

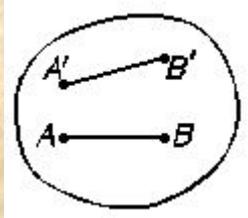


**СТАТИКА –**  
раздел  
механики,  
изучающий  
условия  
равновесия тел.

# Твёрдое тело



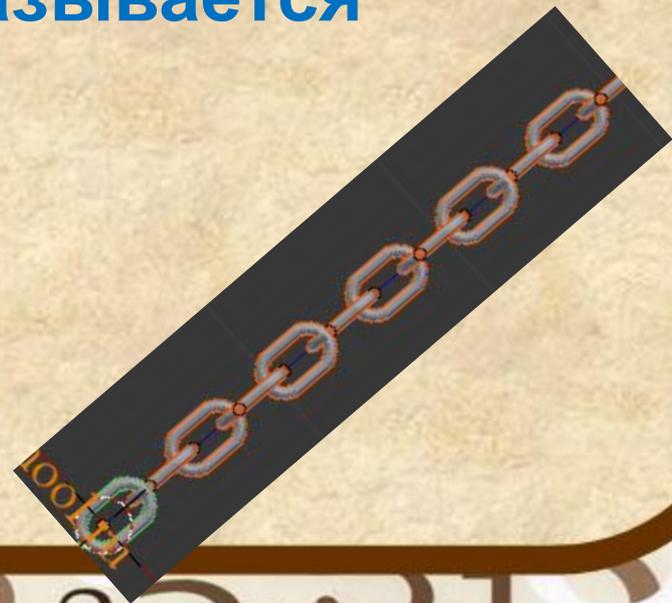
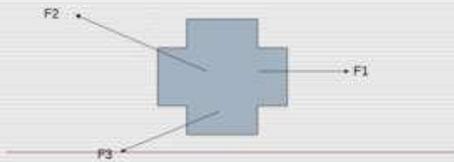
900igr.net



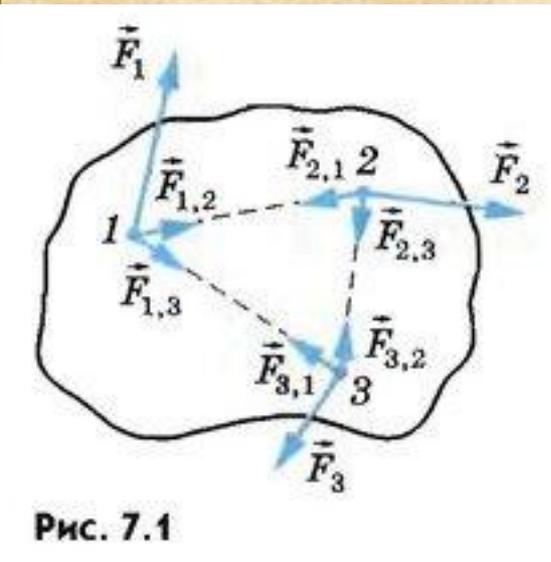
Тело, взаимное расположение частей которого не меняется, называется абсолютно твёрдым.

## Абсолютно твёрдое тело

- Если деформациями можно пренебречь, тела будут недеформируемые, т.е. **абсолютно твёрдыми**

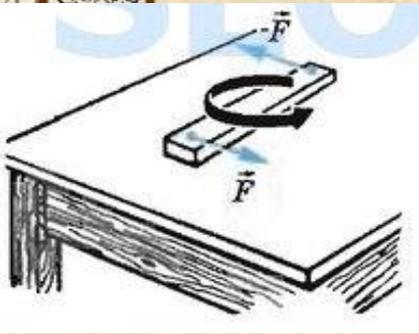


# I условие равновесия:



- $F_{12}$  - сила, действующая на 1 элемент со стороны 2 элемента
- $F_{21}$  - сила, действующая на 2 элемент со стороны 1 элемента
- Внутренние силы также  $F_{13}, F_{31}, F_{23}, F_{32}$  и т.д.
- $F_1, F_2, F_3$  – внешние силы
- Если твердое тело находится в равновесии, то геометрическая сумма внешних сил, приложенных к телу, равна нулю.  
 $\Sigma F=0.$

# II условие равновесия:



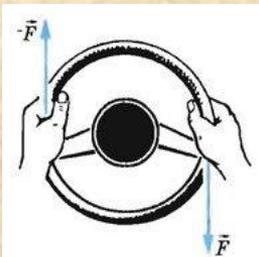
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0.$$

$$A_1 = F_1 \alpha |BO|,$$
$$A_2 = -F_2 \alpha |CO|$$

$$M = \pm Fd$$

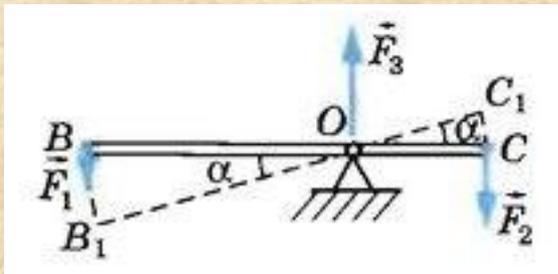
$$A_1 = F_1 \alpha d_1,$$
$$A_2 = -F_2 \alpha d_2.$$

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



$$A_1 = M_1 \alpha,$$
$$A_2 = M_2 \alpha,$$

$$M_1 + M_2 = 0$$



При равновесии твердого тела сумма моментов всех внешних сил, действующих на него относительно любой оси, равна 0.

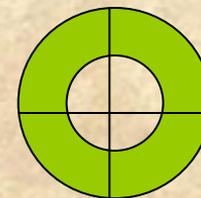
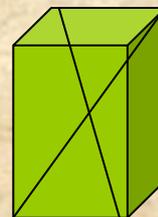
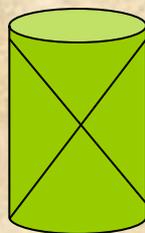
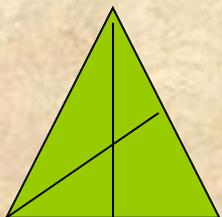
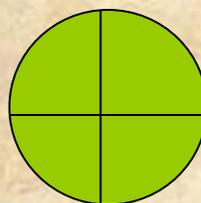
- Условия являются необходимыми и достаточными для равновесия твердого тела

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0,$$
$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0.$$



# Центр тяжести тела.

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



# ВИДЫ РАВНОВЕСИЯ



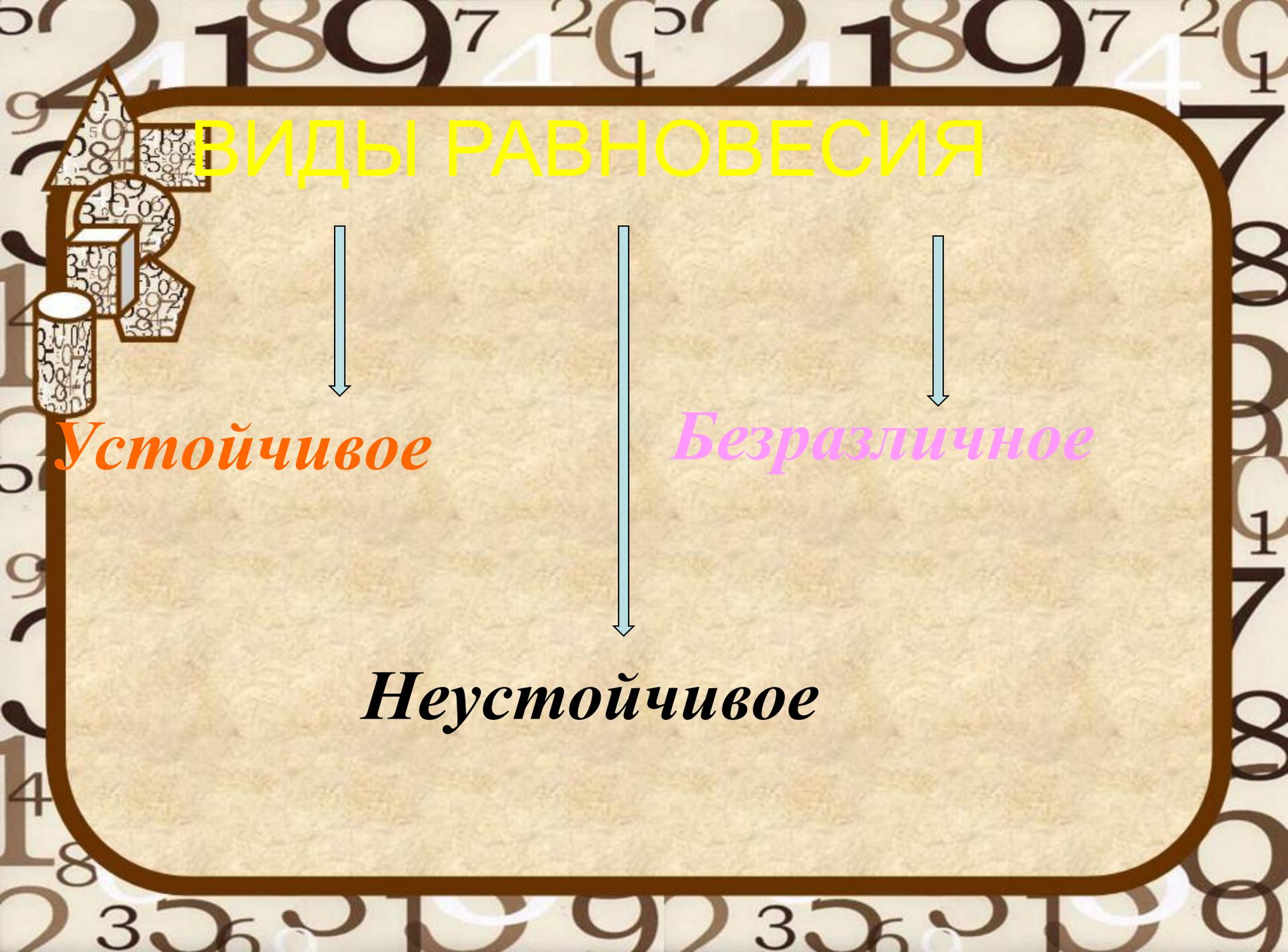
*Устойчивое*

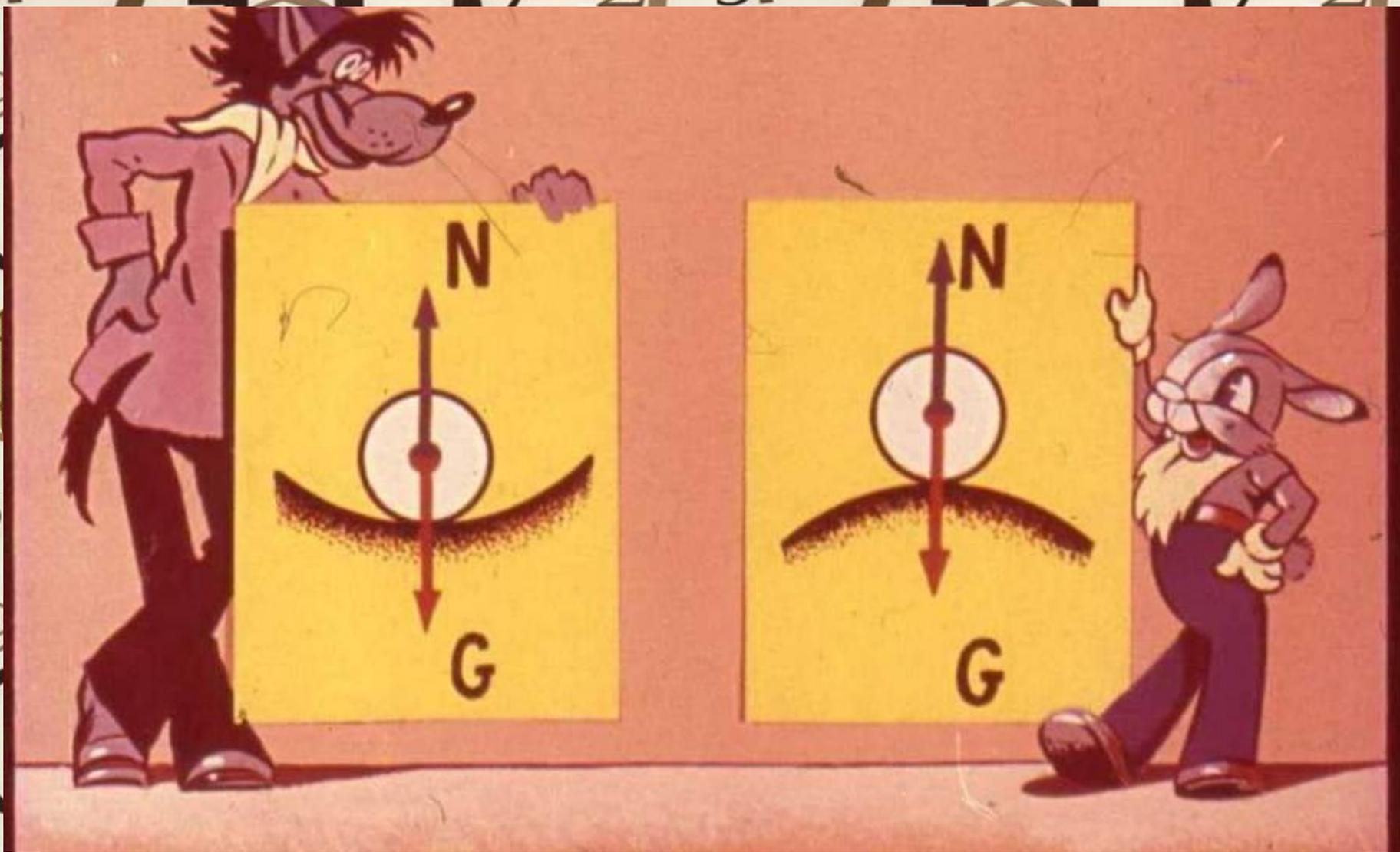


*Неустойчивое*



*Безразличное*





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



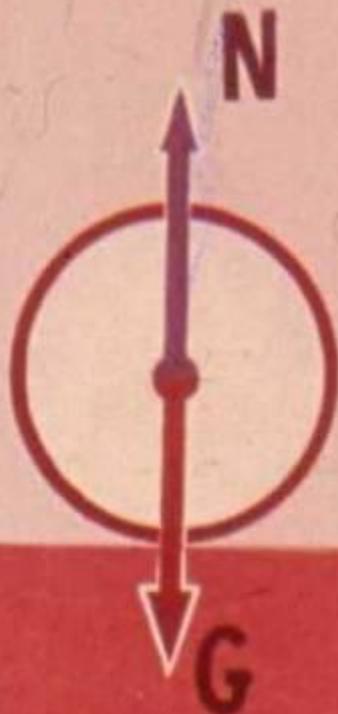
1  
7  
8

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



7  
8

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.

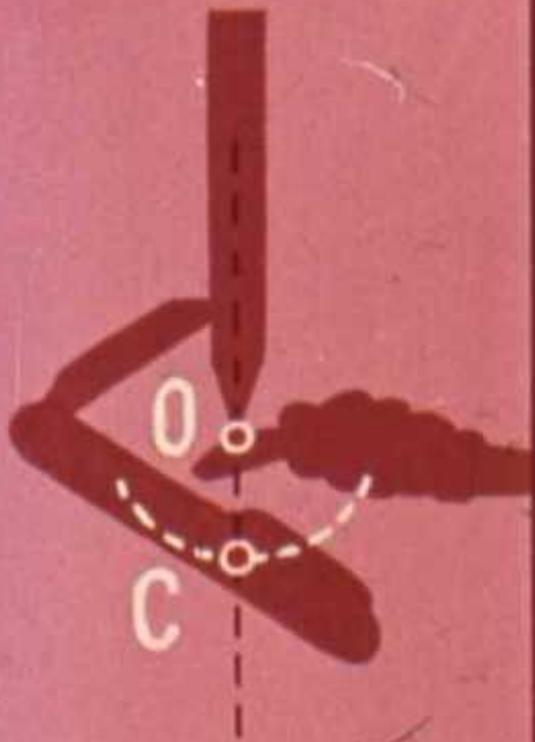


Фрагмент 1

Центр тяжести выше точки опоры

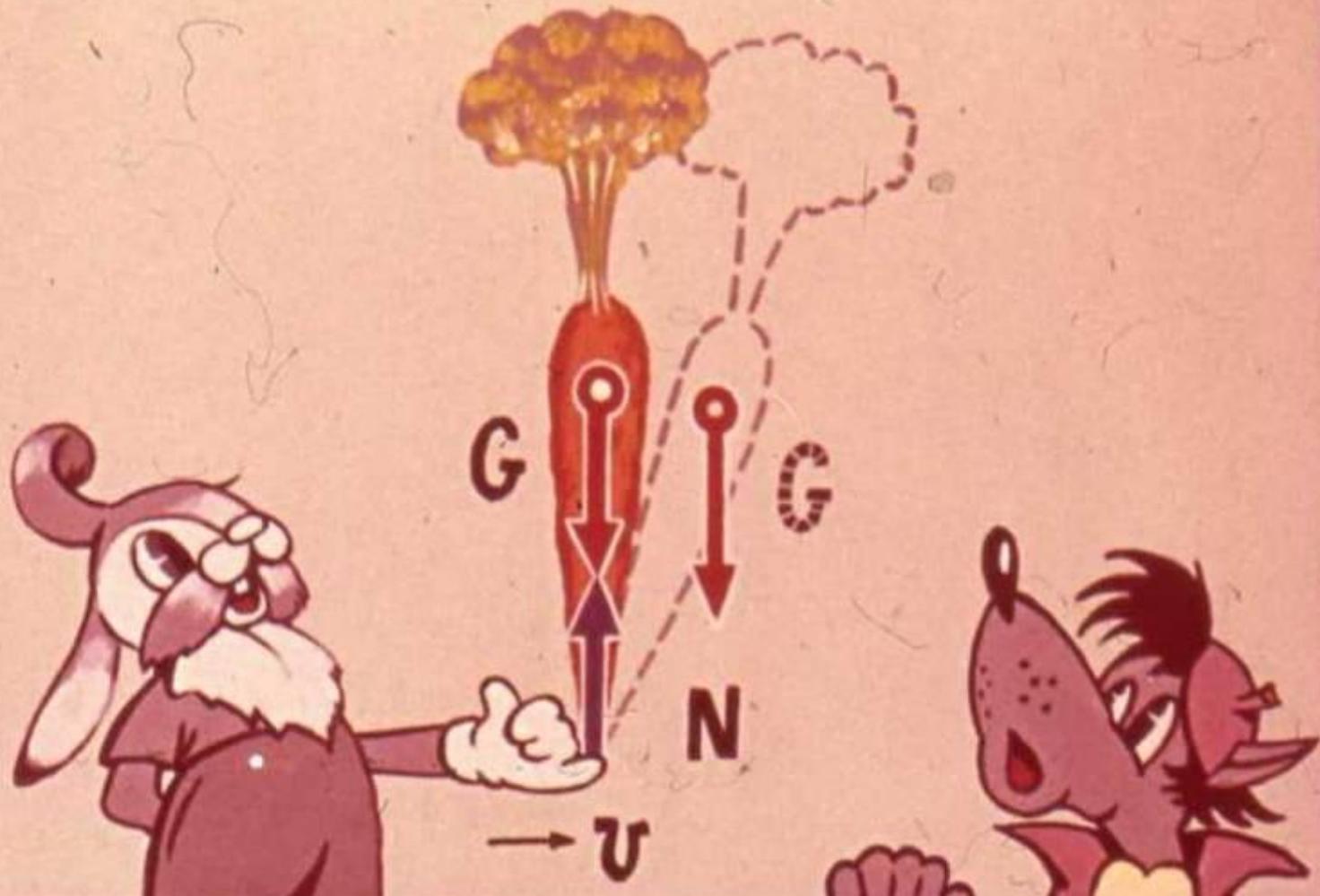


Если центр тяжести находится выше точки опоры, то в этом случае осуществить равновесие сил практически невозможно. При малейшем отклонении карандаша от вертикального положения, его центр тяжести понижается и карандаш падает.

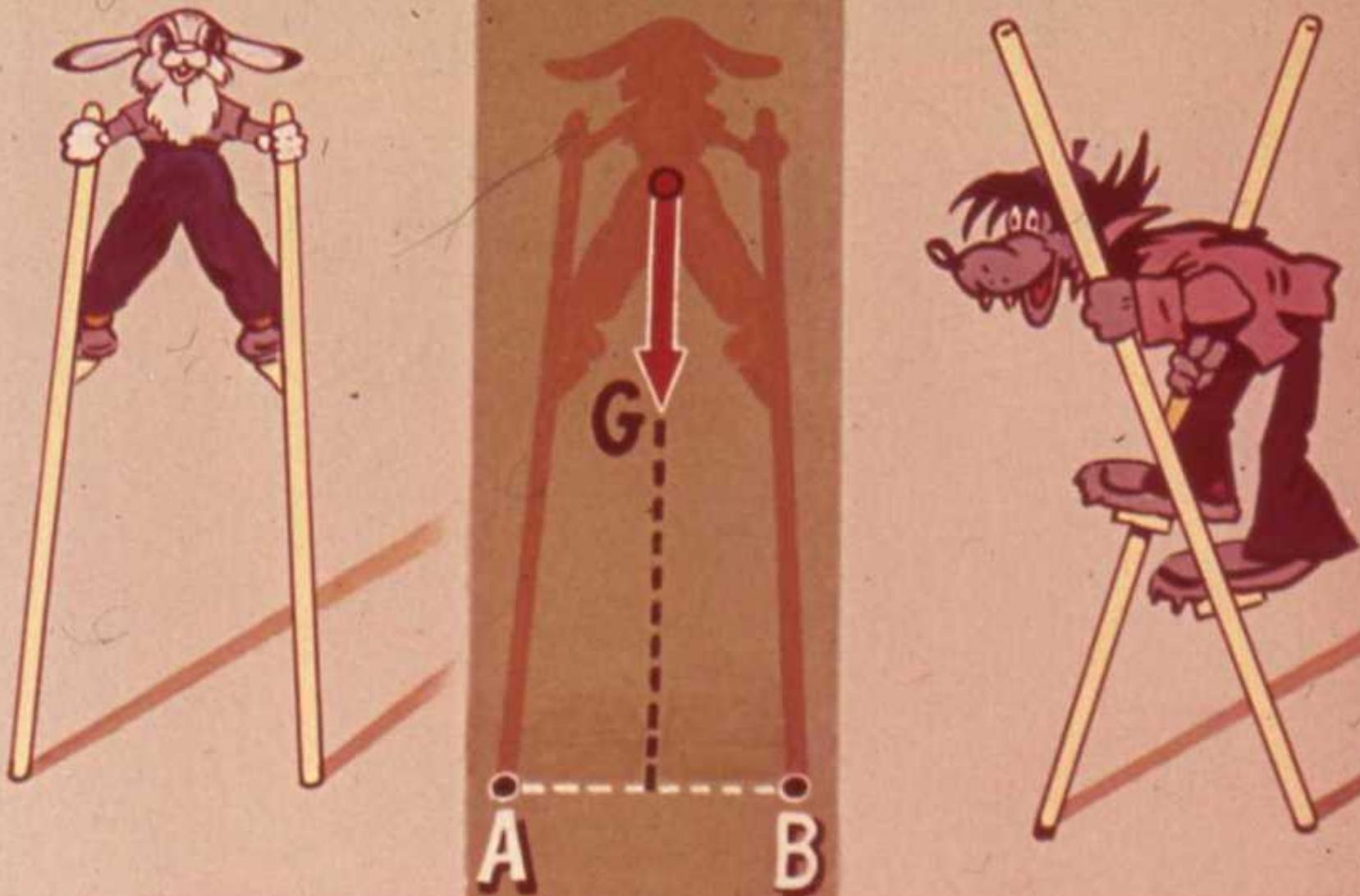


*Центр тяжести ниже точки опоры*

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).

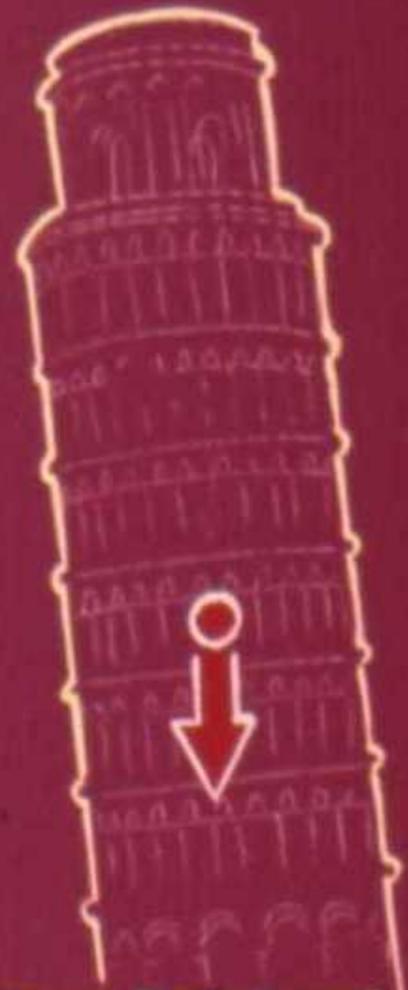


По положению центра тяжести можно судить о виде равновесия. Например езда эквилибриста по канату на велосипеде с противовесом является примером **устойчивого равновесия.**

## Вывод:

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

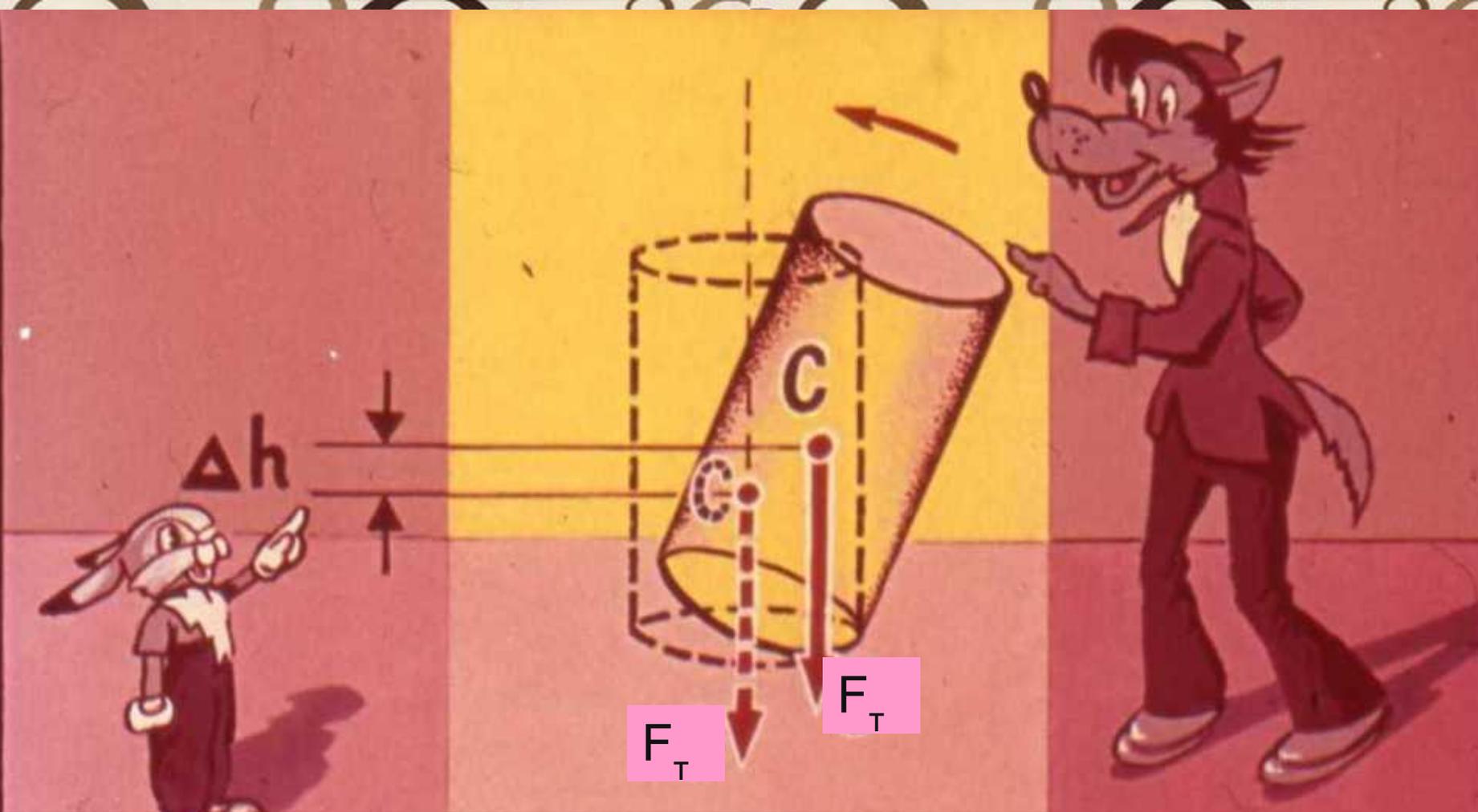
## Фрагмент 2



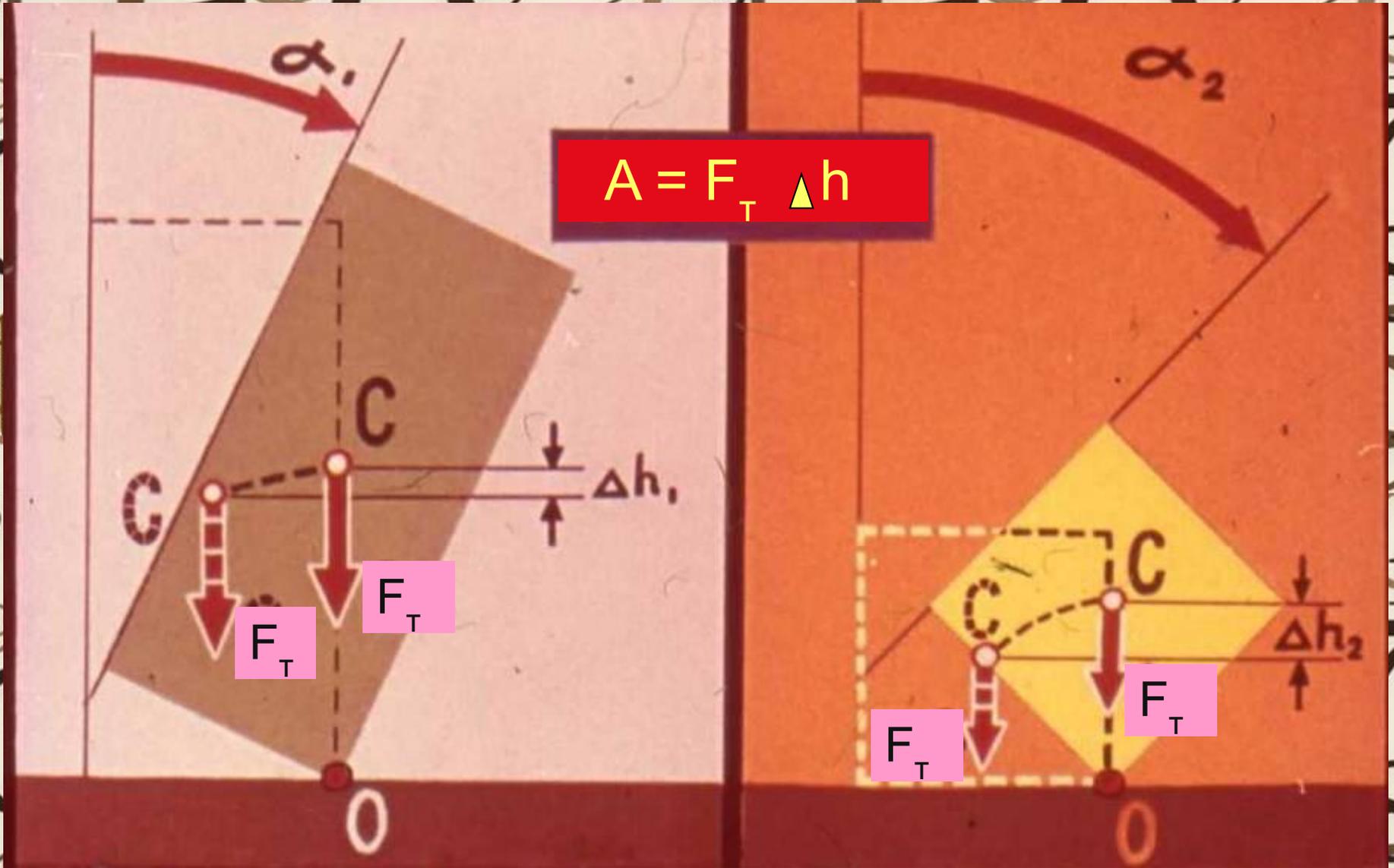
**Устойчивое равновесие  
или устойчивость тел,  
имеющих площадь опоры.**



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.

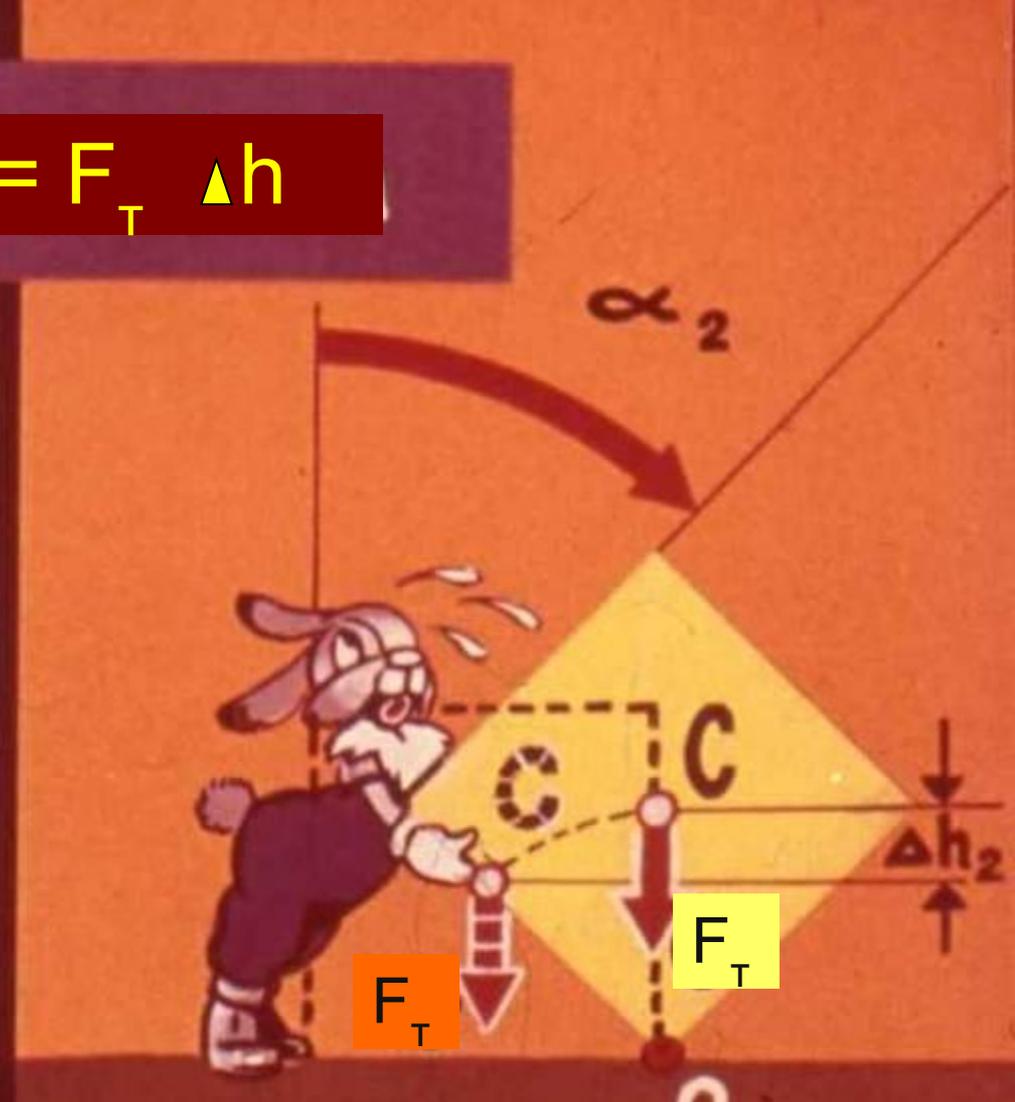
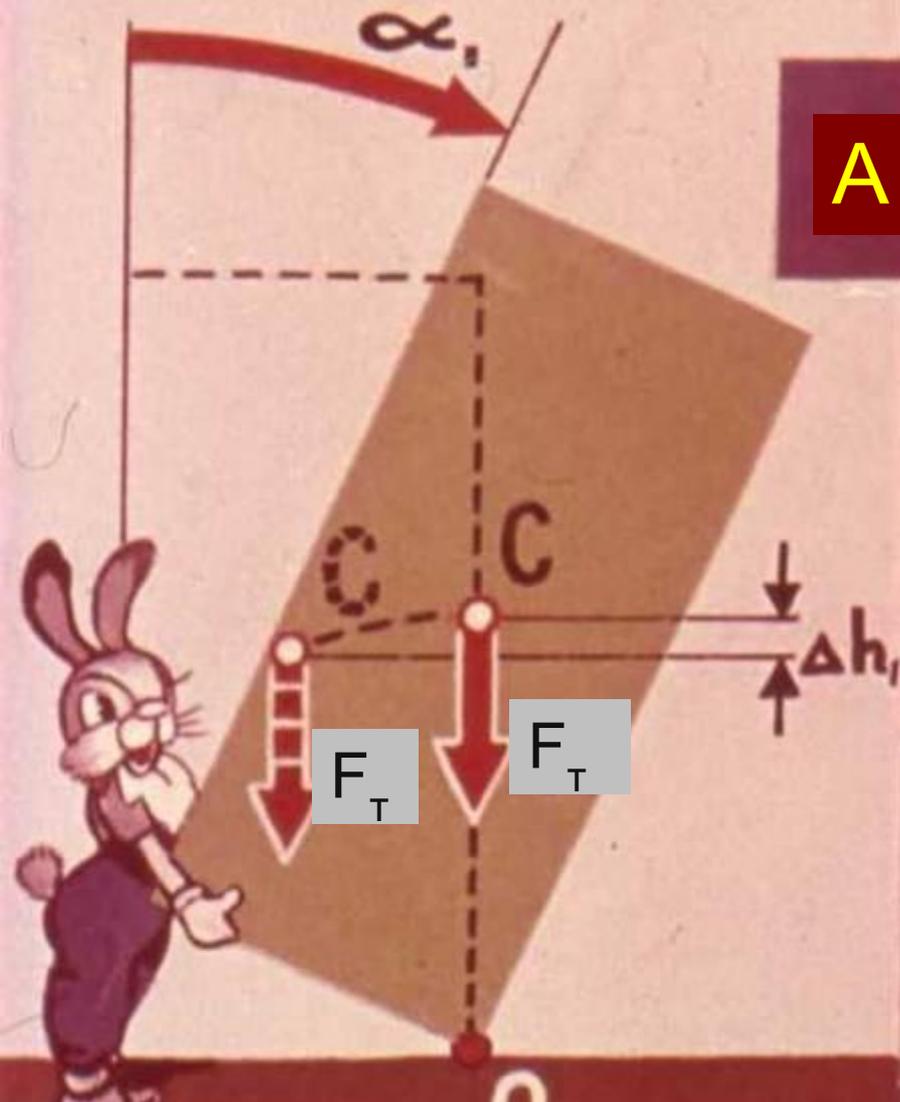


Если при отклонении тела, имеющего площадь опоры, происходит повышение центра тяжести, то равновесие будет устойчивым. При **устойчивом равновесии** вертикальная прямая, проходящая через центр тяжести, всегда будет проходить через площадь опоры.

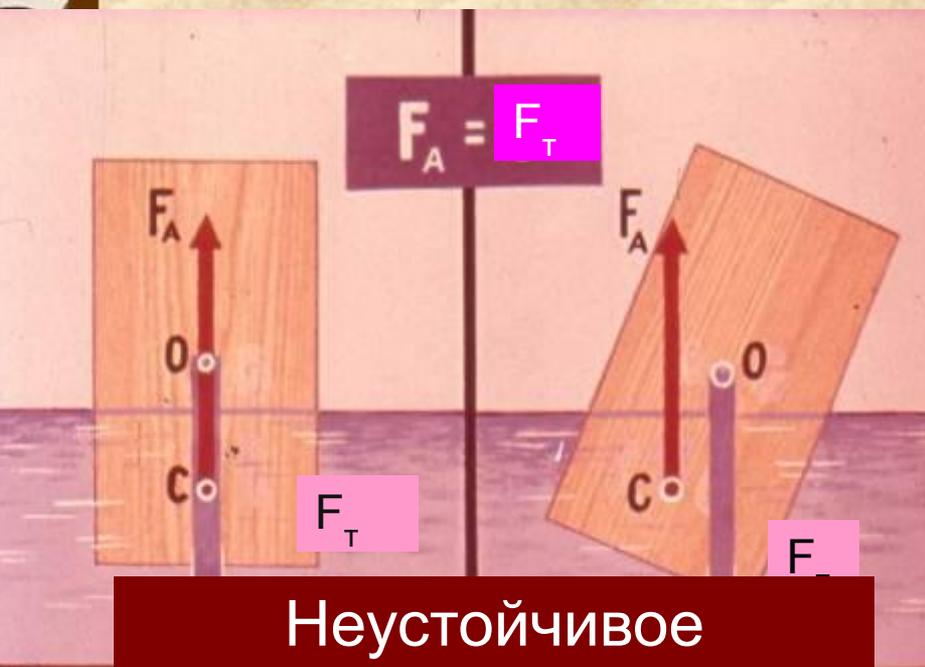
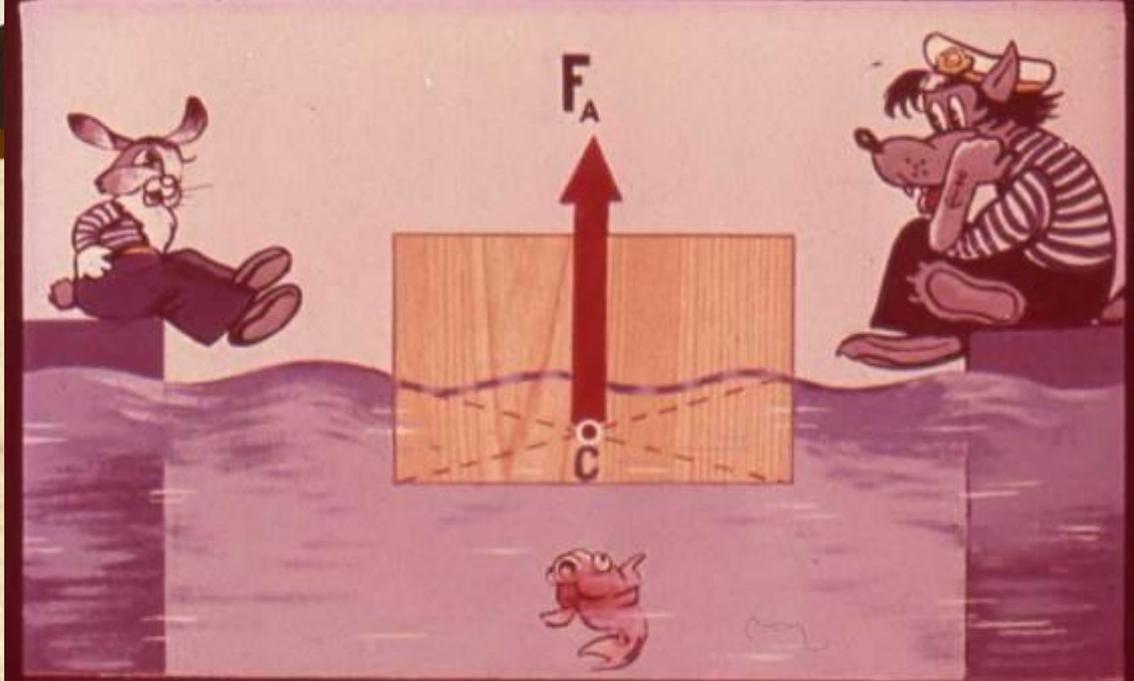


Два тела, у которых одинаковы вес и площадь опоры, но разная высота, имеют разный предельный угол наклона . Если этот угол превысит, то тела опрокидываются.

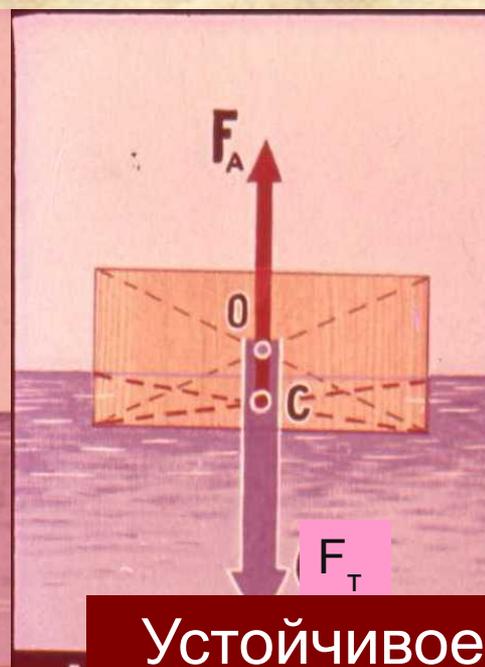
$$A = F_T \Delta h$$



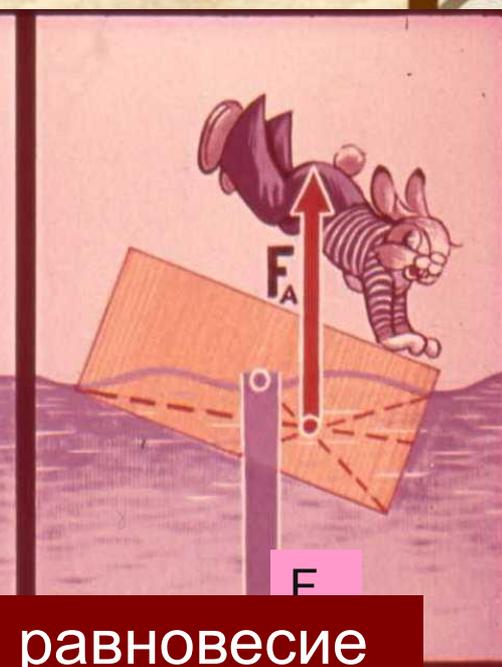
При более низком положении центра тяжести необходимо затратить большую работу для опрокидывания тела. Следовательно **работа по опрокидыванию** может служить мерой его **устойчивости**.

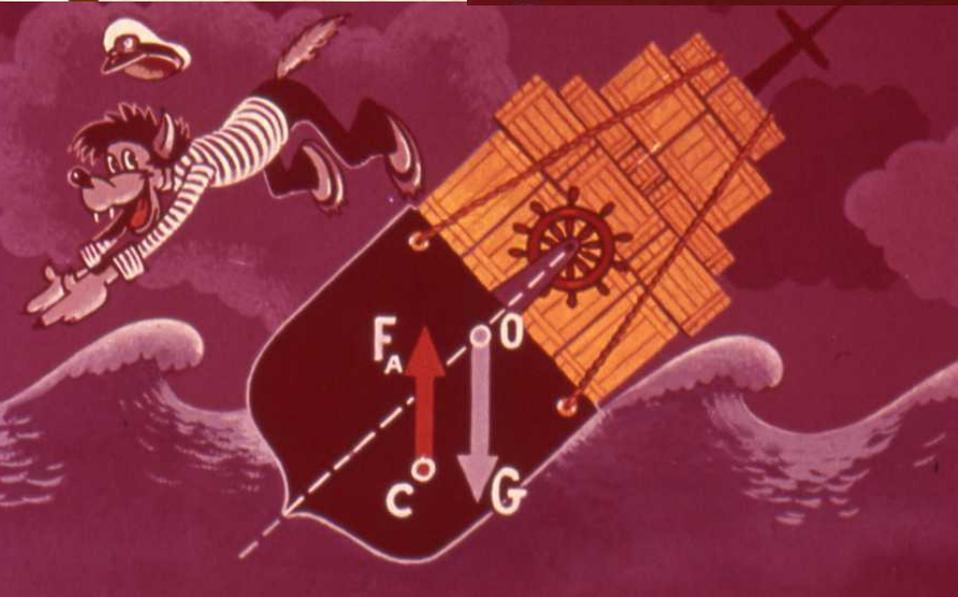


Неустойчивое  
равновесие

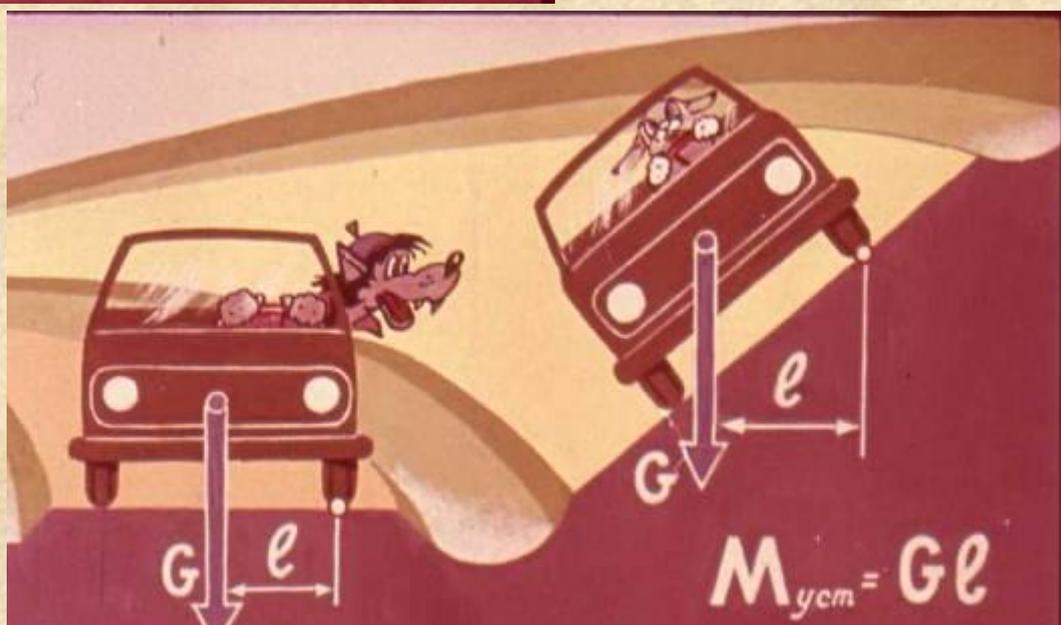
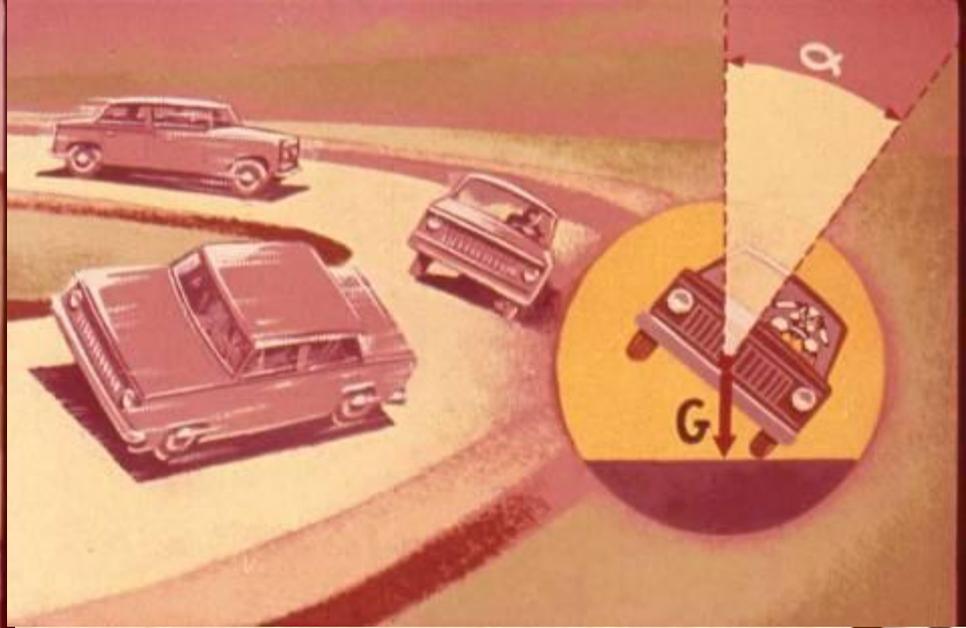
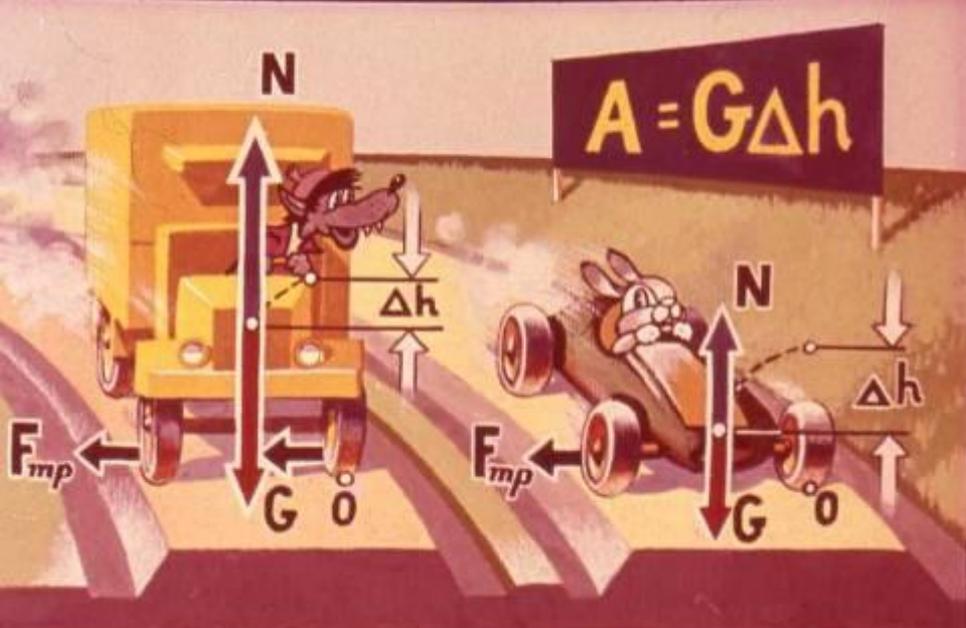


Устойчивое равновесие





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.

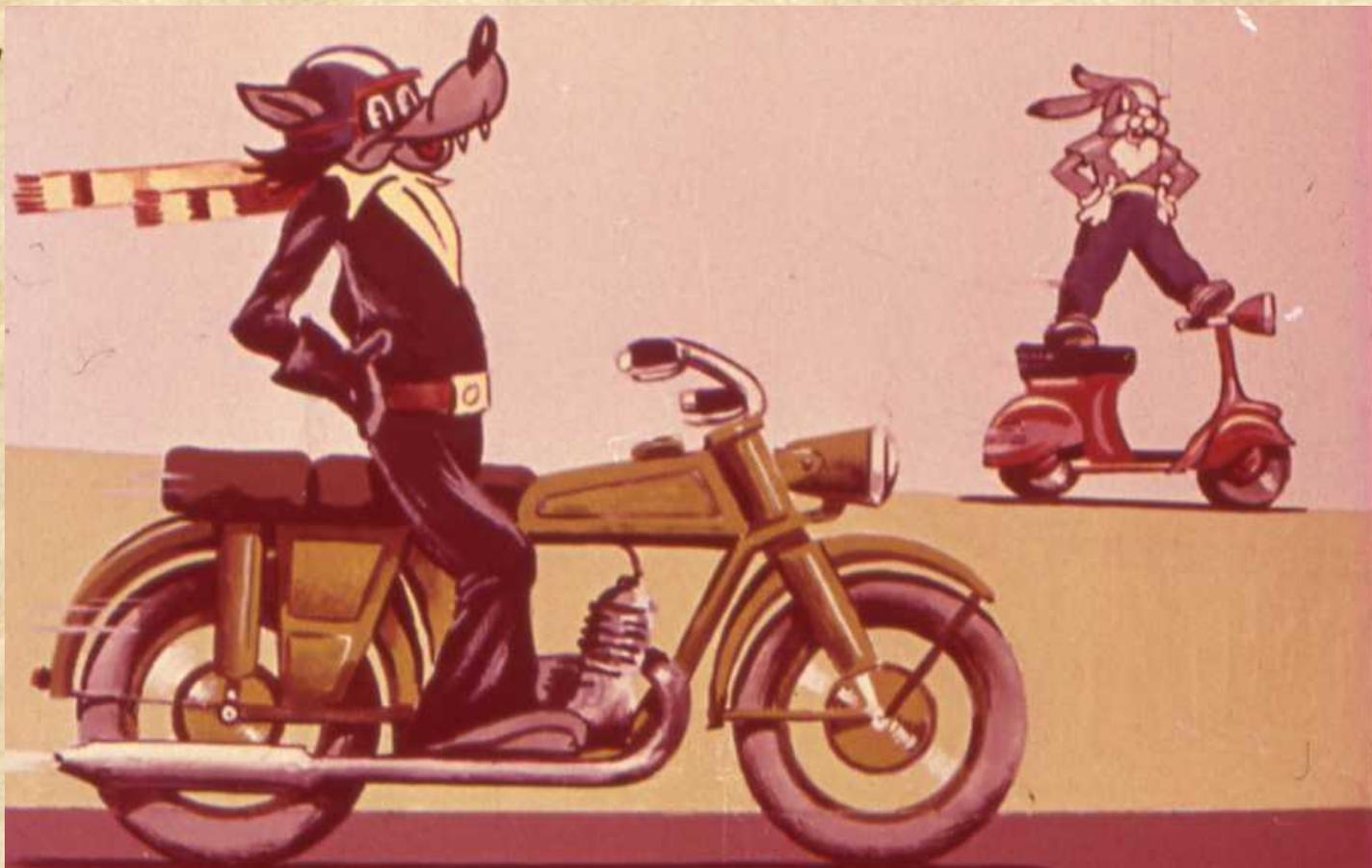
Почему Пизанская башня стоит под наклоном и не падает?



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



Каким образом сохраняют равновесие велосипедисты и мотоциклисты?



## 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.