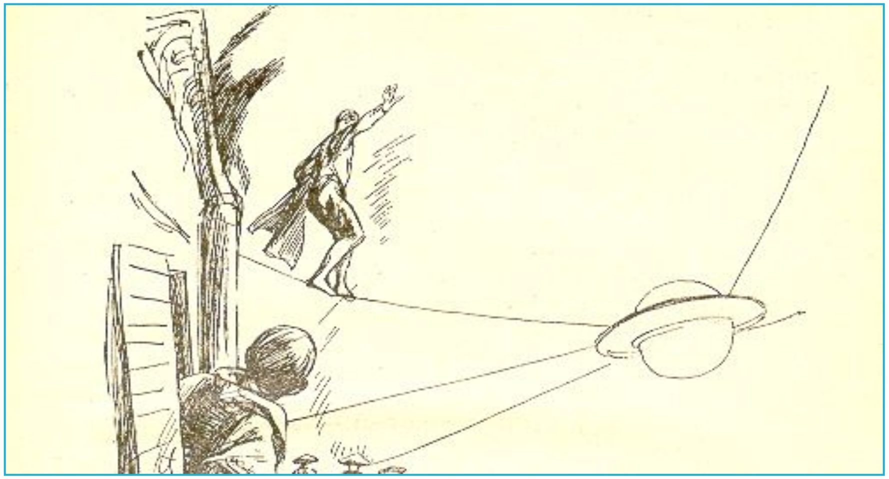
Пример устойчивого равновесия

Виды равновесий

Неустойчивое



Пример неустойчивого равновесия

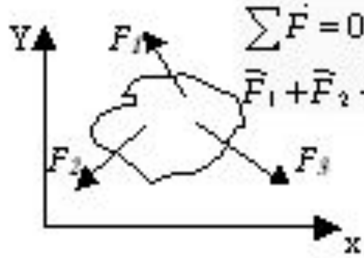


Условия равновесия тел

Нет вращения

$$\sum \vec{F} = 0$$

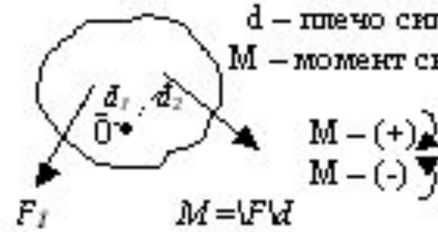
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$



Ось закреплена

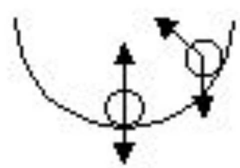
d – плечо силы

M – момент силы

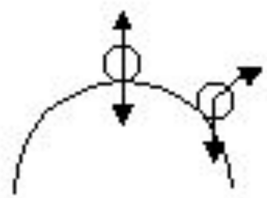


$M = |F|d$

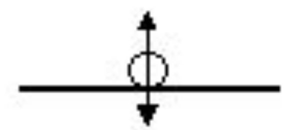
Общий случай: $\sum \vec{F} = 0$ $\sum M = 0$ качели



устойчивое
маятник



неустойчивое
канатоходец

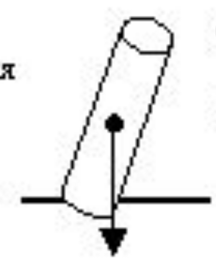


безразличное
колесо

Равновесие на опорах

S опоры – max
останкинская башня

$h_{цт.}$ – min
гоночные машины



отвес из
ц. т.
через S
опоры

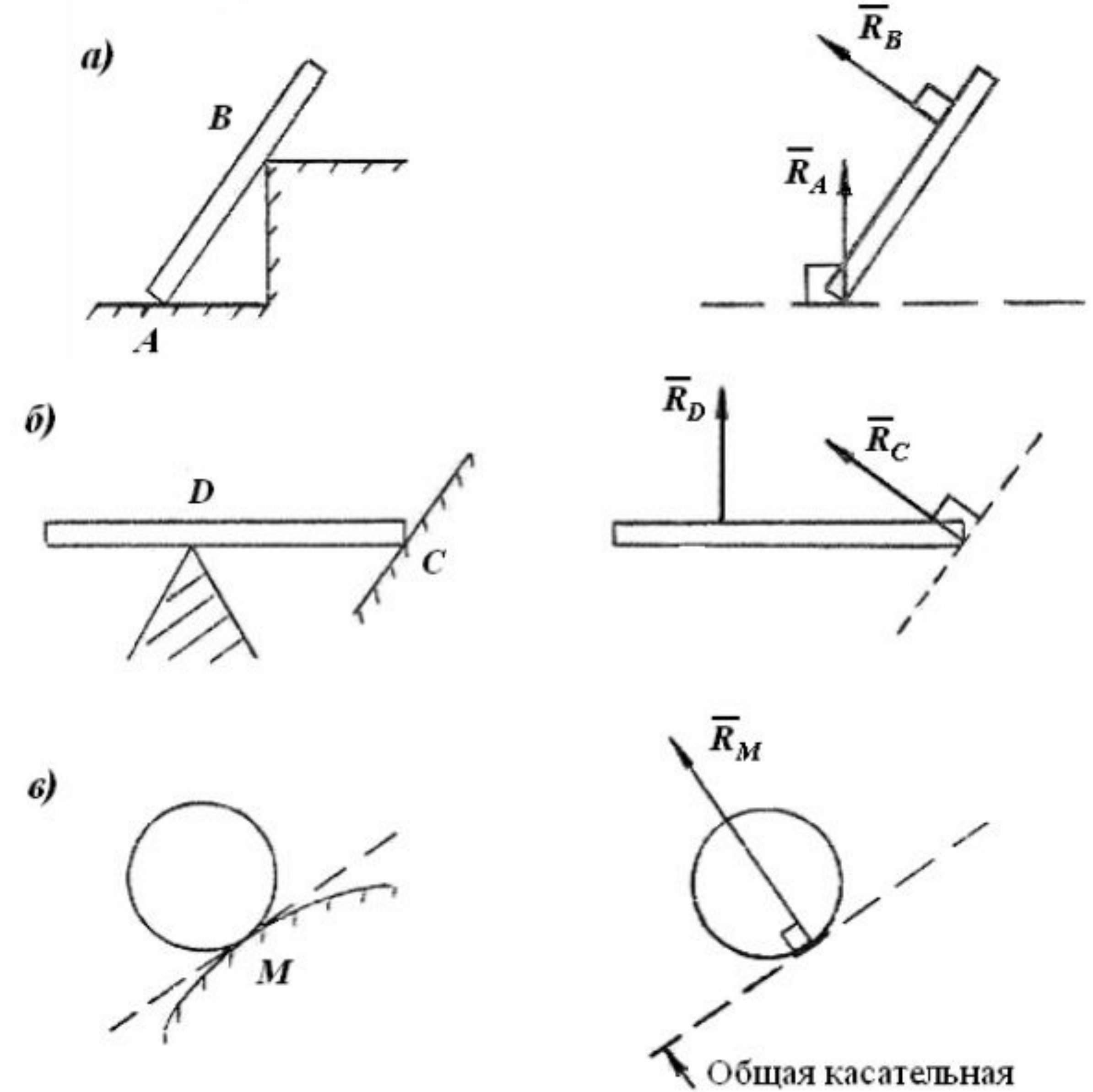
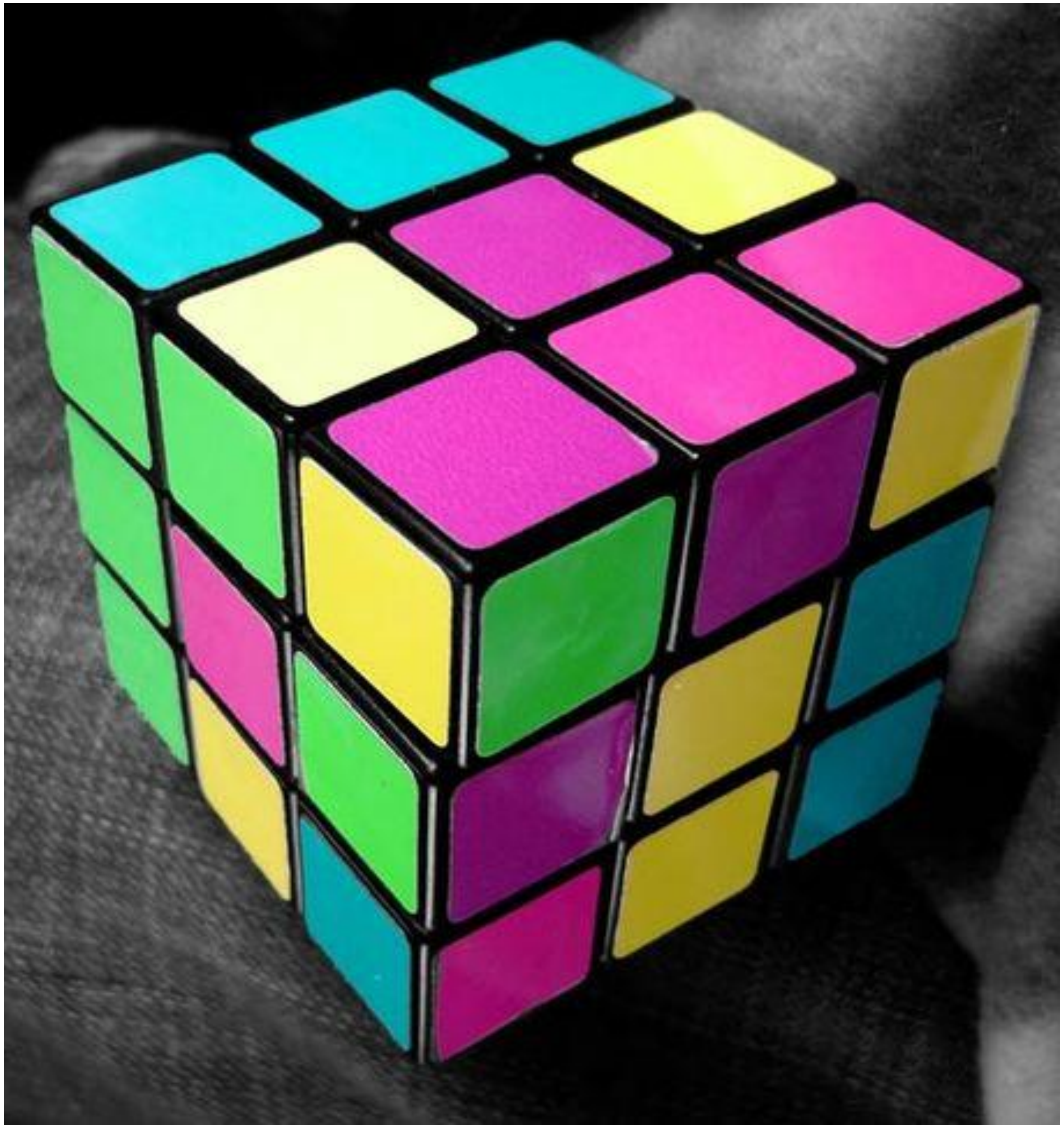

а)
B
A
$\overline{R}_B$
$\overline{R}_A$
б)
D
C
$\overline{R}_D$
$\overline{R}_C$
в)
M
$\overline{R}_M$
Общая касательная

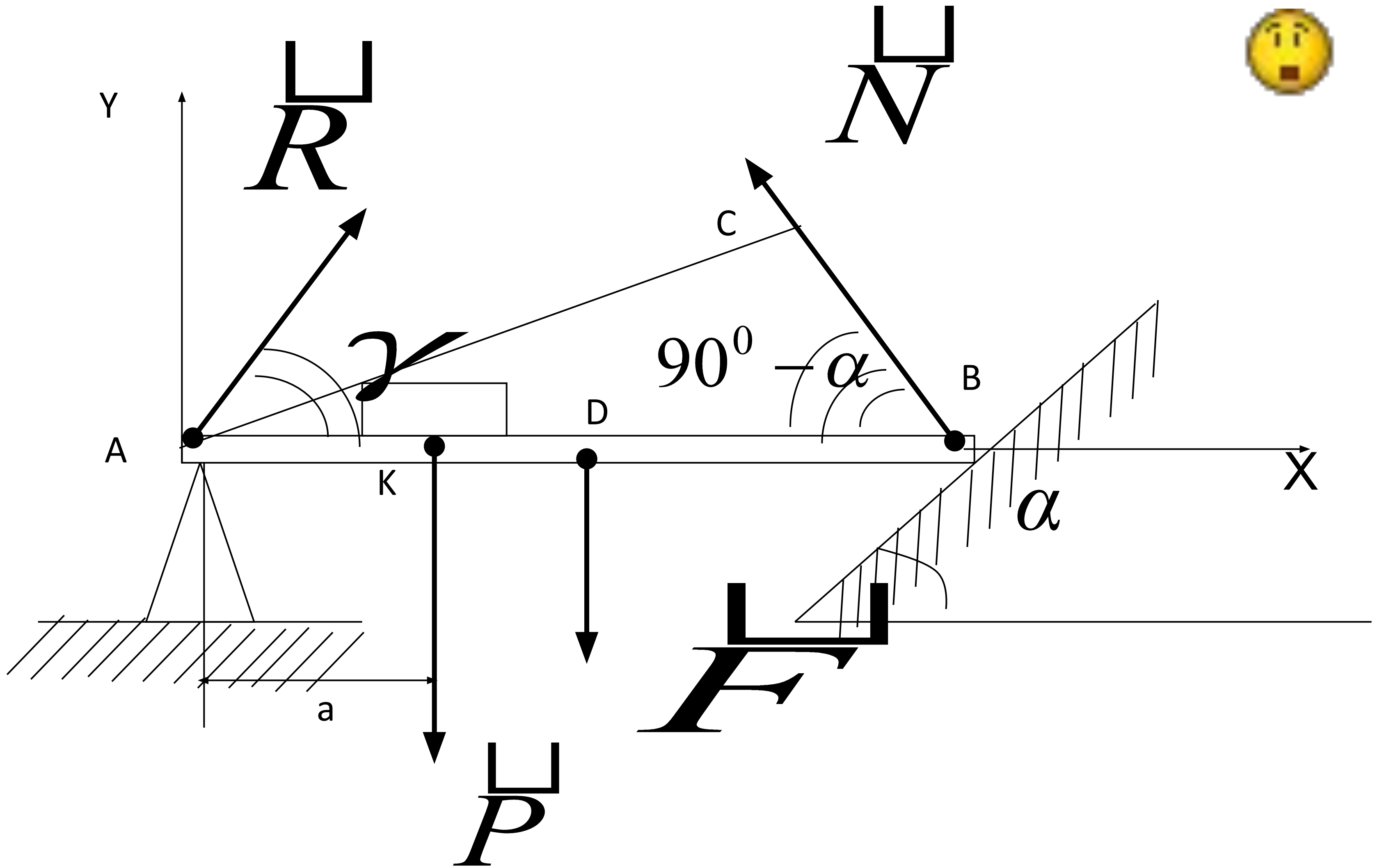
Рис. 5.4.

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 а от шарнира А расположен груз массой m^1. Найдите силы реакции шарнира и плоскости. Трение в шарнире отсутствует.



Y
R
N
C
90⁰ − α
B
D
A
K
X
α
F
a
P

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:

$d_N = AC = 2l\sin(90^0 - \alpha) = 2l\cos\alpha - \textit{плечо силы}\ \vec{N},$

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

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

$d_R = 0 - \textit{т.к. сила приложена в шарнире и проходит через ось.}$

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:

$$\vec{R}+\vec{N}+\vec{F}+\vec{P}=0.$$

Проекции на оси X и Y :

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

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

Отсюда :

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

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

Модуль силы реакции шарнира равен :

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

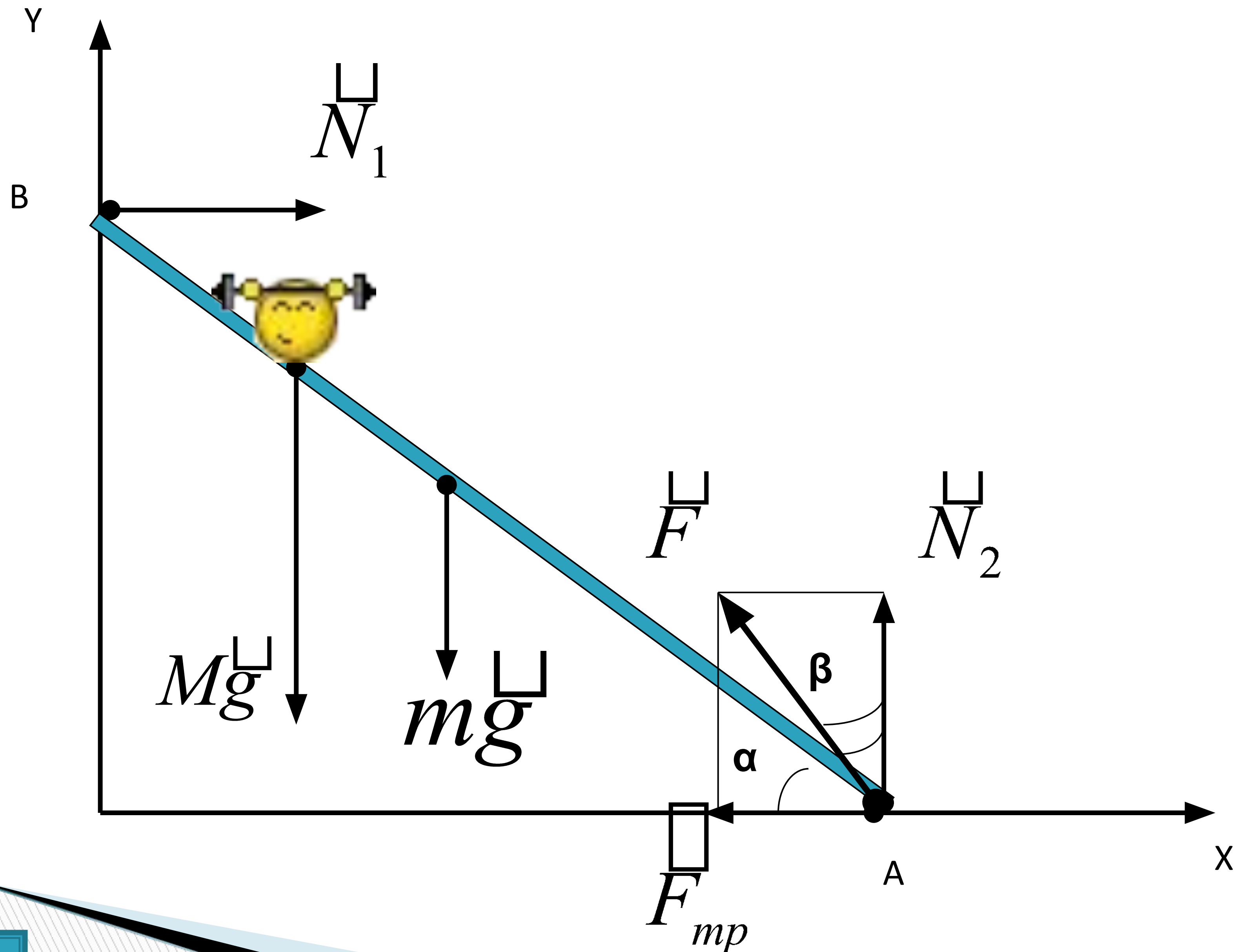
С осью X вектор силы $\vec{R}$ образует угол γ,

косинус которого определяет ся 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?



Y
B
$\vec{N}_1$
$M\vec{g}$
$m\vec{g}$
$\vec{F}$
$\vec{N}_2$
β
α
$\vec{F}_{mp}$
A
X

Решение

Запишем уравнения равновесия:

$$Ox: F_{тр} + N_1 = 0,$$

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

Моменты сил относительно точки A:

$$mg\left(\frac{l}{2}\right)\cos\alpha + Mg(l-a)\cos\alpha - N_1 l\sin\alpha = 0.$$

Решая систему, найдём:

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

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

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

Эта сила направлена к вертикале под углом

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

Задача № 8

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

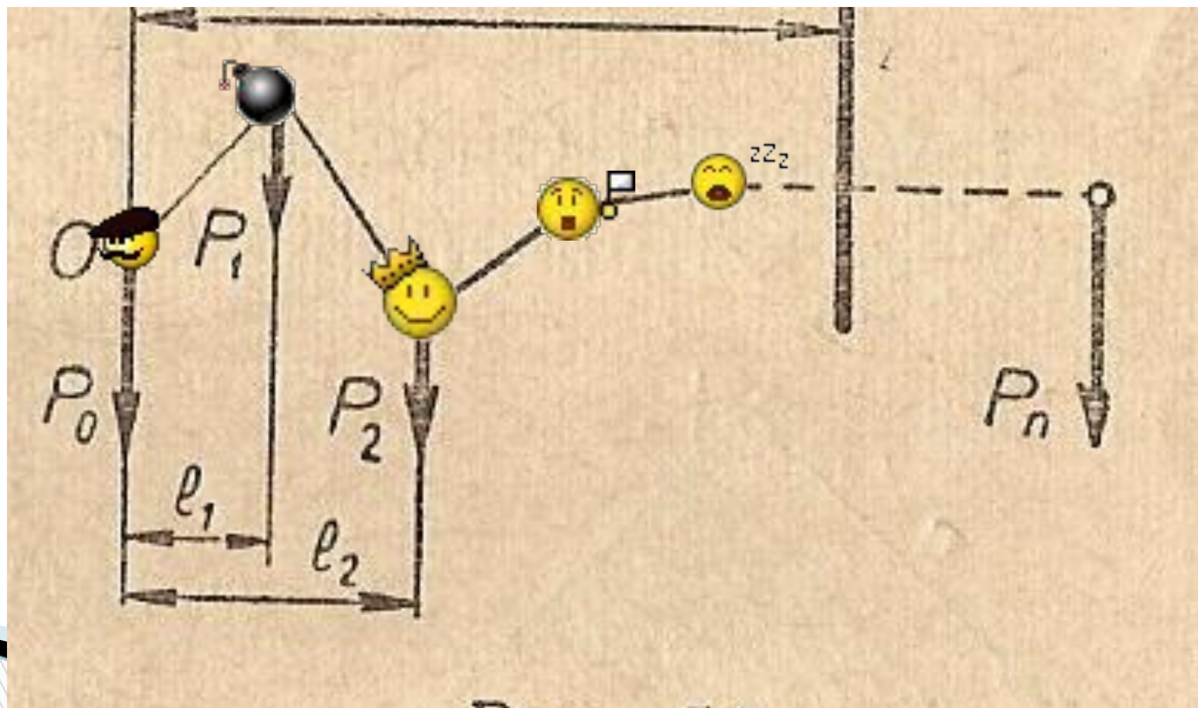


Рис. 54

Решение

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

$$P_0 * 0 + P_1 l_1 + \ldots + P_n l_n - Fx = 0$$

Где l1, l 2 и т.д. –плечи сил относительно центра тяжести левого груза Р0

Решение

Выразим х:

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

Мы нашли основную формулу. Теперь можно решать задачу:

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

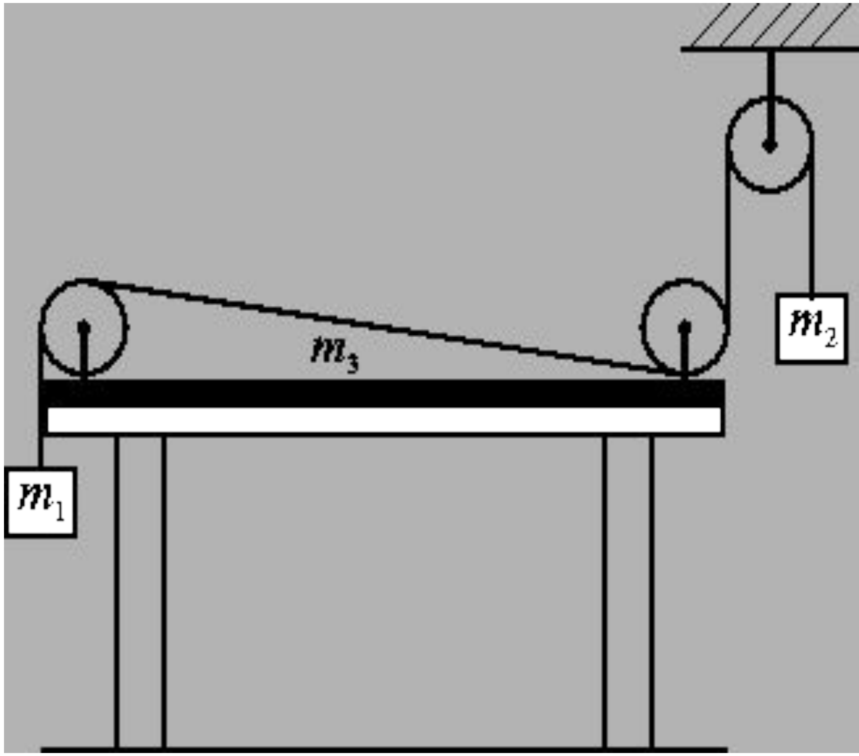
Плечи сил относительно точки О равны соответственно 0, l , 2 l , 3l , 4l .

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 m1 и m2, однородная доска массой m3 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:

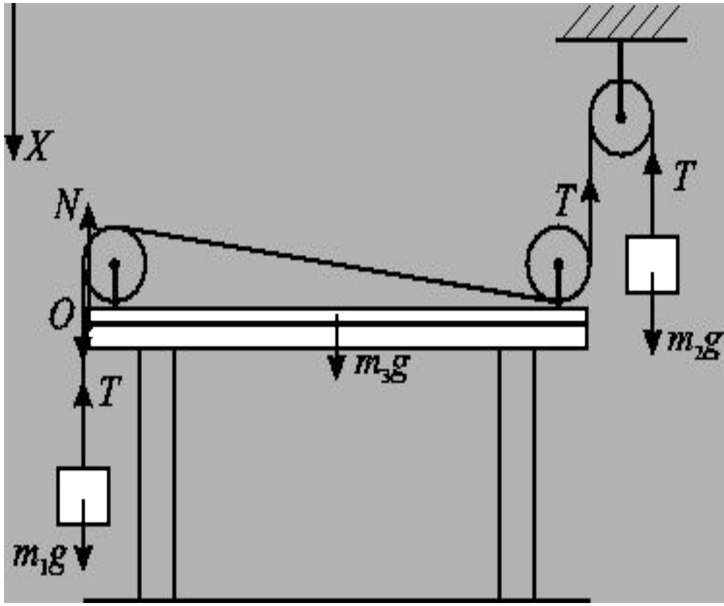
L=длина доски

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

доска покоится =>> Mmg относительно точки будет больше, чем MT, то есть

(L/2) m_3g>=TL, или **T<=(m_3/2)g**

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



OX: $m_1a_1 = m_1g - T, \qquad m_2a_2 = m_2g - T.$

$a_1 = -a_2$, т.к. нить нерастяжима

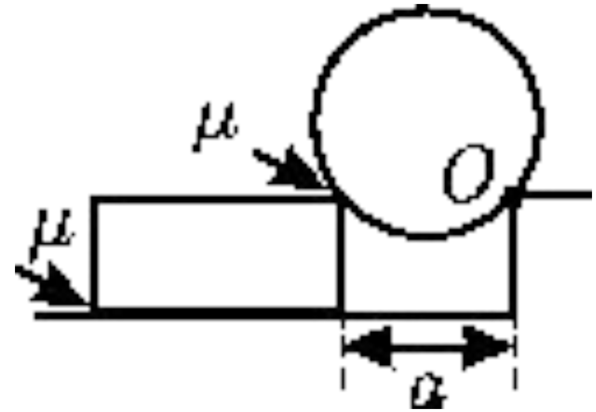
Отсюда: $a_1 = g - \dfrac{T}{m_1}, \quad a_2 = g - \dfrac{T}{m_2}, \quad T = \left(\dfrac{1}{m_1} + \dfrac{1}{m_2}\right) 2g.$

$$T = (2m_1m_2/(m_1+m_2))g$$

$$\frac{2m_1m_2}{m_1+m_2}g \leqslant \frac{m_3}{2}g, \qquad m_3 \geqslant \frac{4m_1m_2}{m_1+m_2}.$$

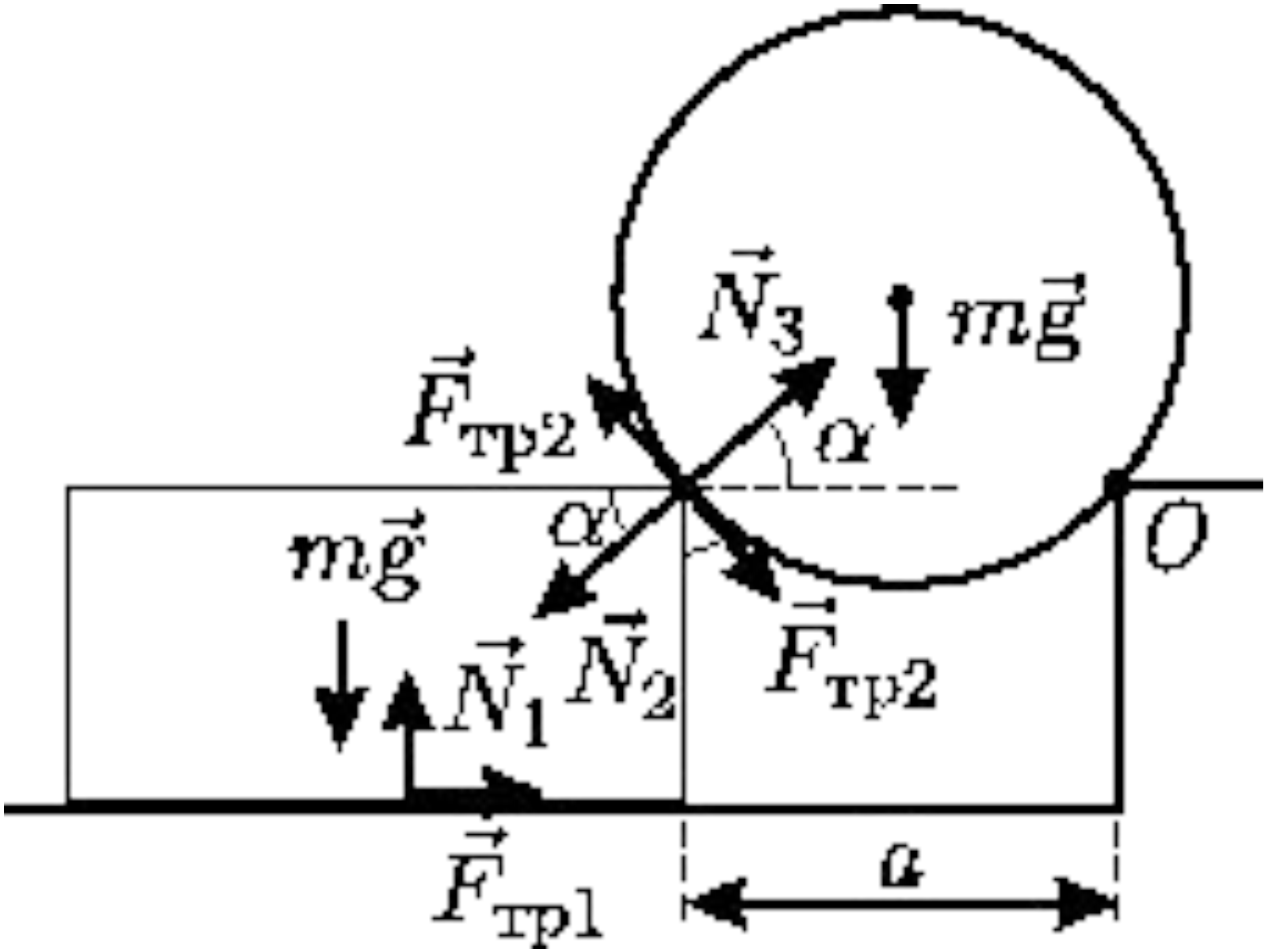
Ответ: $m_3 \geqslant \dfrac{4m_1m_2}{m_1+m_2}$

Задача № 11



На горизонтальной плоскости на расстоянии **<u>А</u>** от закрепленной ступеньки лежит брусок. Высоты ступеньки и бруска одинаковы. На ребро бруска, параллельное краю ступеньки, опирается цилиндр, который может без трения вращаться вокруг оси О, прикрепленной к краю ступеньки. Массы бруска и цилиндра равны. Если ,где —R $a \le \sqrt{2R}$ радиус цилиндра, то брусок покоится, а если , то брусок $a > \sqrt{2R}$ скользит, не отрываясь от плоскости. Считая коэффициент трения между всеми трущимися поверхностями одинаковым, найти величину .

μ


$\vec{N}_3$
$m\vec{g}$
$\vec{F}_{тр2}$
α
α
O
$m\vec{g}$
$\vec{N}_1$
$\vec{N}_2$
$\vec{F}_{тр2}$
$\vec{F}_{тр1}$
a

Решение:

При **a<=2$^{1/2}$R** угол α между нормальной составляющей силы $\vec{N}_2$ реакции цилиндра на брусок и горизонтом удовлетворяет условию:

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

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

$$N_1 = mg + N_2\left(\sin\alpha + \mu\cos\alpha\right) \qquad \mu N_1 = N_2\left(\cos\alpha - \mu\sin\alpha\right),$$

$$N_2 = \frac{\sqrt{2}\mu mg}{1 - 2\mu - \mu^2}.$$

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

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

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

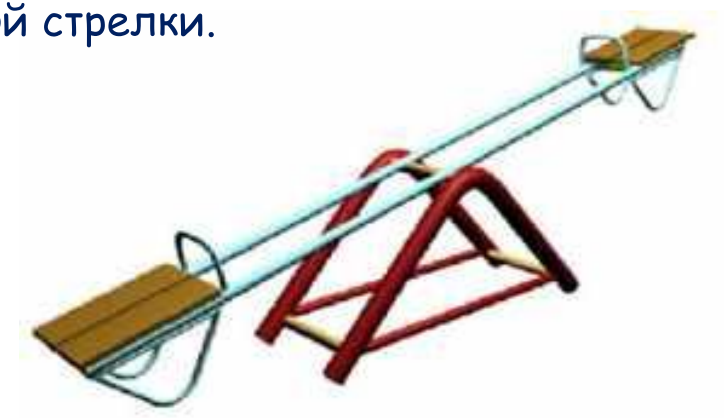
Если тело может вращаться относительно некоторой оси, то для его равновесия недостаточно равенства нулю равнодействующей всех сил.

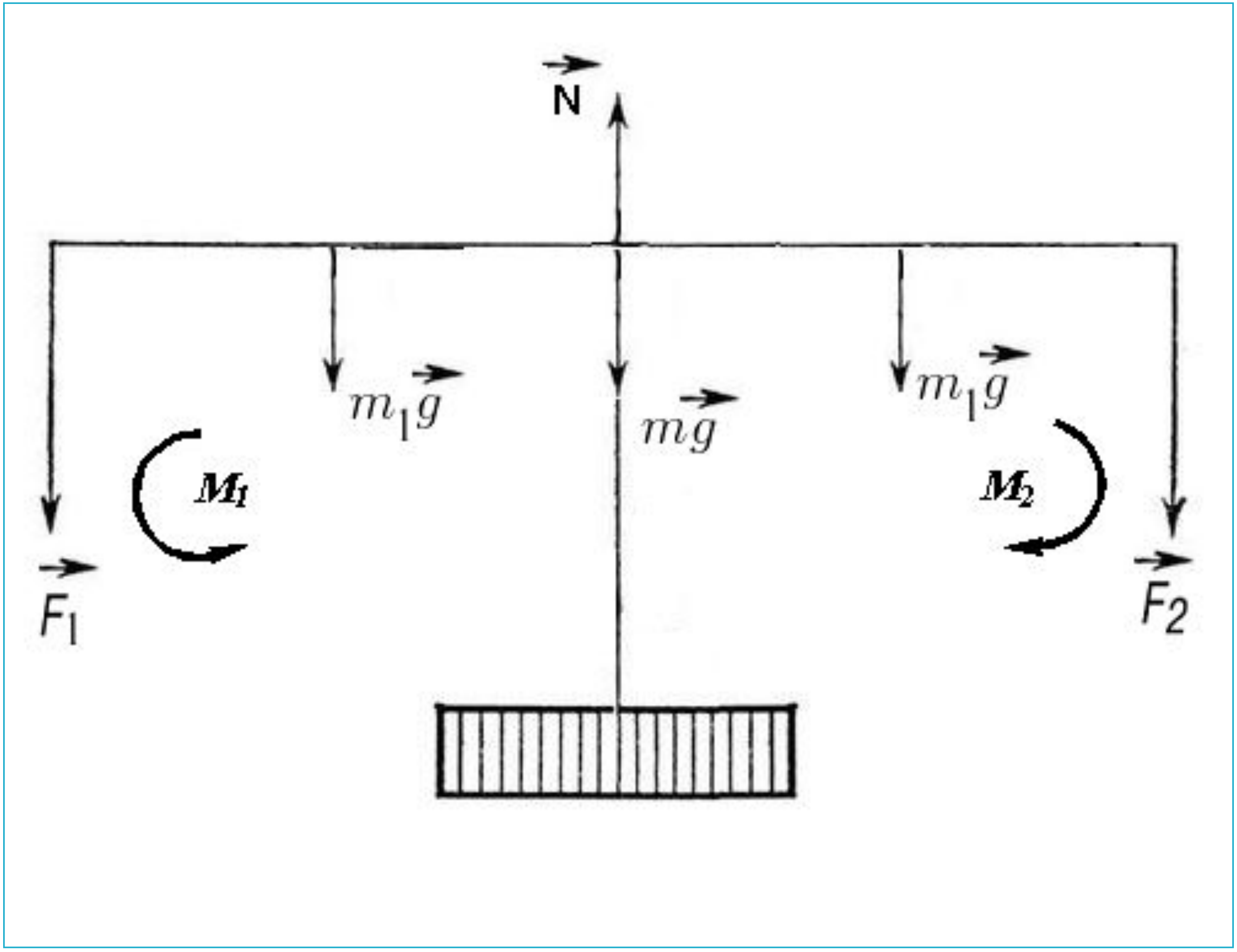
Вращающее действие силы зависит не только от ее величины, но и от расстояния между линией действия силы и осью вращения.

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

$$M = Fd$$

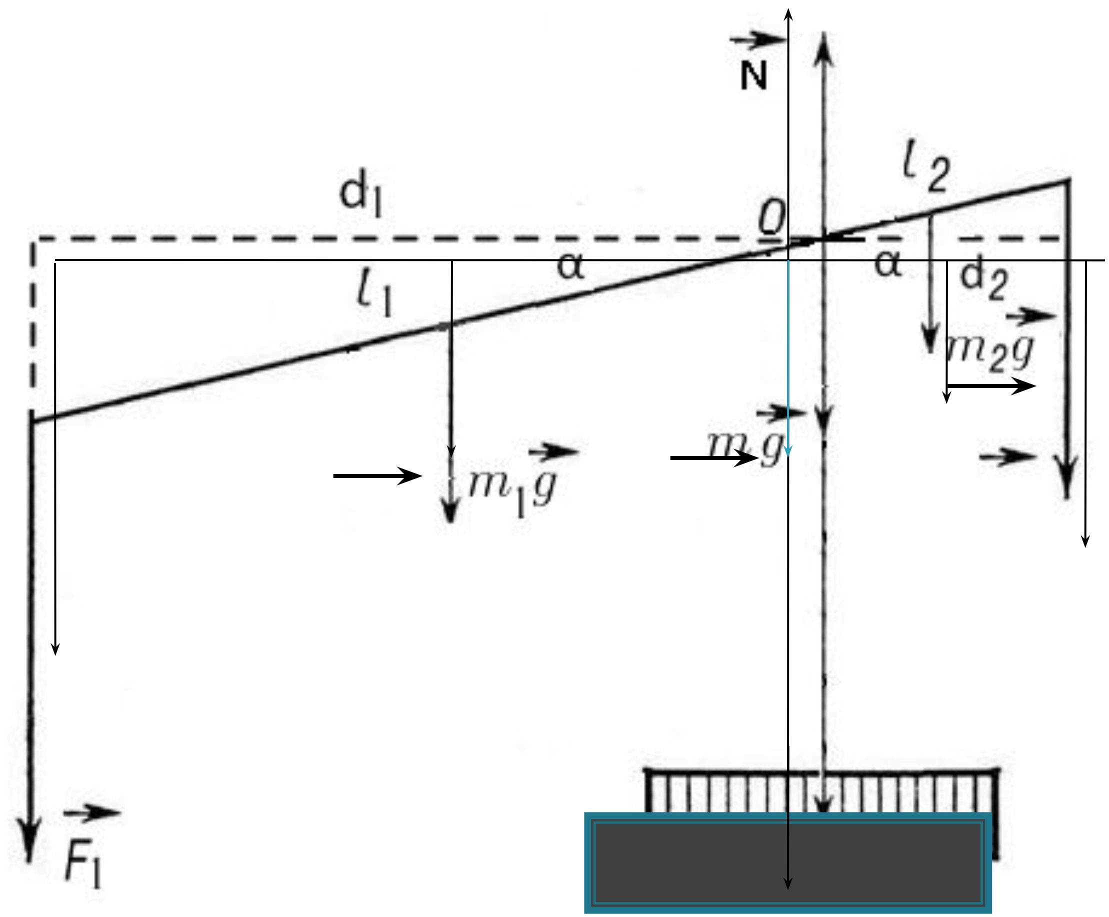
Положительными считаются моменты тех сил, которые стремятся повернуть тело против часовой стрелки.

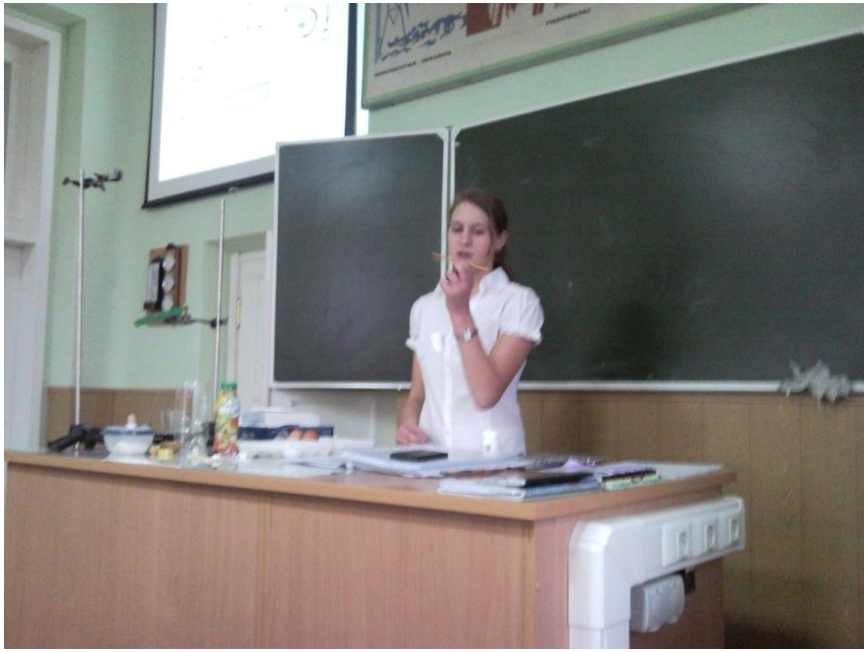




$\vec{N}$
$m_1\vec{g}$
$m\vec{g}$
$m_1\vec{g}$
M_1
M_2
$\vec{F_1}$
$\vec{F_2}$

- 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.



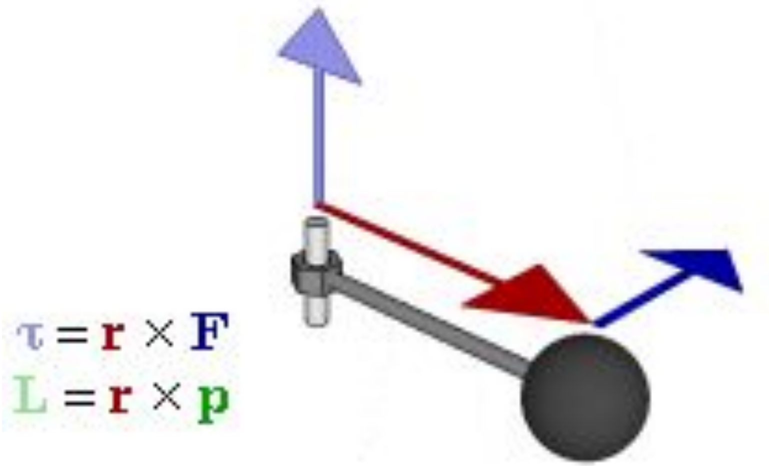


В поисках центра масс

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

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

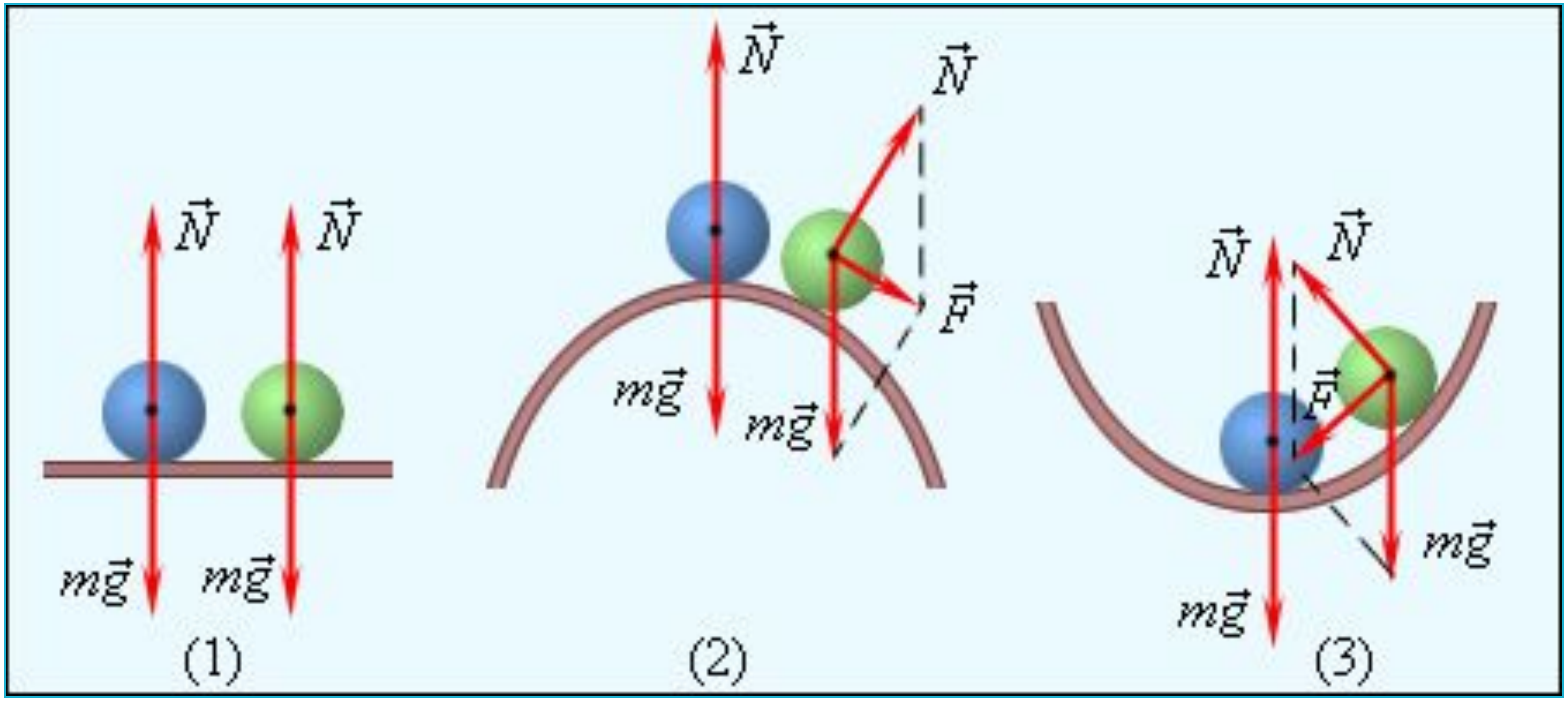
- Где $\mathbf{F}$— сила, действующая на частицу, а $\mathbf{r}$ — радиус-вектор частицы.
- L – момент ипульса
- $L = r \times p = r\,2 \cdot m \cdot \omega$

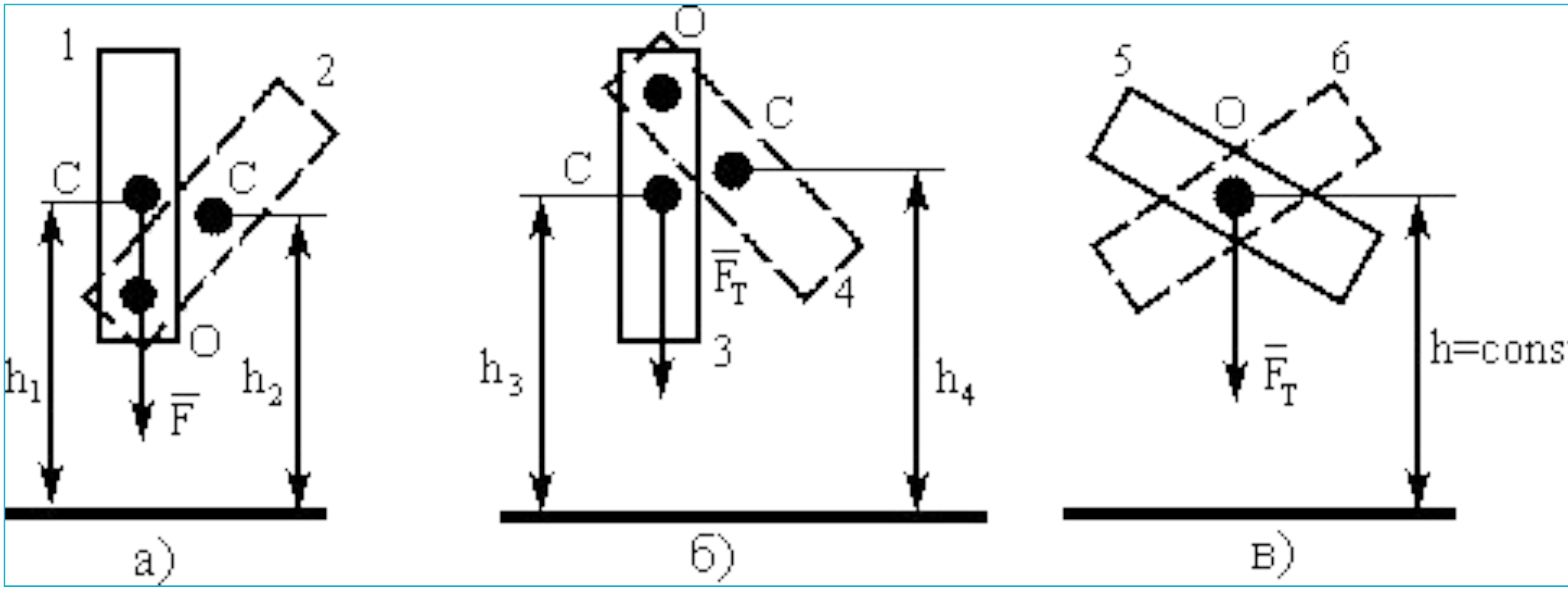


Изобретения Архимеда

- Блок
- Бесконечный винт
- Клин
- Лебёдка
- Рычаг

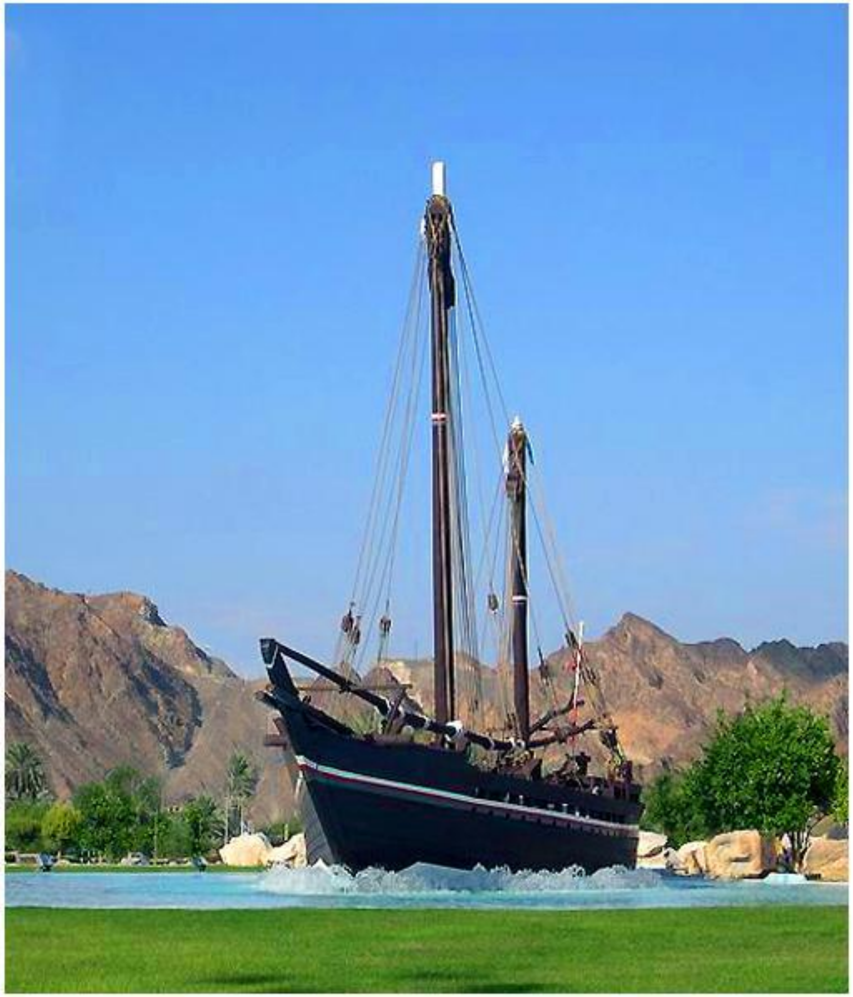
Равновесие и его виды



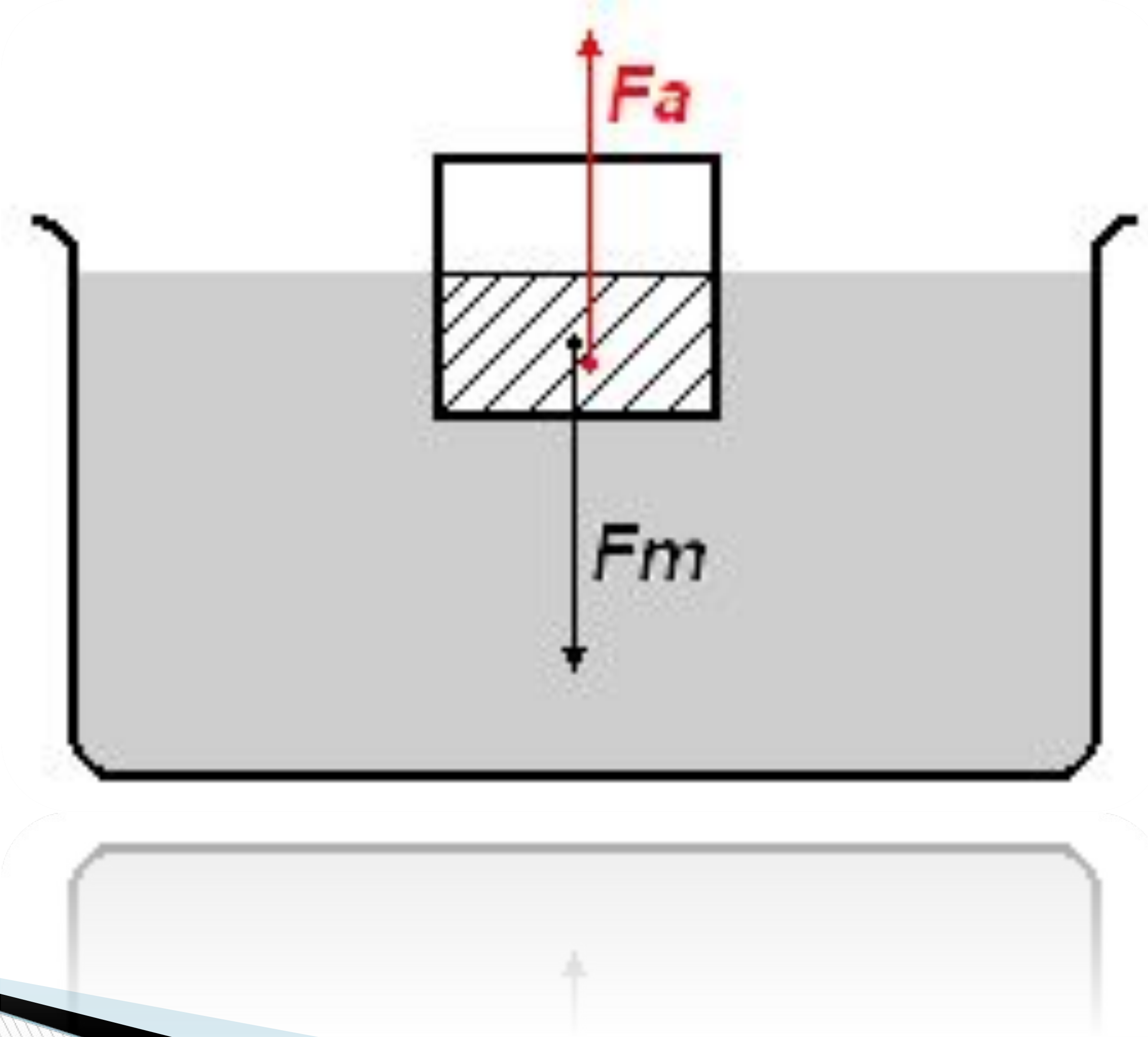

1
2
C
C
O
h_1
h_2
$\overline{F}$
а)
O
C
C
$\overline{F}_T$
4
3
h_3
h_4
б)
5
6
O
$\overline{F}_T$
h=const
в)

Гидростатика

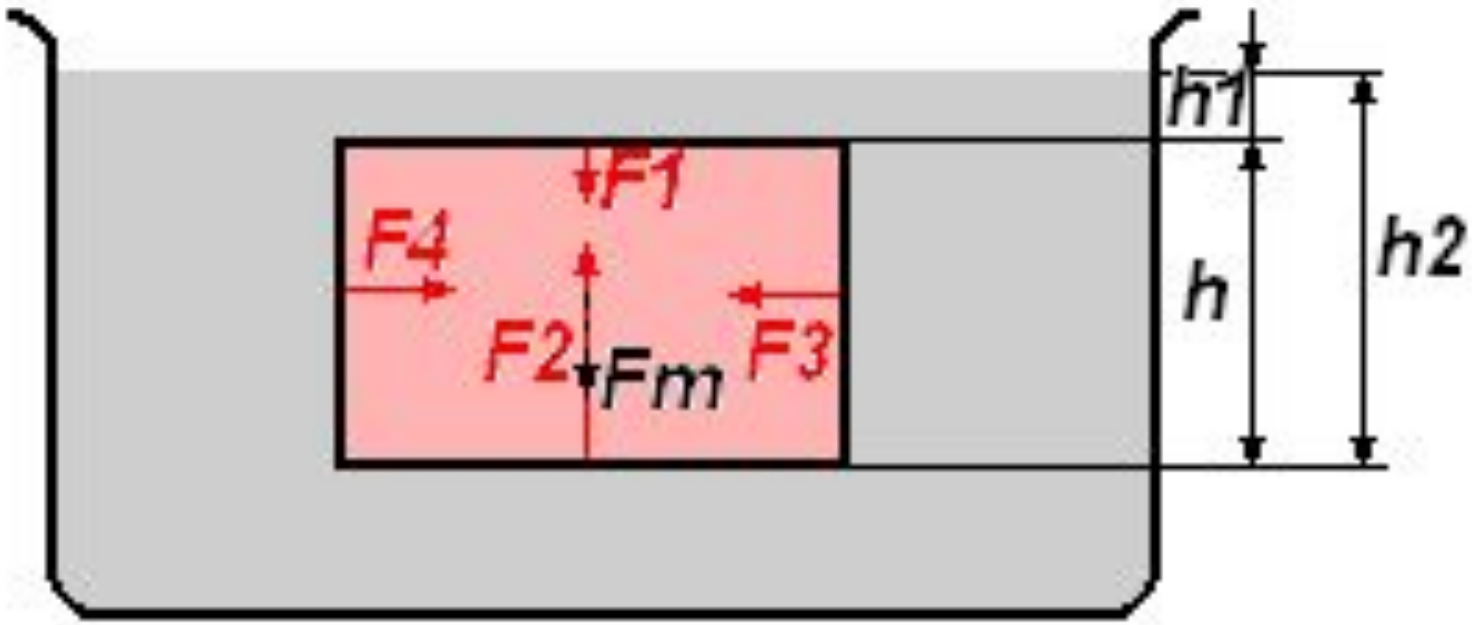
- На тело, погруженное в жидкость действуют силы давления, которы зависят от глубины. На тело действует сила, равная сумме всех сил давления жидкости на поверхность данного тела.
- Эта результирующая сила называется **выталкивающей сил**



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

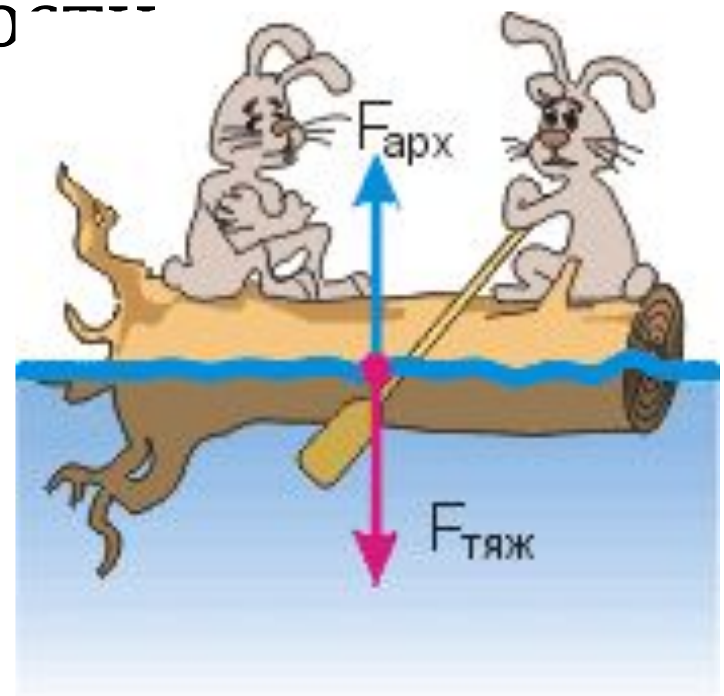


$$F_2 - F_1 = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g S \Delta h = \rho g V = mg$$



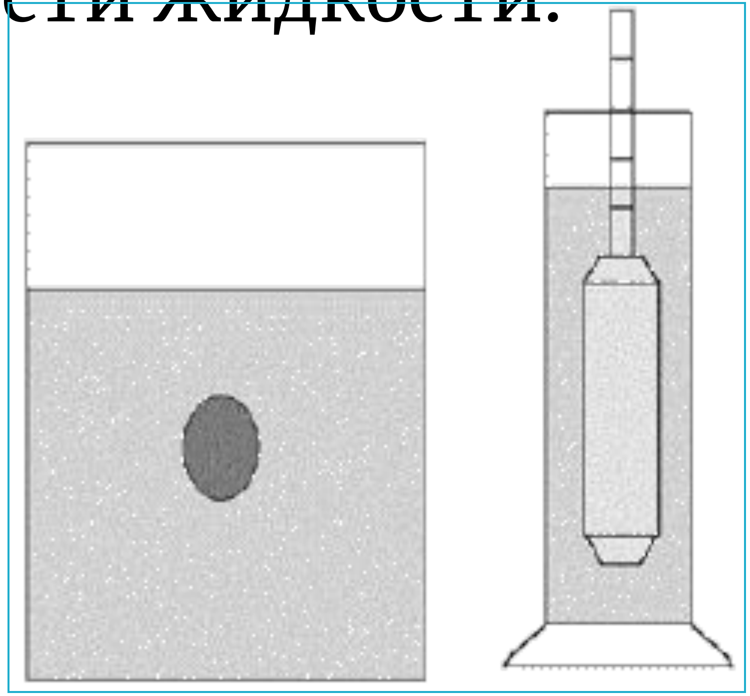
Условия плавания тела

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



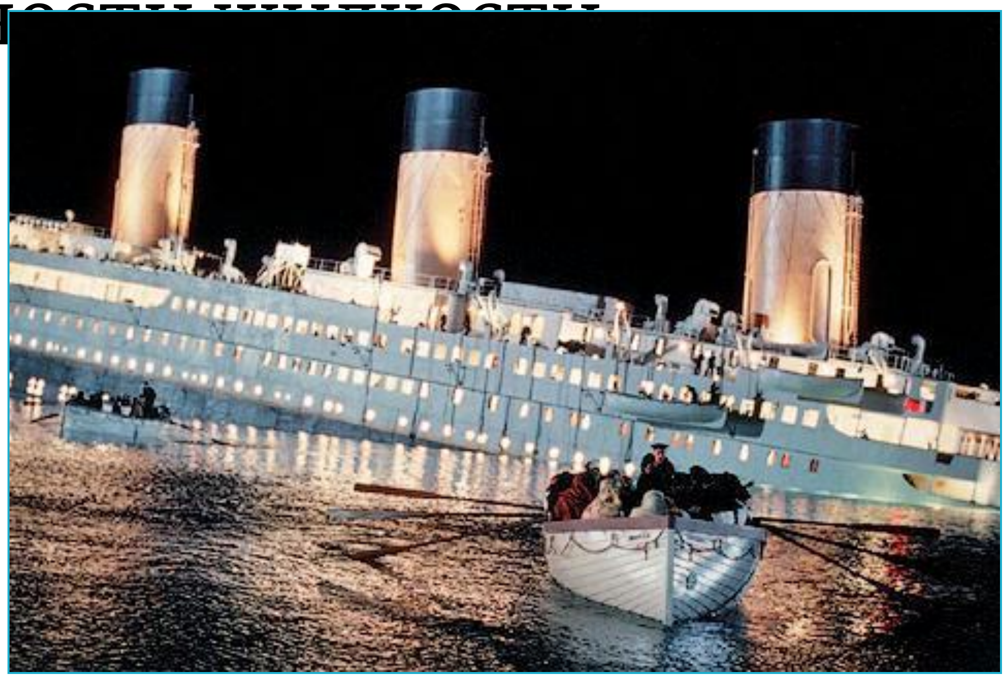
Условия плавания тела

- 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 плотн



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!