

GETTING BORN







**СТАТИКА –**  
раздел  
механики,  
изучающий  
условия  
равновесия сил.

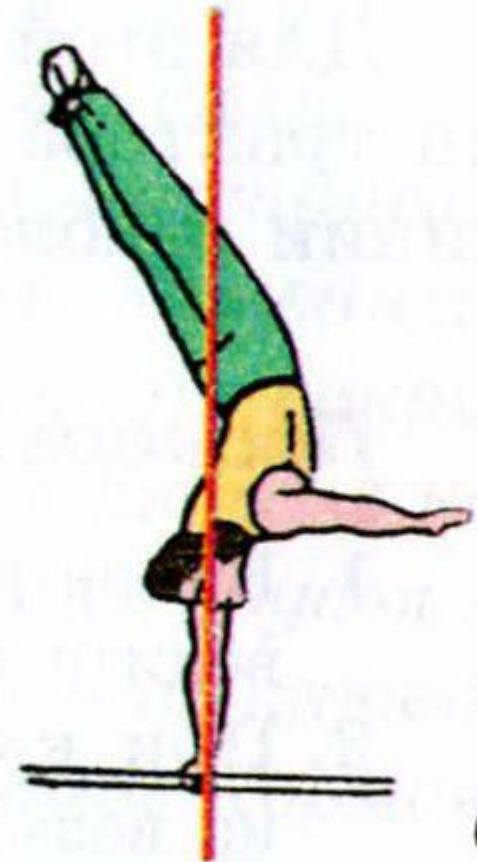
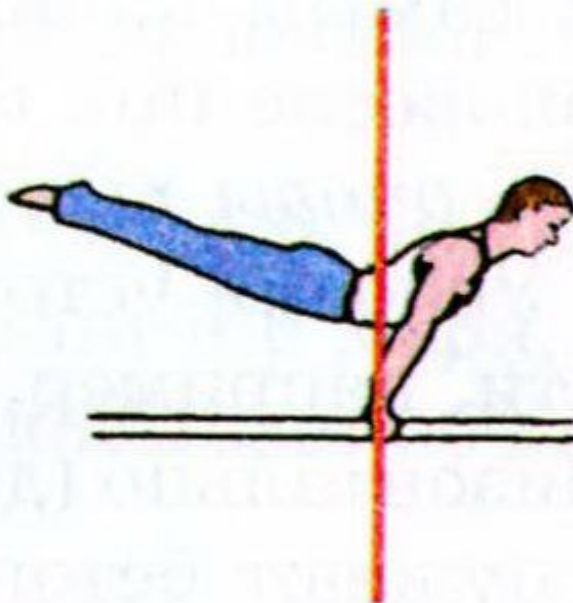
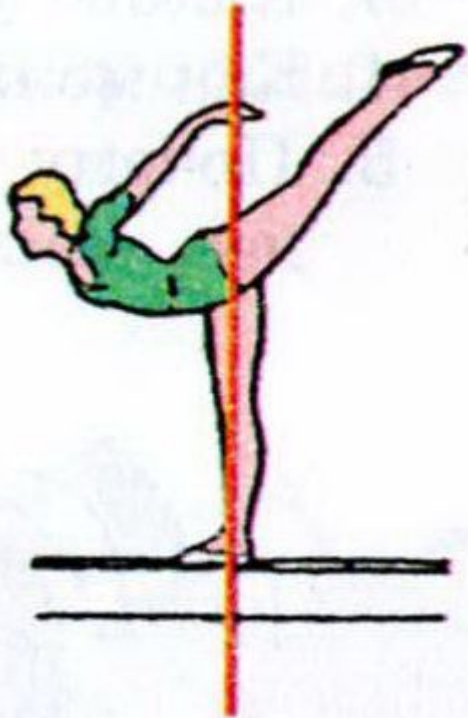


# Статика

- Равновесие тела – это состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения тела.
- Абсолютно твердое тело – тело, у которого деформации, возникающие под действием приложенных к нему сил, пренебрежимо малы.



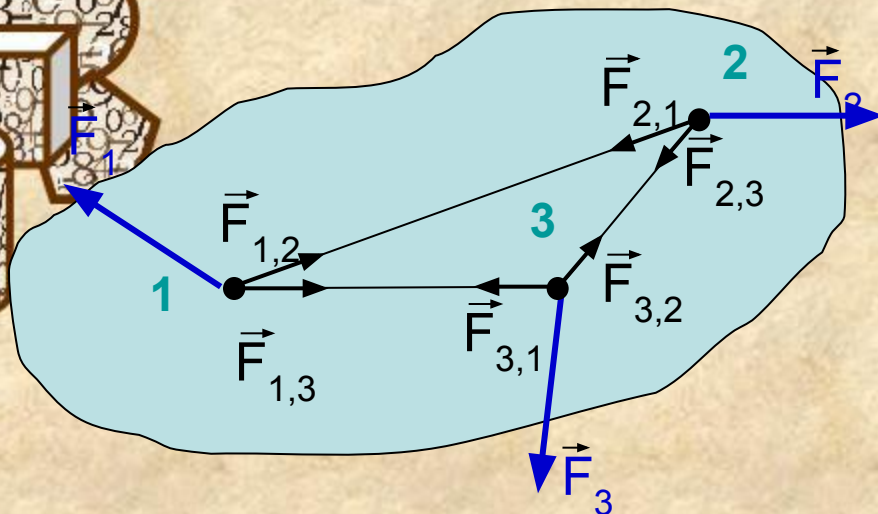
# РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ



*«Дайте мне точку опоры, и я подниму  
Землю.»*



# Первое условие равновесия



$$\begin{cases}
 \vec{F}_1 + \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{1,3} + \dots = 0 \\
 \vec{F}_2 + \vec{F}_{2,1} + \vec{F}_{2,3} + \dots = 0 \\
 \vec{F}_3 + \vec{F}_{3,1} + \vec{F}_{3,2} + \dots = 0 \\
 \dots
 \end{cases}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{1,3} + \vec{F}_2 + \vec{F}_{2,1} + \vec{F}_{2,3} + \vec{F}_3 + \vec{F}_{3,1} + \vec{F}_{3,2} + \dots = 0$$

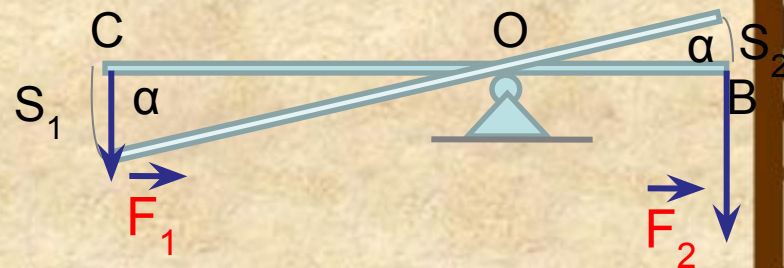
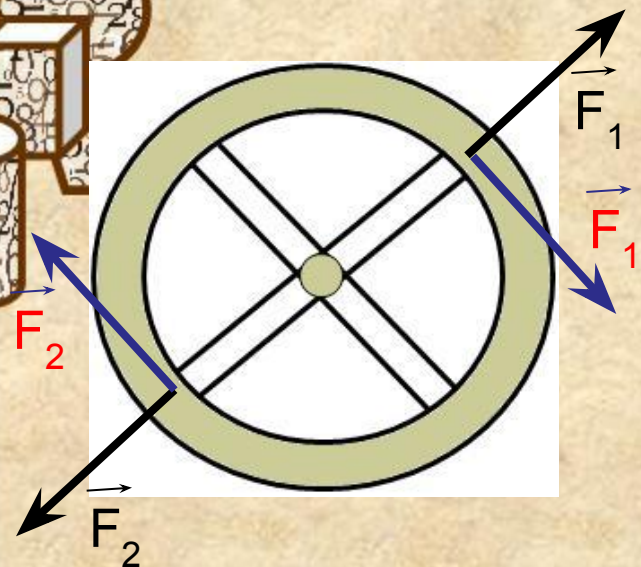
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0$$

- Твердое тело находится в равновесии, если геометрическая сумма всех сил, приложенных к нему, равна нулю.





# Второе условие равновесия



$$A_1 = F_1 S_1 = F_1 \cdot \alpha \cdot OC$$

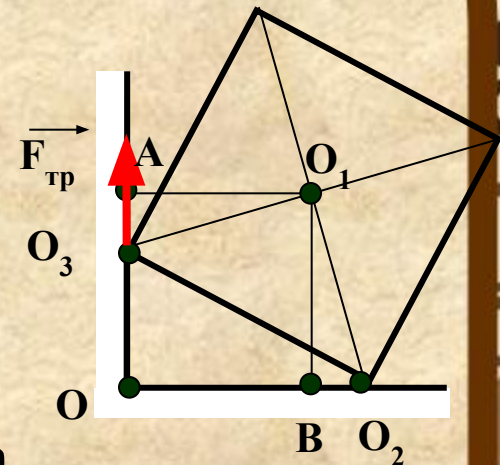
$$A_2 = -F_2 S_2 = -F_2 \cdot \alpha \cdot OB$$

- Кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы называется плечом силы.  $M_1 = F_1 \cdot OC$   $M_2 = F_2 \cdot OB$  ?
- Произведение силы на ее плечо называется моментом силы. ?



# Плечо силы

- Однородный куб опирается одним ребром о пол, другим – о вертикальную стену. Плечо силы трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  относительно т.О равно...

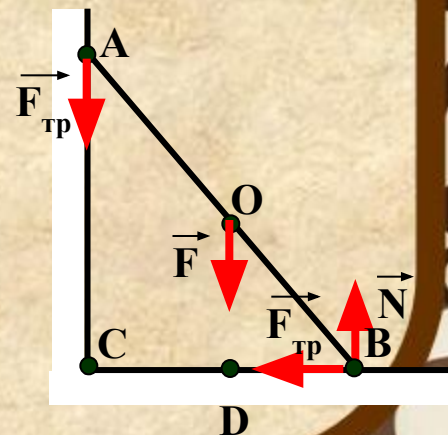


- На рисунке схематически изображена лестница АВ, опирающаяся на стену. Определите плечо ...

а) силы трения относительно точек А, О, В, D

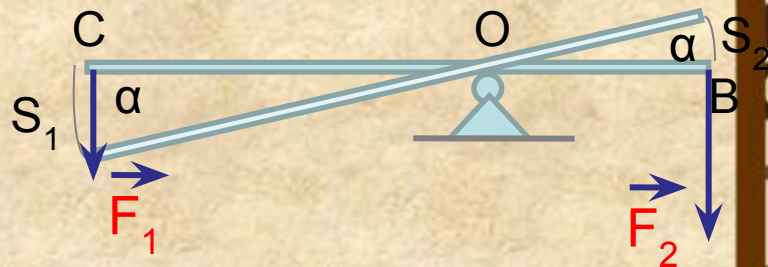
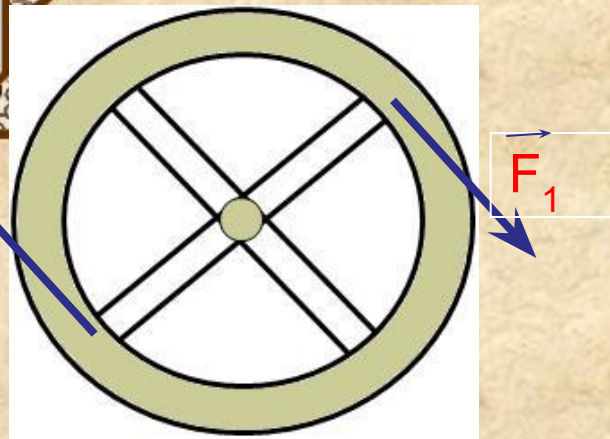
б) силы реакции опоры относительно точек А, О, В, D

в) силы тяжести относительно точек А, О, В, D





# Второе условие равновесия



$$A_1 = \vec{r}_1 \cdot \vec{M}_1 = M_1 \cdot \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$A_2 = \vec{r}_2 \cdot \vec{M}_2 = M_2 \cdot \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$A = A_1 + A_2 = \alpha(M_1 + M_2) = 0$$

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

- Твердое тело находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.



# Условия равновесия

- Твердое тело находится в равновесии, если геометрическая сумма всех сил, приложенных к нему, равна нулю.

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

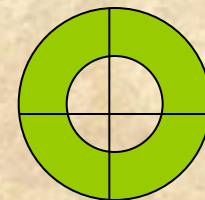
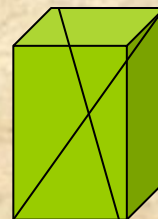
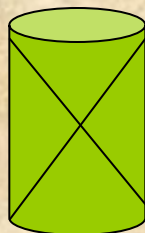
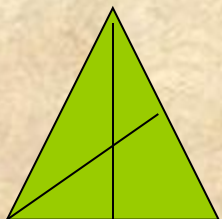
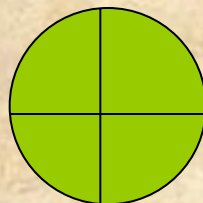
- Твердое тело находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$



## Центр тяжести тела.

- Центр тяжести тела- это точка, через которую проходит равнодействующая всех параллельных сил тяжести, действующих на отдельные элементы тела.





# ВИДЫ РАВНОВЕСИЯ



*Устойчивое*

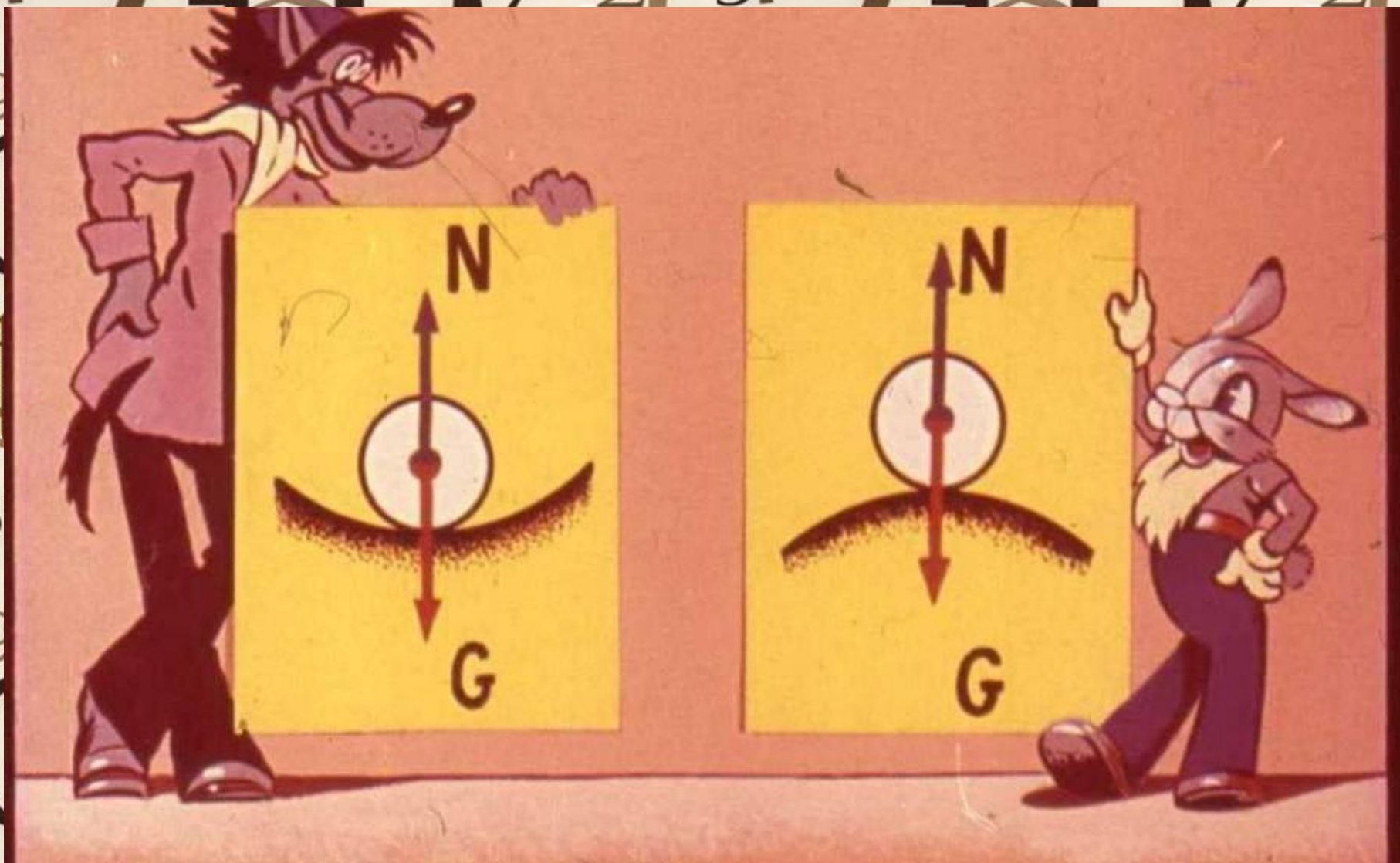


*Неустойчивое*



*Безразличное*





Если на тело, имеющее опору, действуют **уравновешивающие силы**, то тело находится в положении **равновесия**.





При отклонении тела от положения равновесия нарушается и равновесие сил. Если тело под действием равнодействующей силы возвращается в исходное положение, то это - **устойчивое равновесие**.



Если же тело под действием равнодействующей силы, ещё сильнее отклоняется от положения равновесия, то это - **неустойчивое равновесие**.





Возможен случай, когда при любом положении тела, равновесие сил сохраняется. Это состояние называется **безразличным равновесием.**



## Вывод:

- Равновесие устойчиво, если при малом отклонении от положения равновесия есть сила, стремящаяся вернуть его в это положение.
- Устойчиво такое положение, в котором его потенциальная энергия минимальна.

# РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ, ИМЕЮЩИХ ТОЧКУ ИЛИ ЛИНИЮ ОПОРЫ.



Фрагмент 1

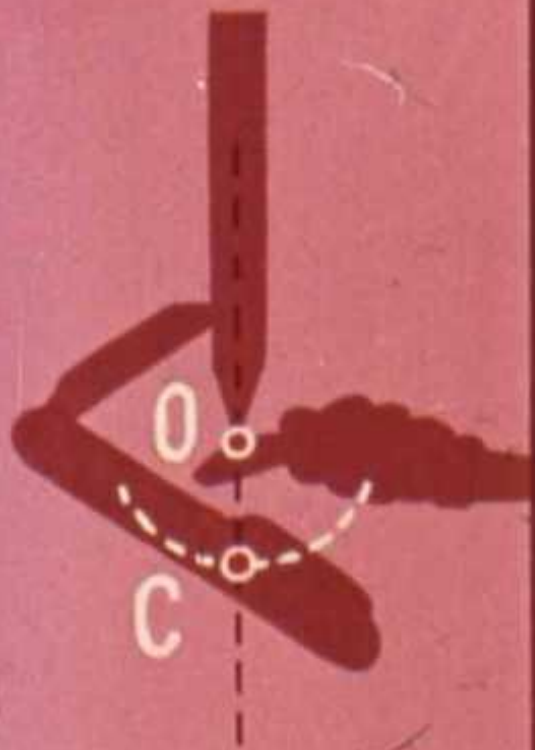


Центр тяжести выше точки опоры



Если центр тяжести находится выше точки опоры, то в этом случае осуществить равновесие сил практически невозможно. При малейшем отклонении карандаша от вертикального положения, его центр тяжести понижается и карандаш падает.

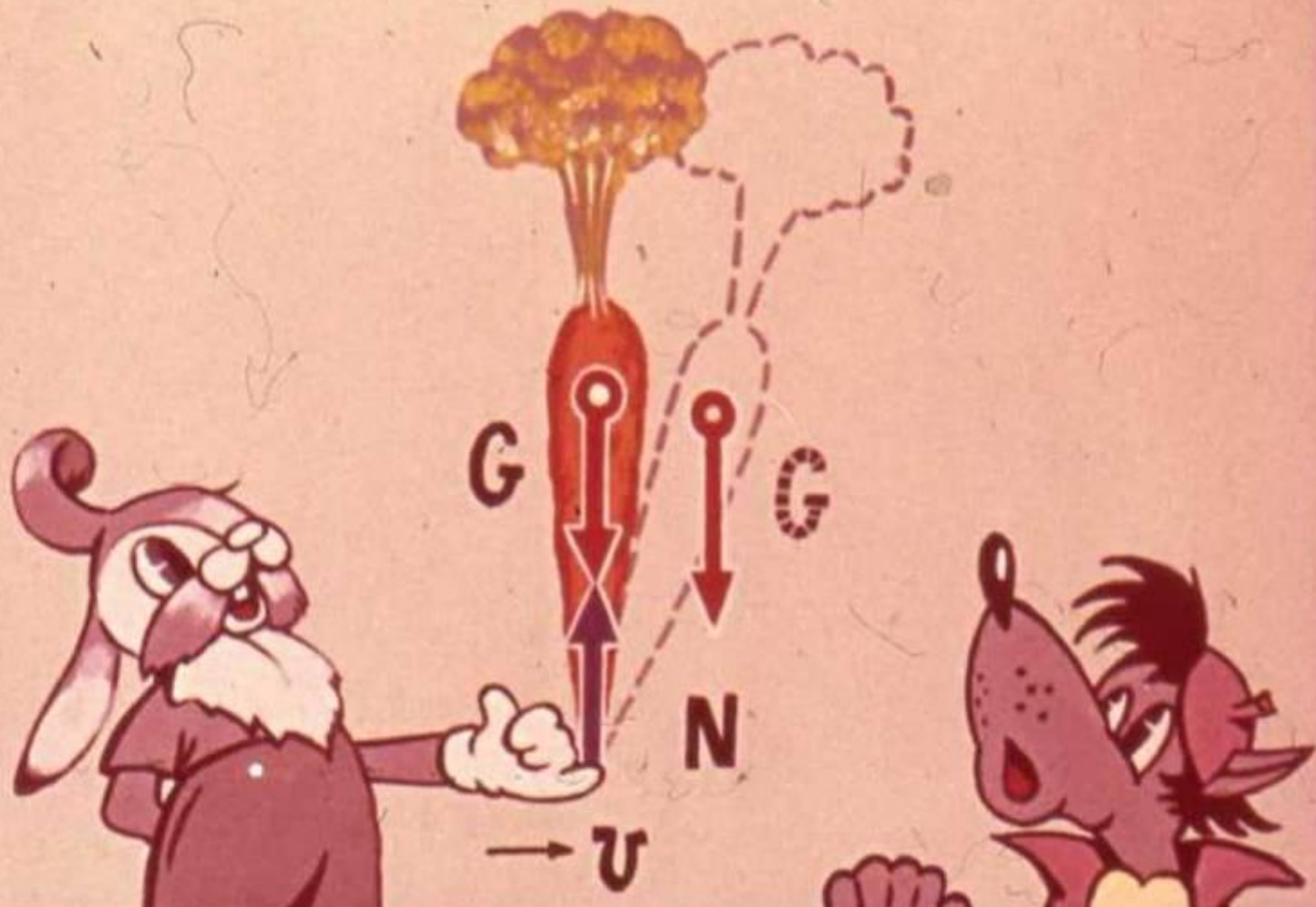




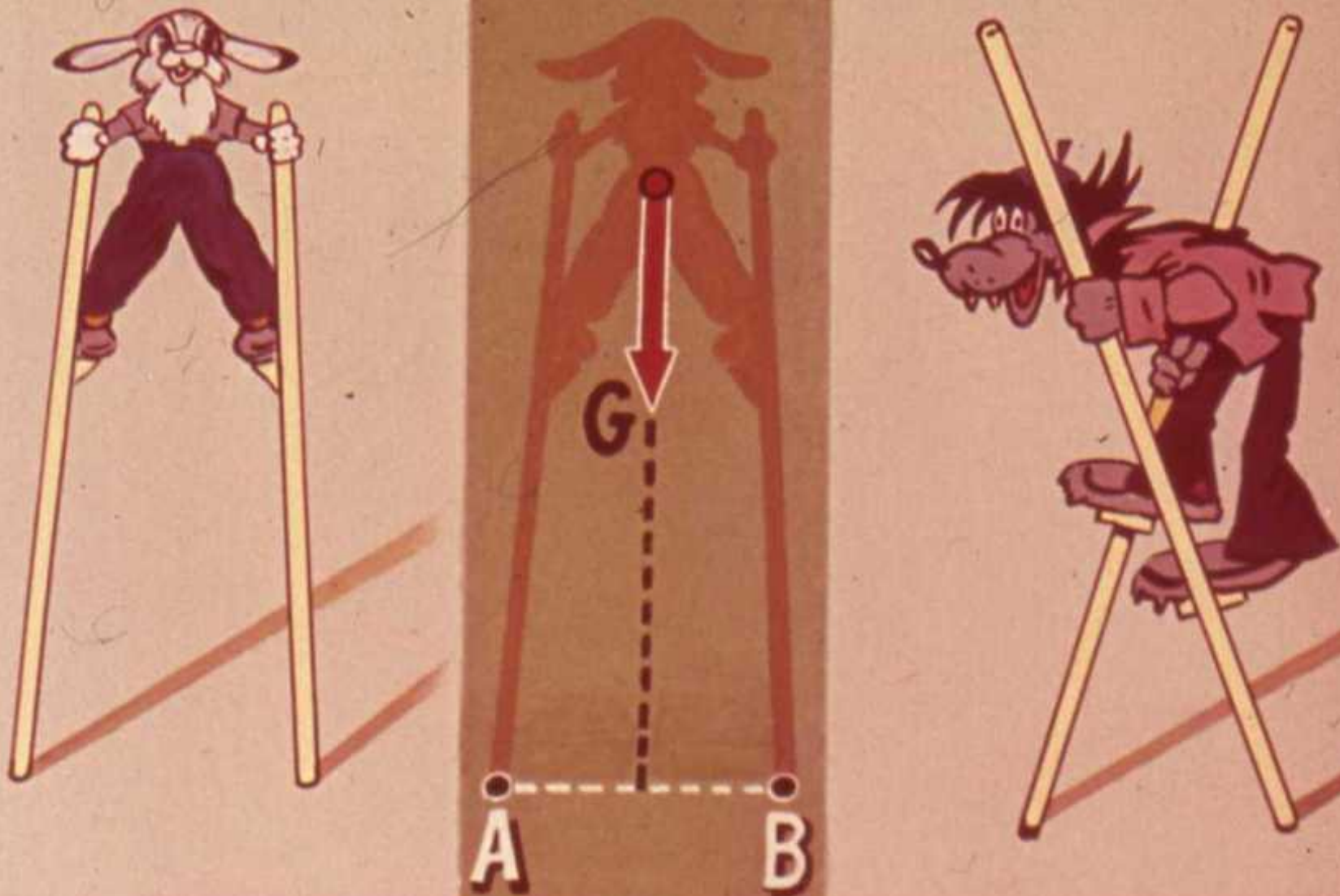
*Центр тяжести ниже точки опоры*

В случае если **центр тяжести** расположен ниже точки **опоры**, равновесие тела или системы тел – **устойчивое**. При отклонении тела, центр тяжести повышается, и тело возвращается в исходное состояние.





Равновесие тела, имеющего точку опоры ниже центра тяжести , **неустойчиво**. Но равновесие может **восстанавливаться** путём смещения точки опоры тела в сторону смещения центра тяжести.



Хождение на ходулях (две точки опоры или линия опоры) осуществляется путём непрерывного смещения центра тяжести относительно линии, соединяющей точки опоры (АВ).





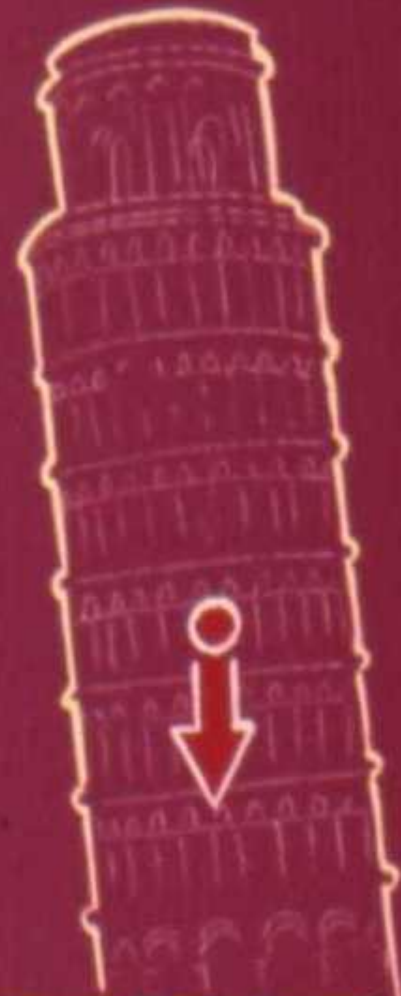
По положению центра тяжести можно судить о виде равновесия. Например езда эквилибриста по канату на велосипеде с противовесом является примером **устойчивого равновесия.**

## Вывод:

Для устойчивости тела, находящегося на одной точке или линии опоры необходимо, чтобы центр тяжести находился ниже точки (линии) опоры.



## Фрагмент 2

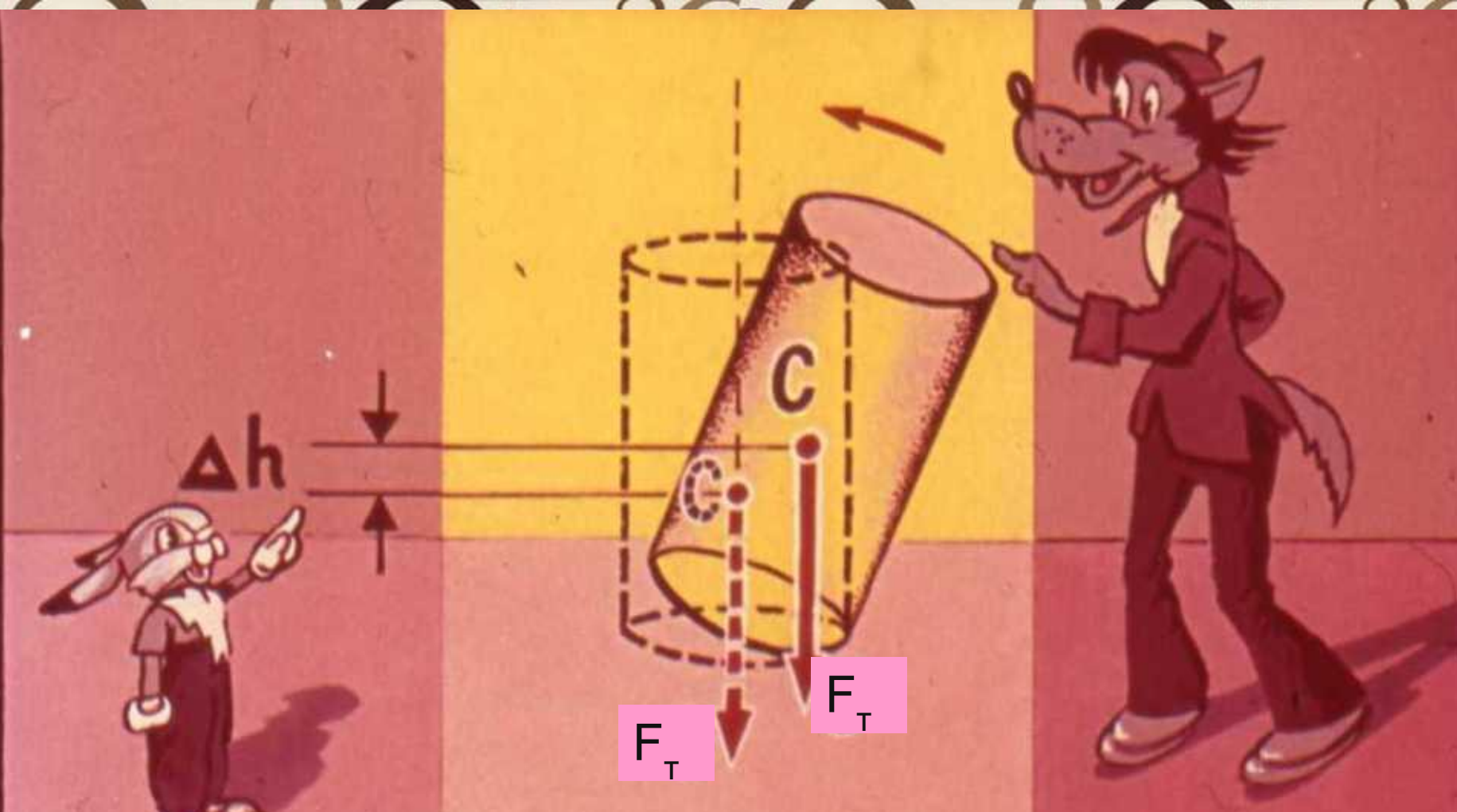


**УСТОЙЧИВОЕ РАВНОВЕСИЕ  
ИЛИ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕЛ,  
ИМЕЮЩИХ ПЛОЩАДЬ ОПОРЫ.**

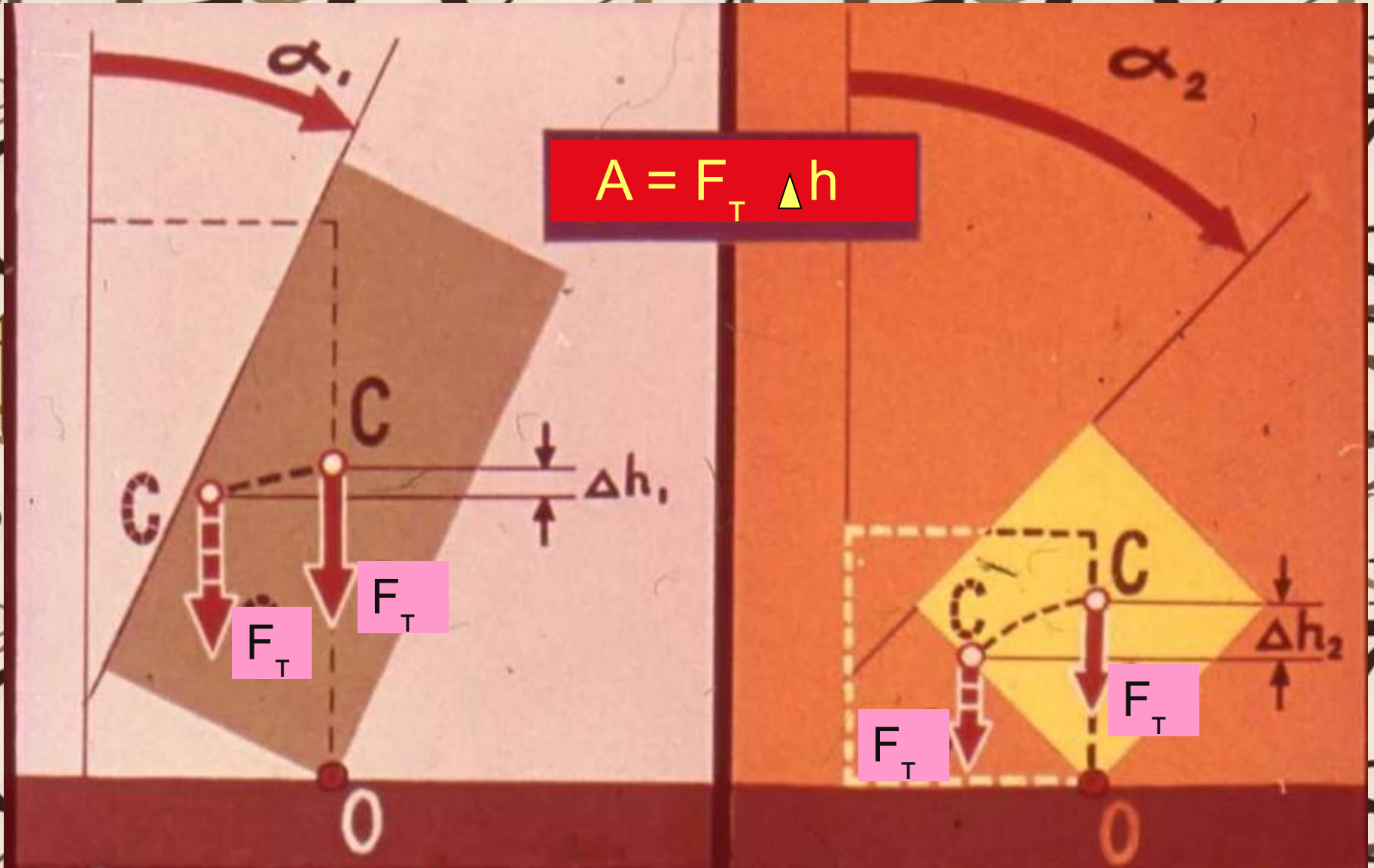


Под площадью опоры понимают площадь соприкосновения тела с опорой или площадь, ограниченную возможными осями, относительно которых может происходить опрокидывание ( поворот) тела под действием внешних сил.





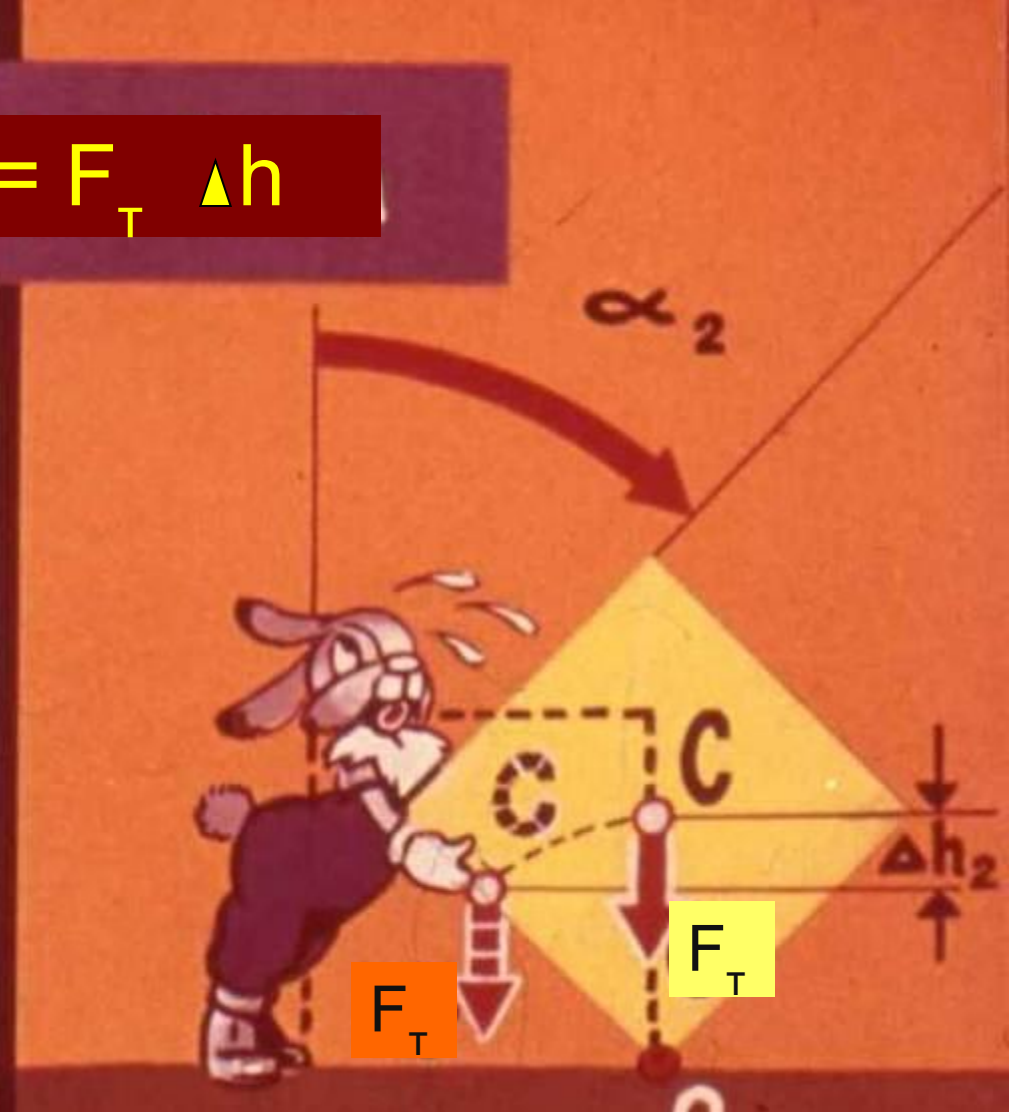
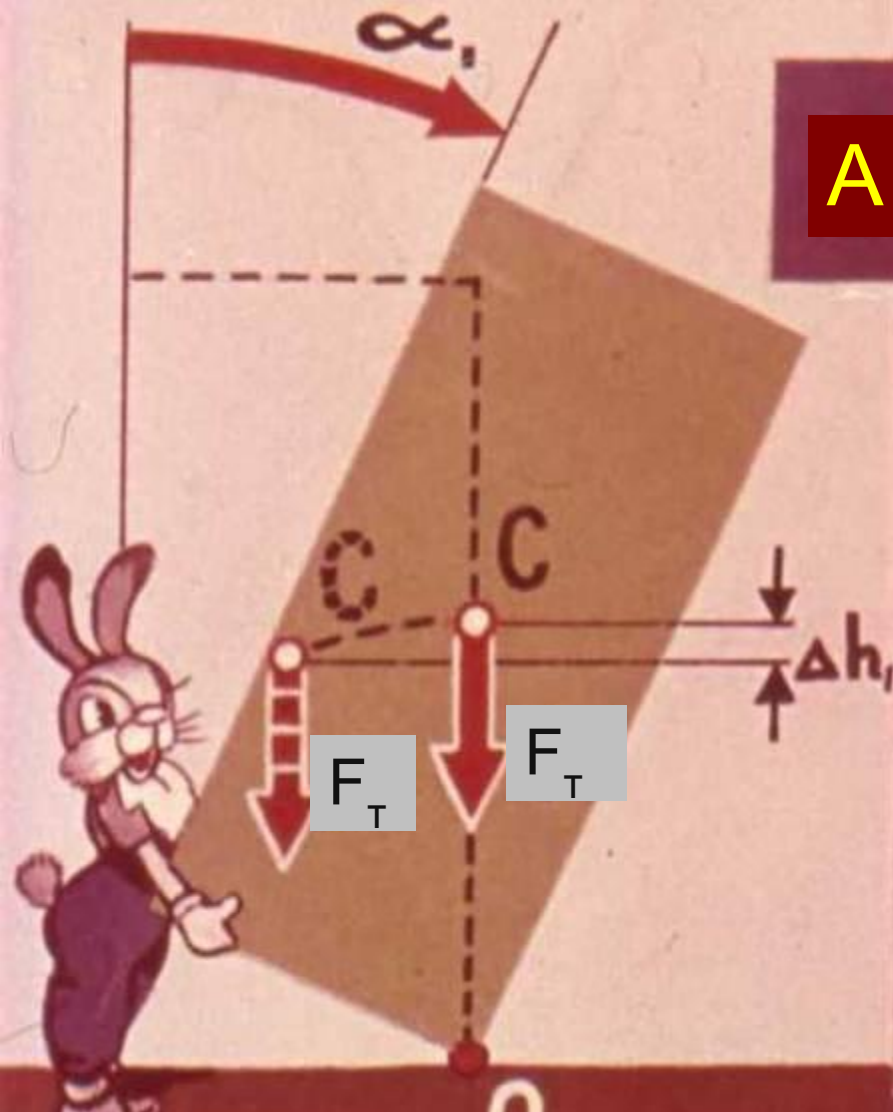
Если при отклонении тела, имеющего площадь опоры, происходит повышение центра тяжести, то равновесие будет устойчивым. При **устойчивом равновесии** вертикальная прямая, проходящая через центр тяжести, всегда будет проходить через площадь опоры.



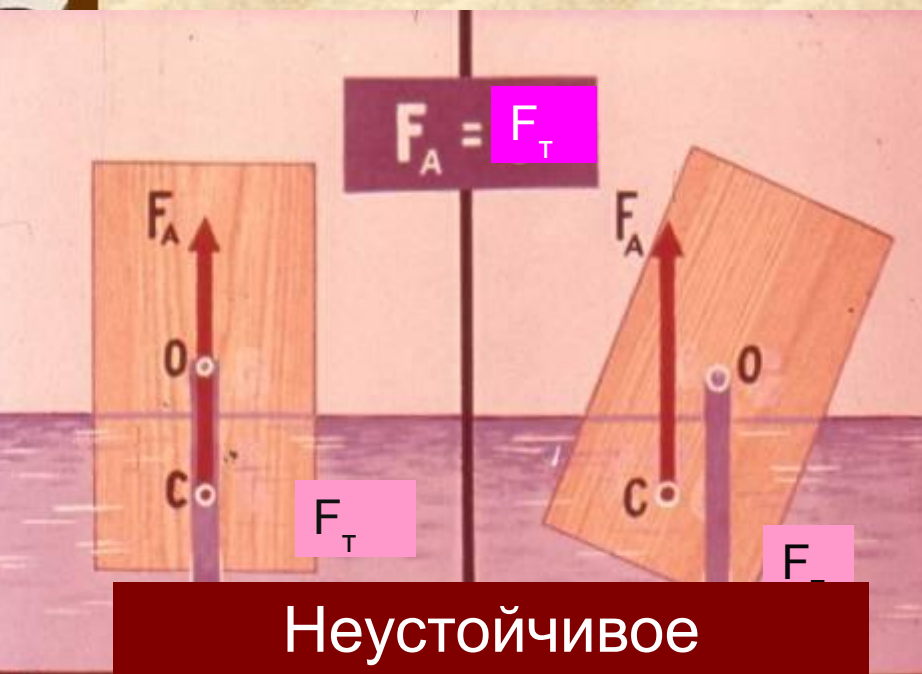
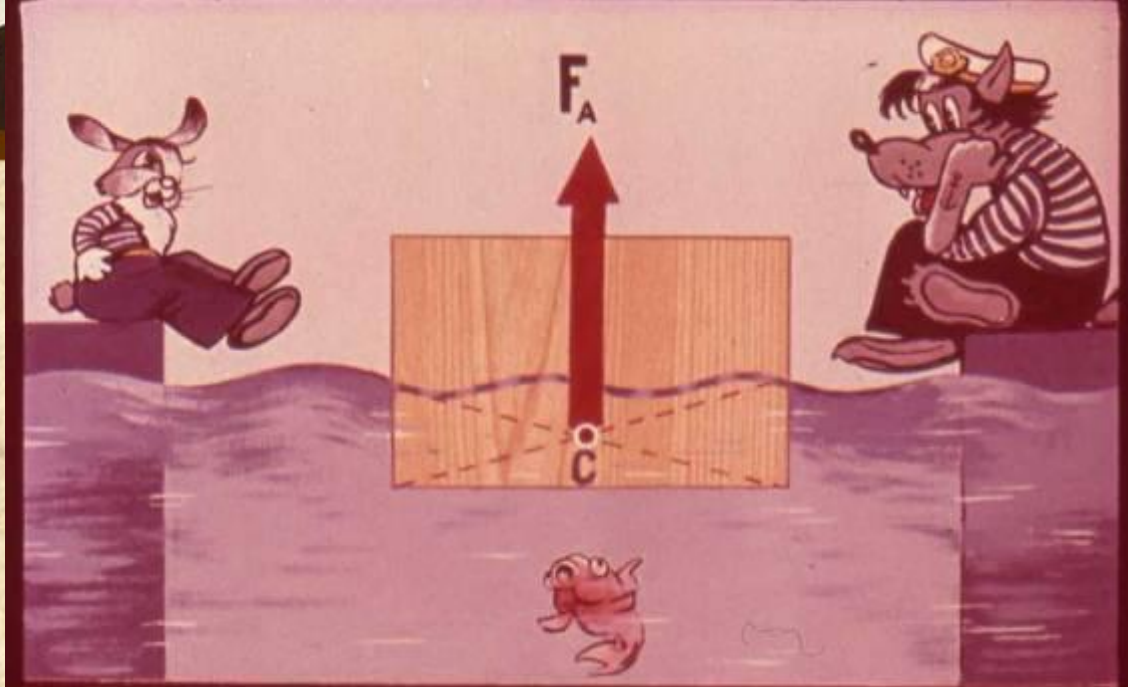
Два тела, у которых одинаковы вес и площадь опоры, но разная высота, имеют разный предельный угол наклона. Если этот угол превысит, то тела опрокидываются.



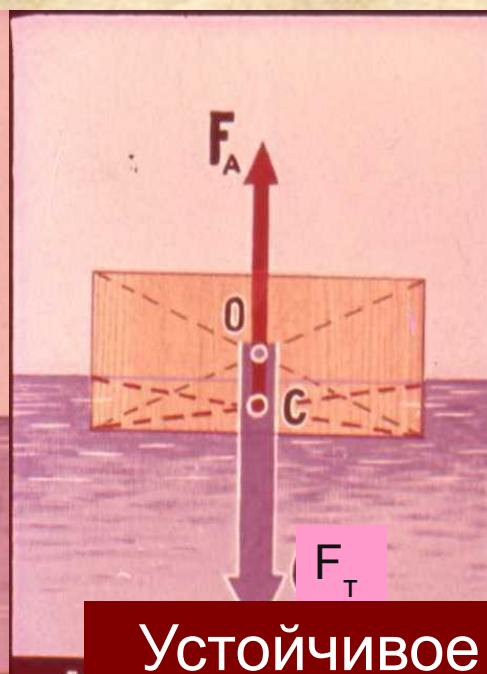
$$A = F_T \Delta h$$



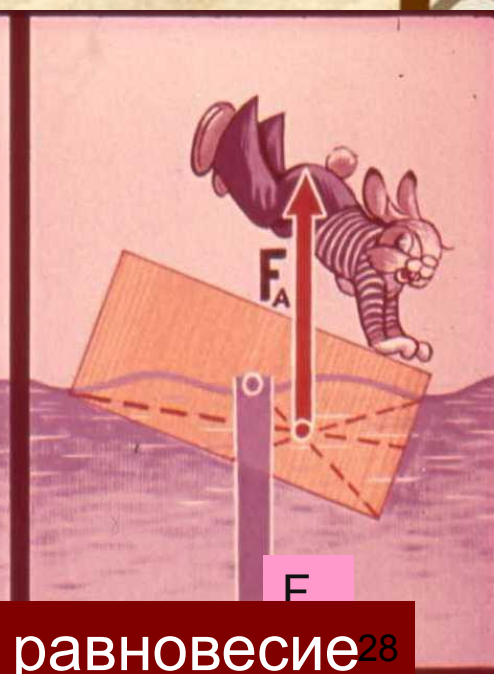
При более низком положении центра тяжести необходимо затратить большую работу для опрокидывания тела. Следовательно **работа по опрокидыванию** может служить мерой его **устойчивости**.



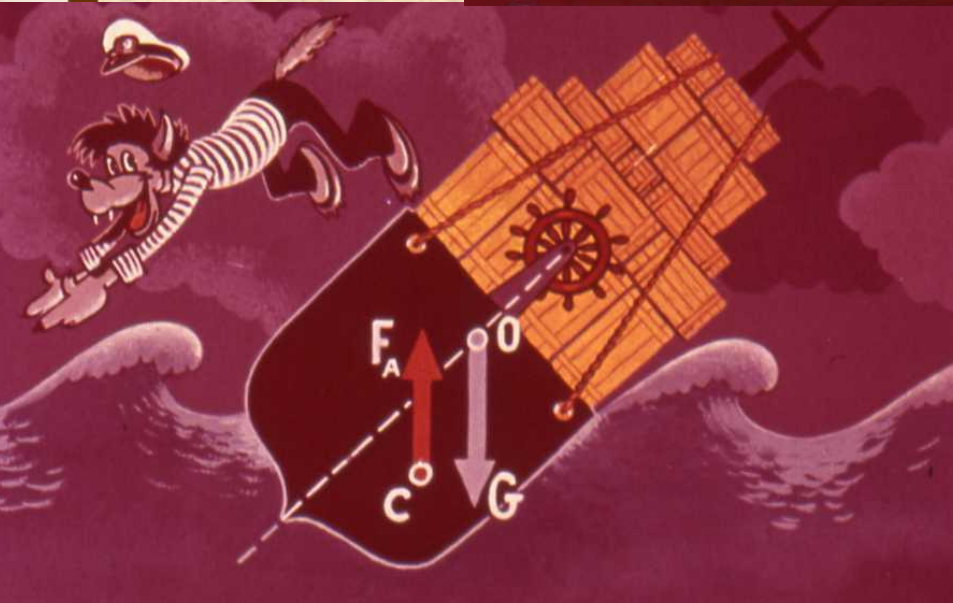
Неустойчивое  
равновесие



Устойчивое равновесие

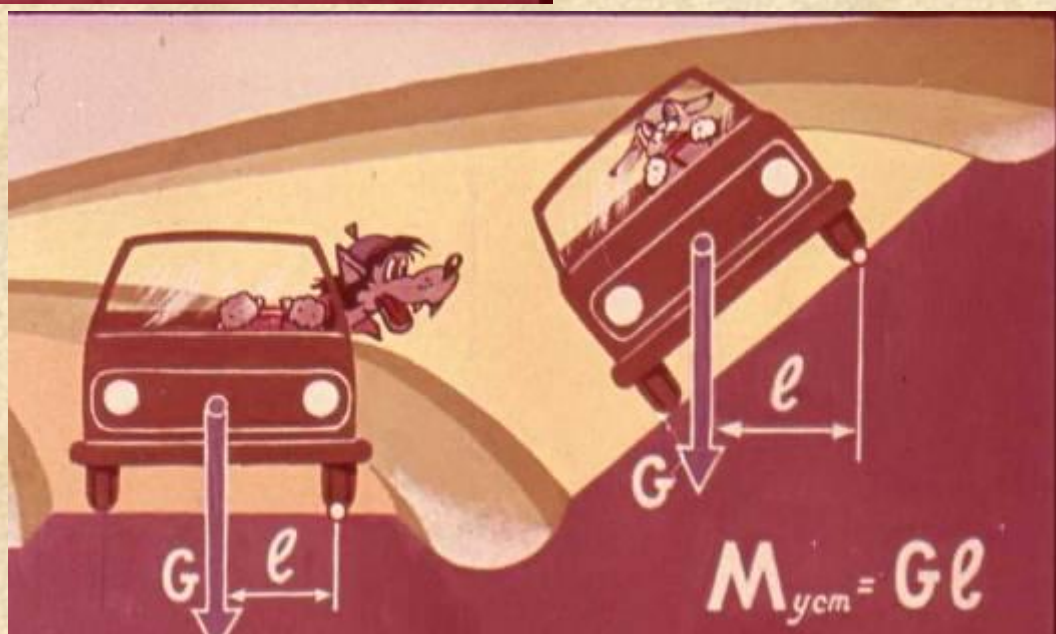
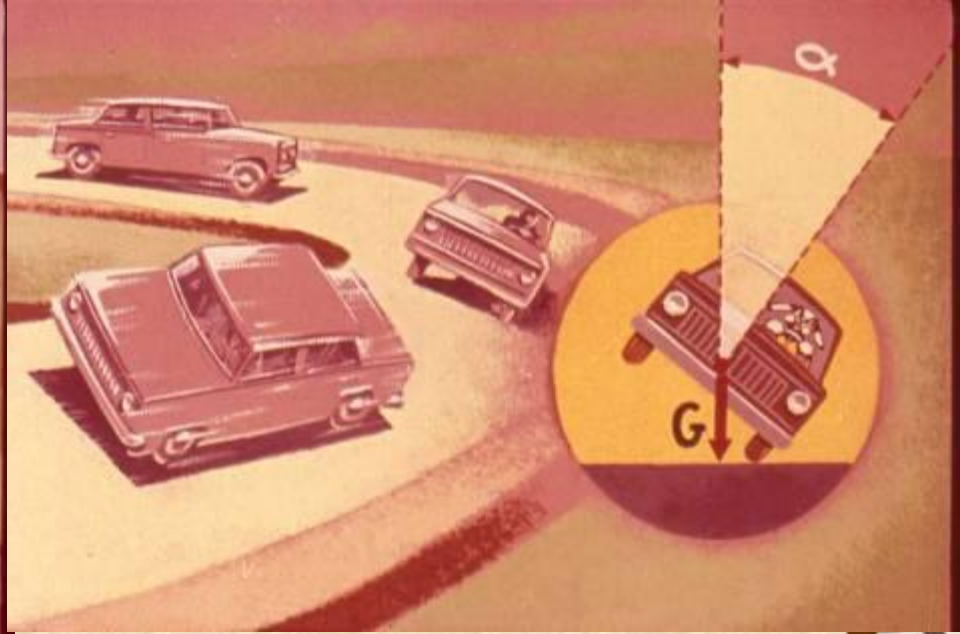
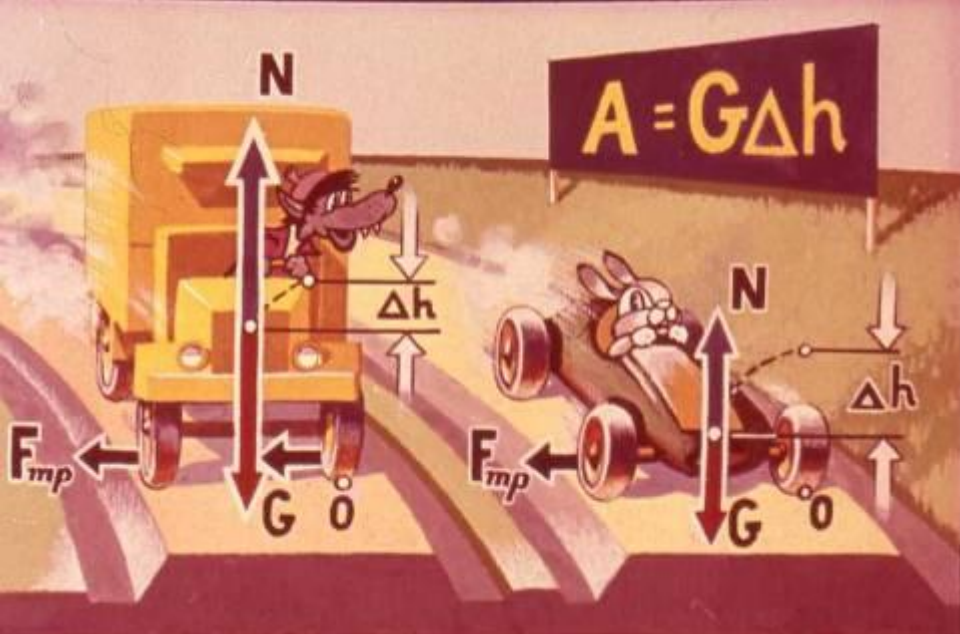






Чем ниже центр тяжести корабля, тем больше его устойчивость.





Чтобы увеличить устойчивость машин на поворотах, полотно дороги наклоняют в сторону поворота.



## Вывод:

1. Устойчиво то тело, у которого площадь опоры больше.

2. Из двух тел одинаковой площади устойчиво то, у которого центр тяжести расположен ниже, т. к. его можно отклонить без опрокидывания на большой угол.



Почему Пизанская башня стоит под наклоном и не падает?



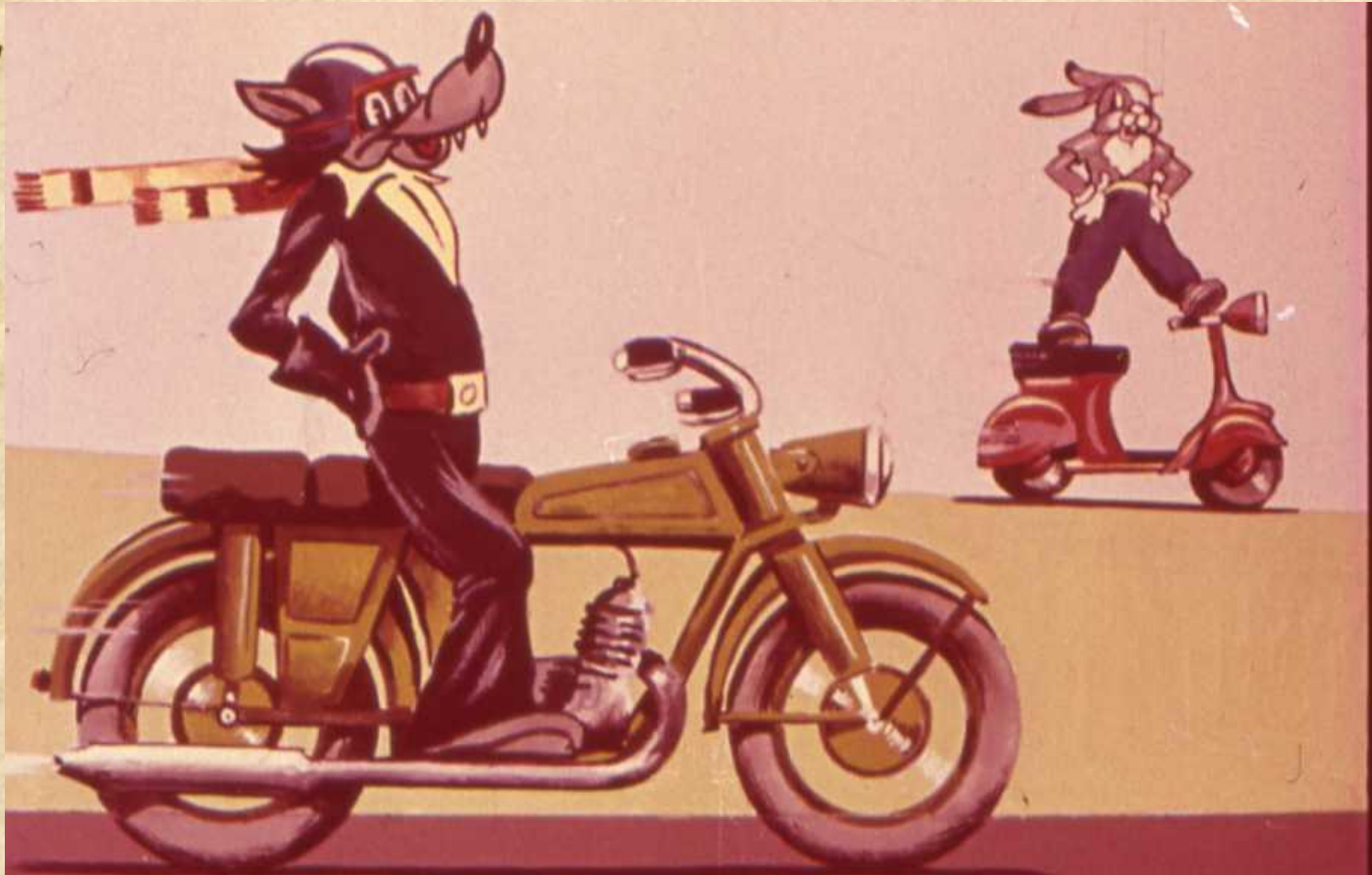


Почему «Ванька-встанька» возвращается  
в положение равновесия при любом  
наклоне игрушки?





Каким образом сохраняют  
равновесие велосипедисты и  
мотоциклисты?

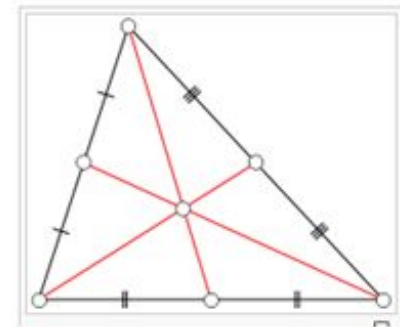




# Центроид треугольника

**Центроид треугольника**, (также **барицентр** треугольника и **центр тяжести** треугольника) — точка пересечения медиан в треугольнике.

Центроид традиционно обозначается латинской буквой  $M$ . Центроид треугольника относится к **замечательным** точкам треугольника



## Свойства

- Центроид делит каждую медиану в отношении 2:1, считая от вершины.
- Центроид лежит на отрезке, соединяющем **ортоцентр** и центр описанной окружности, и делит его в отношении 2:1 (см. **прямая Эйлера**).
- Если в вершины треугольника поместить равные массы, то **центр масс** (**барицентр**) полученной системы будет совпадать с центроидом. Более того, центр масс треугольника с равномерно распределённой массой также находится в центроиде.
- Если  $M$  — центроид треугольника  $ABC$  то для любой точки  $O$  верно равенство

$$\overrightarrow{OM} = \frac{1}{3}(\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{OB} + \overrightarrow{OC}).$$

- Центроид является точкой, для которой сумма квадратов расстояний до вершин треугольника принимает наименьшее значение (**теорема Лейбница**).
- Три отрезка прямых, соединяющих вершины треугольника с центроидом, разбивают данный треугольник на три равновеликих треугольника (равной площади).
- Три отрезка прямых, соединяющих середины сторон треугольника с центроидом, разбивают данный треугольник на три равновеликих четырёхугольника (равной площади).
- При изогональном сопряжении центроид переходит в **точку Лемуана** (в точку пересечения трех **симедиан** треугольника).
- Построим две прямые, каждая из которых проходит через **точку Аполлония** и **точку Торричелли**, отличную от изогонально сопряжённой ей. Такие прямые пересекутся в центроиде треугольника.
- Пусть  $ABC$  — треугольник на плоскости. Окружность, проходящая через центроид и две **точки Аполлония** треугольника  $ABC$ , называется **окружностью Парри** треугольника  $ABC$ .
- Три **чевианы**, проведённые через произвольную точку  $O$  внутри треугольника, делят своими концами стороны треугольника на шесть отрезков. Произведение длин трёх из этих шести отрезков, не имеющих общих концов, максимально, если точка  $O$  совпадает с центроидом.

## Выводы

- Существует три вида равновесия: устойчивое, неустойчивое, безразличное.
- Устойчиво положение тела, в котором его потенциальная энергия минимальна.
- Устойчивость тел на плоской поверхности тем больше, чем больше площадь опоры и ниже центр тяжести.