

Статика

10 класс

Ожегова Н.В.
МОУ СОШ №289
г. Заозерск

Содержание

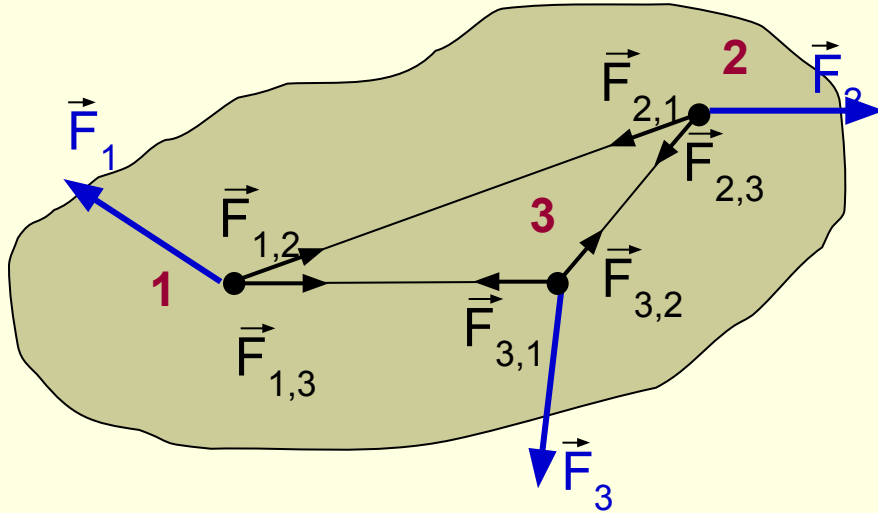
- Статика
- Первое условие равновесия
- Момент силы
- Второе условие равновесия
- Виды равновесия
- Равновесие тел имеющих площадь
опоры

Статика

- Раздел механики, в котором изучается равновесие абсолютно твердых тел, называется **статикой**.
- 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.



Первое условие равновесия



$$\left. \begin{aligned}
 & \vec{F}_1 + \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{1,3} + \dots = 0 \\
 & \vec{F}_2 + \vec{F}_{2,1} + \vec{F}_{2,3} + \dots = 0 \\
 & \vec{F}_3 + \vec{F}_{3,1} + \vec{F}_{3,2} + \dots = 0 \\
 & \dots \dots \dots
 \end{aligned} \right\} +$$

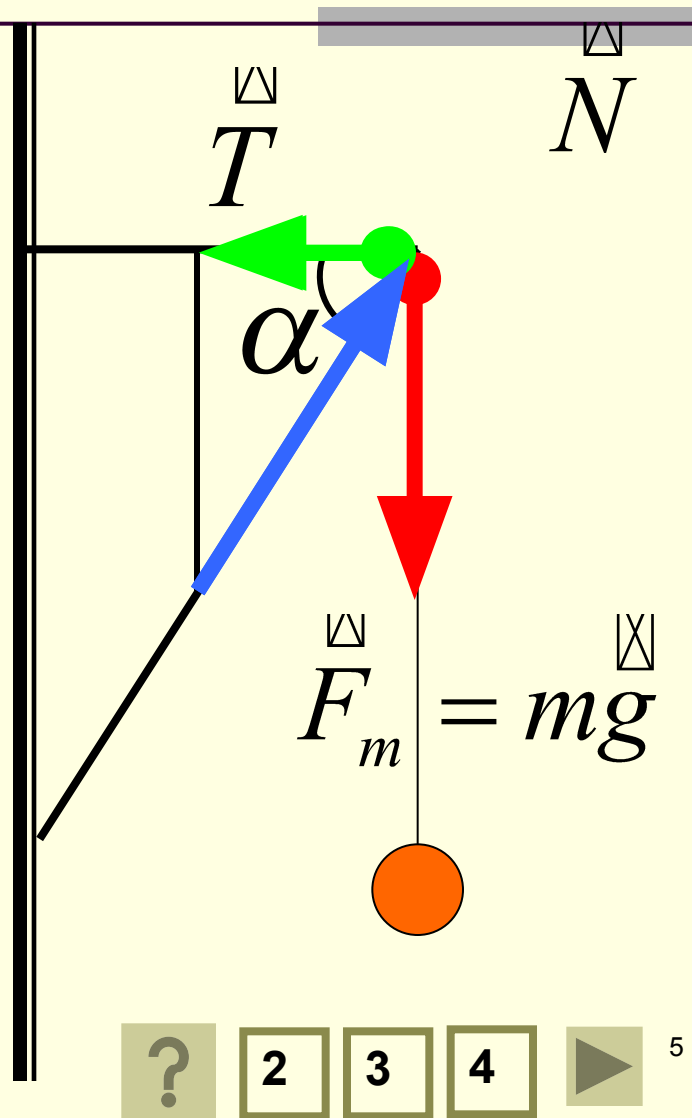
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{1,3} + \vec{F}_2 + \vec{F}_{2,1} + \vec{F}_{2,3} + \vec{F}_3 + \vec{F}_{3,1} + \vec{F}_{3,2} + \dots = 0$$

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

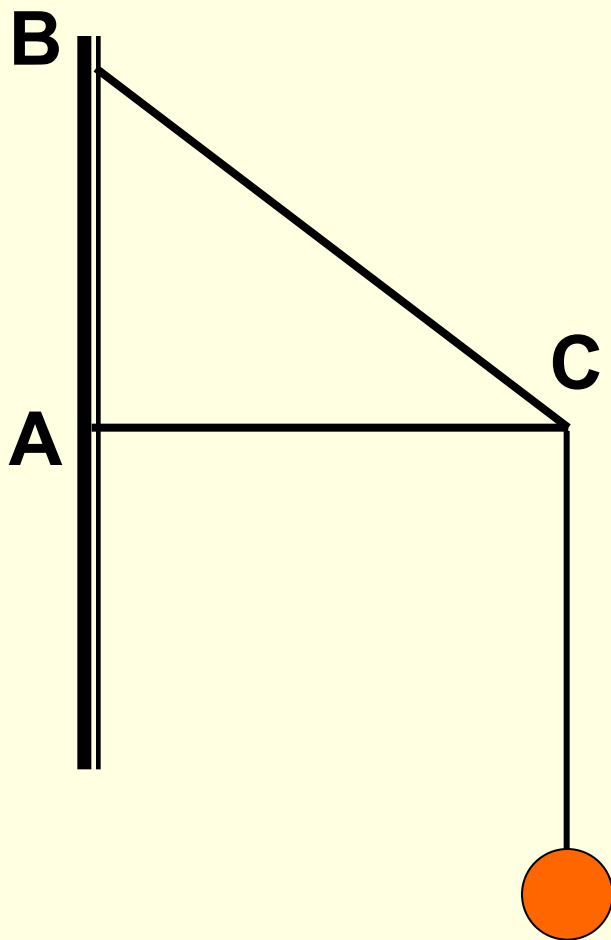
■ Твердое тело находится в равновесии, если геометрическая сумма всех сил, приложенных к нему, равна нулю.

Задача №1

Электрическая лампа подвешена на шнуре на кронштейне. Найти силы упругости в балках кронштейна, если масса лампы равна 1 кг, а угол $\alpha = 60^\circ$.



Задача №2



К концу двухметрового стержня AC, укрепленного шарнирно одним концом к стене, а с другого конца поддерживаемого тросом BC длиной 2,5 м, подвешен груз массой 120 кг. Найти силы, действующие на трос и стержень.



3

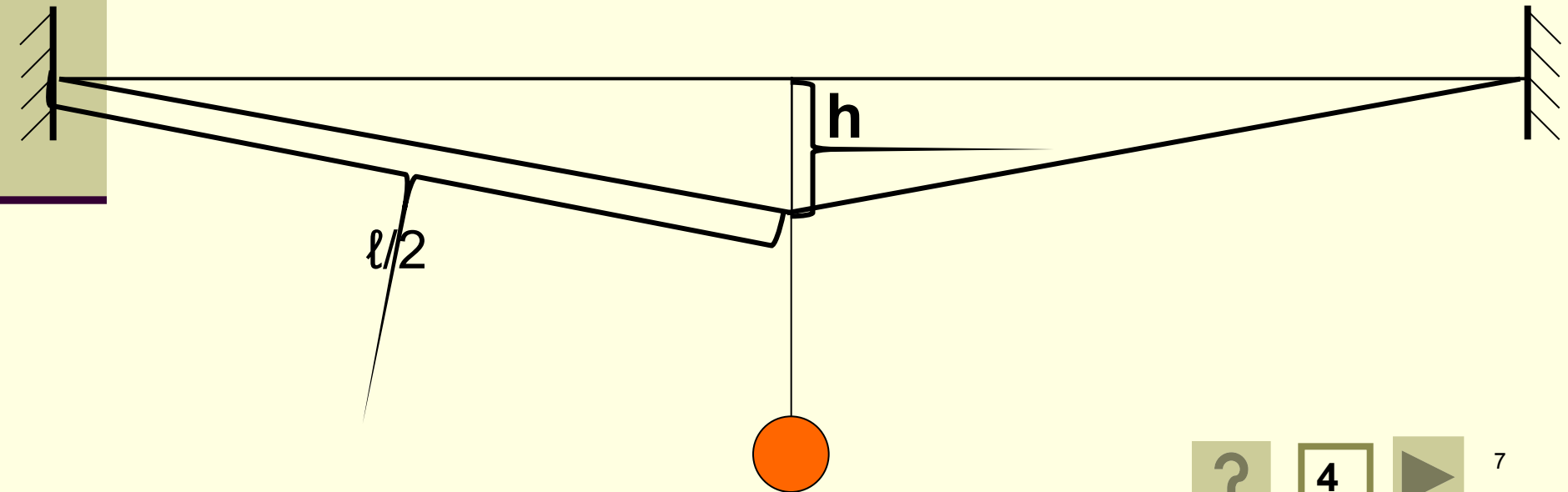
4

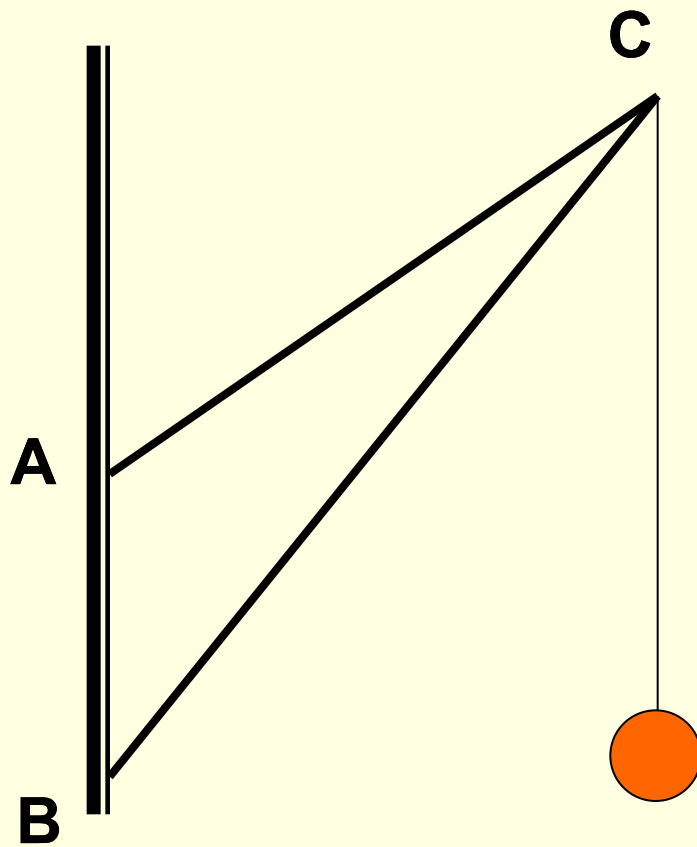


6

Задача №3

На бельевой веревке длиной 10 м висит костюм, вес которого 20 Н. Вешалка расположена посередине веревки, и эта точка провисает на 10 см ниже горизонтали, проведенной через точки закрепления веревки. Чему равна сила натяжения веревки?



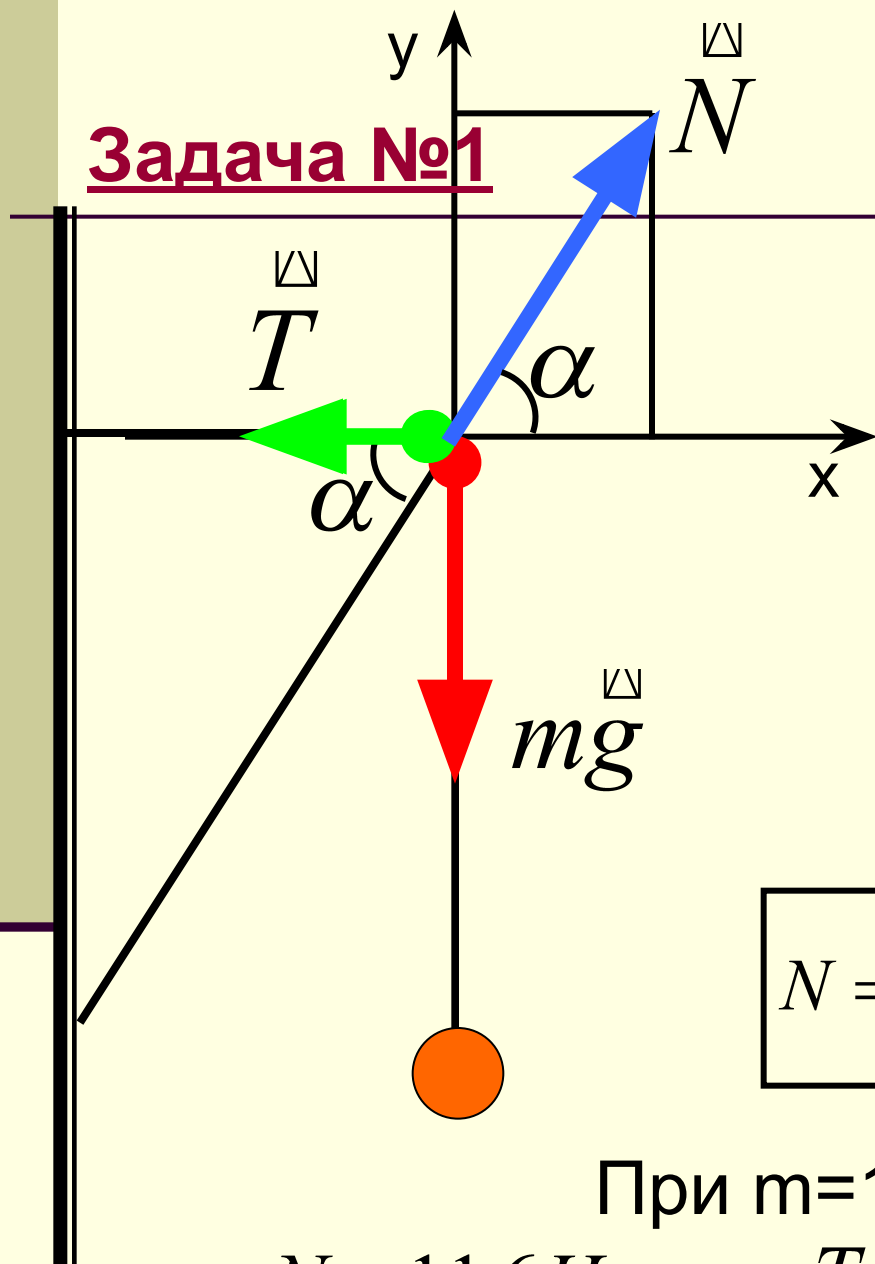


Задача №4

- Найти силы, действующие на подкос BC и тягу AC, если $AB = 1,5$ м, $AC = 3$ м, $BC = 4$ м, а масса груза 200 кг.

Задача №1

1-ый способ



$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

$$oy: T_y + mg_y + N_y = 0$$

$$ox: T_x + mg_x + N_x = 0$$

$$-mg + N \sin \alpha = 0$$

$$-T + N \cos \alpha = 0$$

$$N = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$T = mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

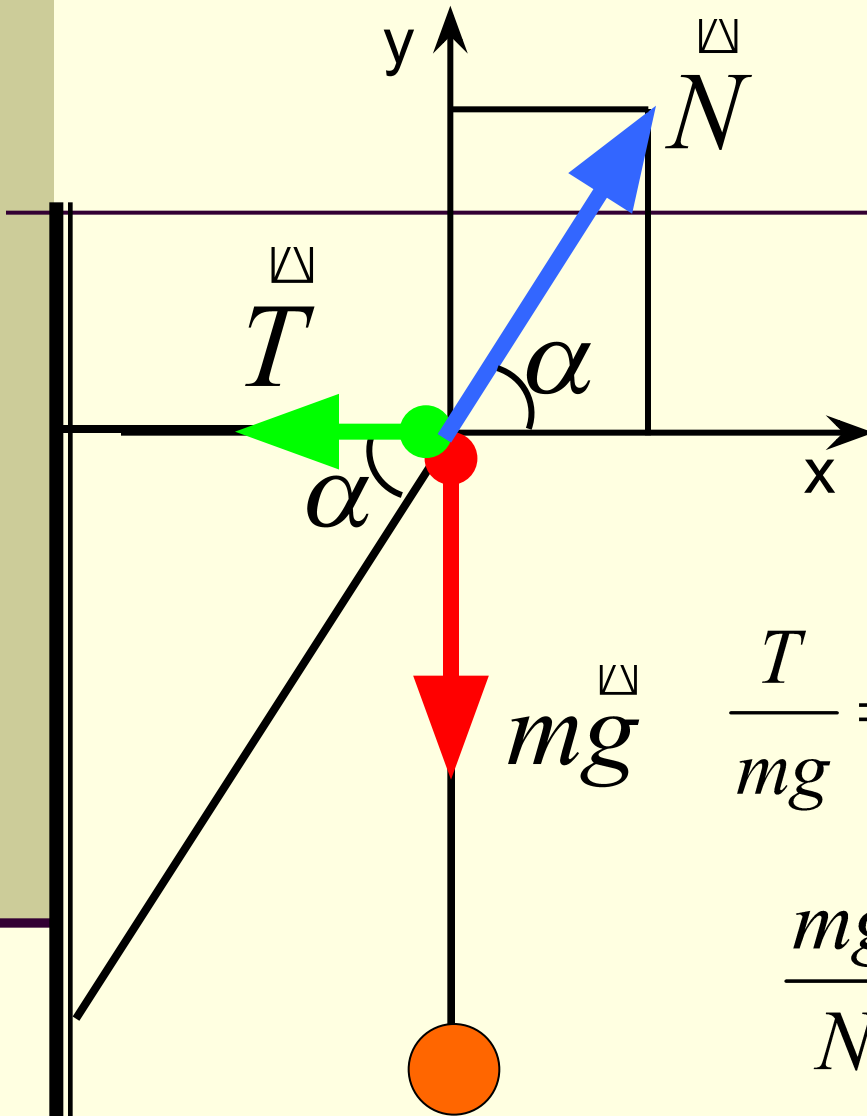
При $m=1\text{кг}$, $\alpha=60^\circ$

$$N = 11,6\text{H}$$

$$T = 5,8\text{H}$$

Задача №1

2-ой способ



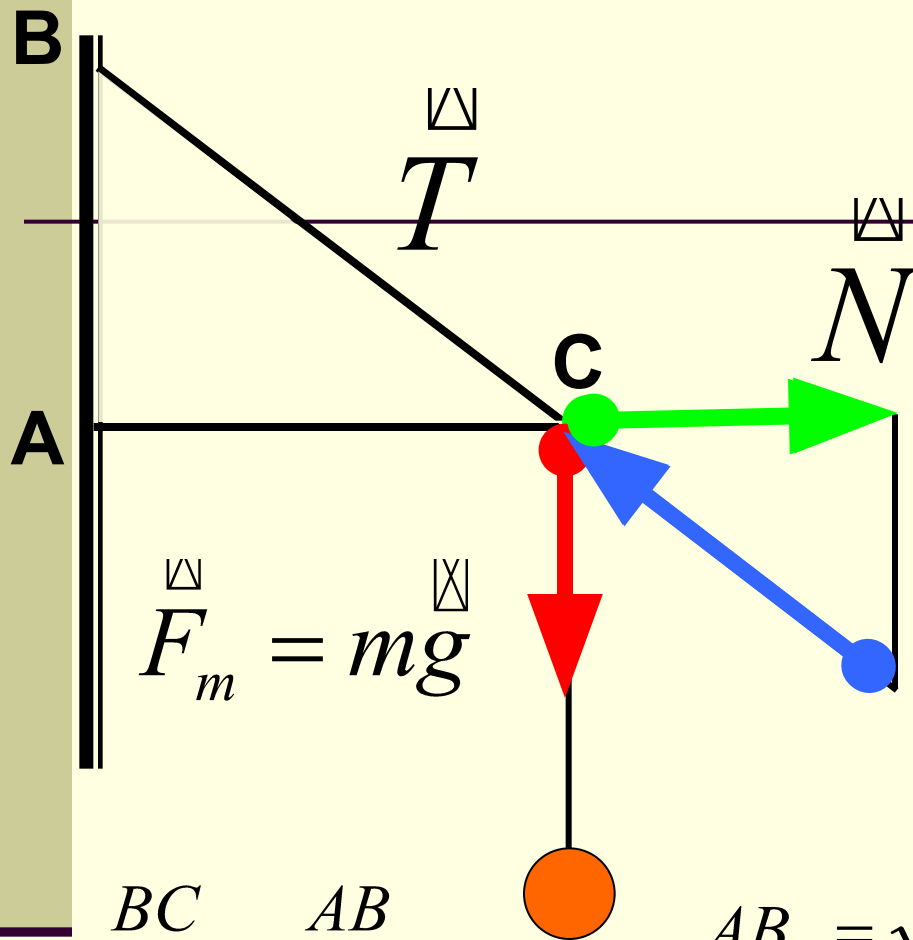
$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

Из треугольника сил:

$$\frac{T}{mg} = \operatorname{ctg} \alpha \quad \longrightarrow \quad T = mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\frac{mg}{N} = \sin \alpha \quad \longrightarrow \quad N = \frac{mg}{\sin \alpha}$$





Задача №2

Дано:

$$AC = 2\text{ м}$$

$$BC = 2,5\text{ м}$$

$$m = 120\text{ кг}$$

T-? N-?

$$\frac{BC}{T} = \frac{AB}{F_{\text{тяж}}}$$

$$AB = \sqrt{BC^2 - AC^2}$$

$$T = \frac{BC \cdot F_{\text{тяж}}}{AB}$$

$$\frac{AC}{N} = \frac{AB}{F_{\text{тяж}}}$$

$$N = \frac{AC \cdot F_{\text{тяж}}}{AB}$$

$$AB = 1,5\text{ м}$$

$$T = 2000\text{ Н}$$

$$N = 1600\text{ Н}$$

3

4



Задача №3

Дано:

$$l=10\text{м}$$

$$F_T=20\text{Н}$$

$$h=10\text{см}$$

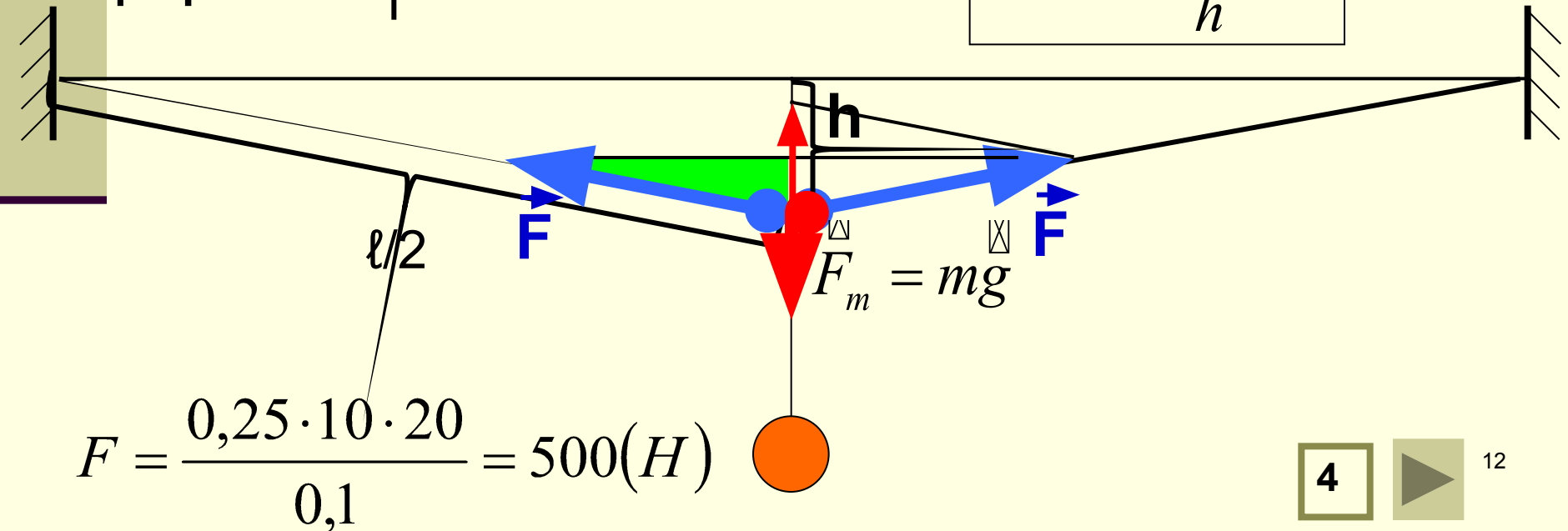
F -?

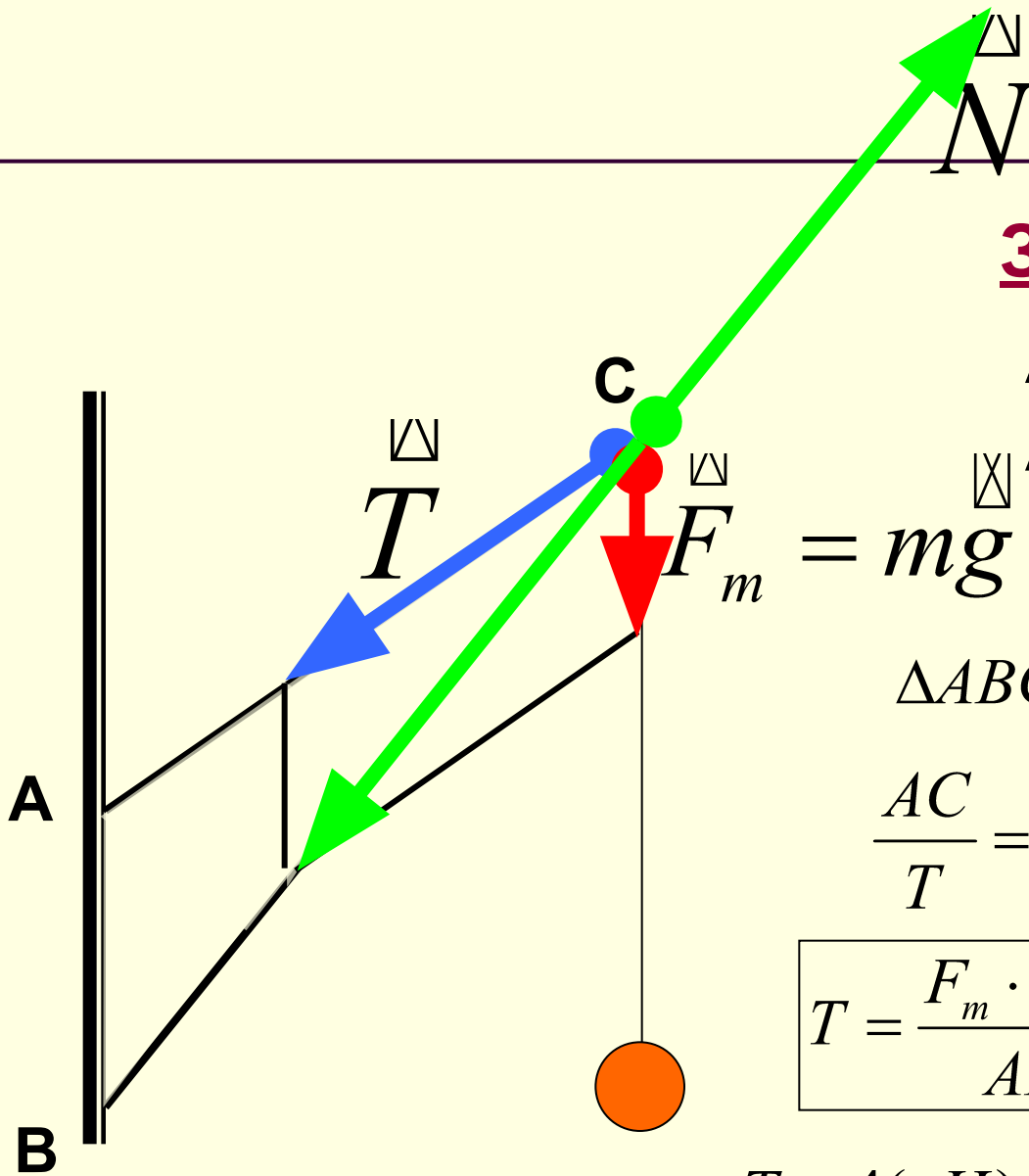
Из подобия треугольников

$$\longrightarrow \frac{0,5mg}{F} = \frac{h}{0,5l}$$

\longrightarrow

$$F = \frac{0,25l \cdot mg}{h}$$





Задача №4

AB = 1,5 м

AC = 3 м

BC = 4 м

m = 200 кг

$\triangle ABC \sim \triangle$ — ку сил \longrightarrow

N-? T-?

$$\frac{AC}{T} = \frac{AB}{F_m}$$

$$\frac{BC}{N} = \frac{AB}{F_m}$$

$$T = \frac{F_m \cdot AC}{AB}$$

$$N = \frac{F_m \cdot BC}{AB}$$

$T = 4(\text{кН}) \quad N \approx 5,3(\text{кН})$

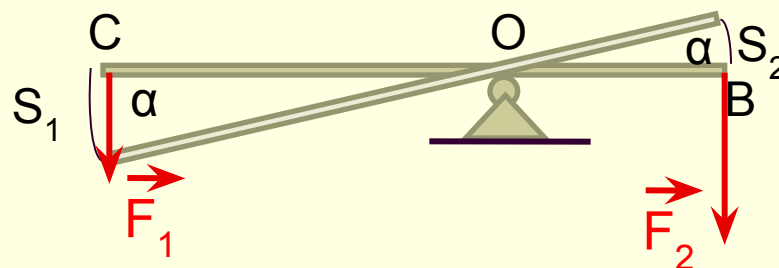
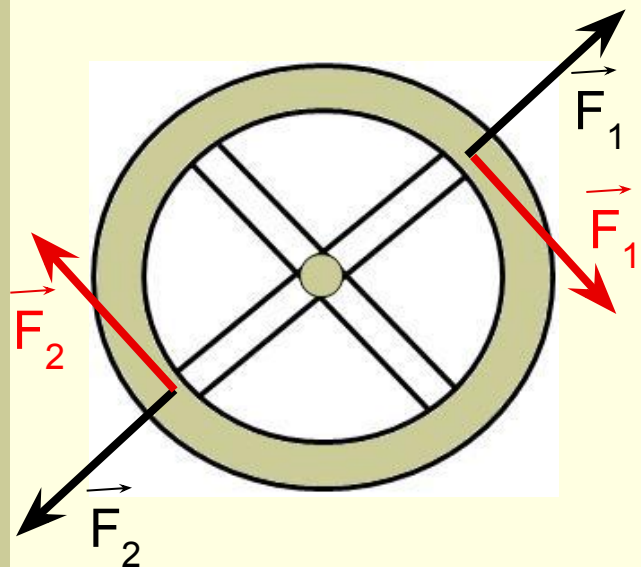
Момент силы

Правило моментов

10 класс

-
- **Что такое равновесие?**
 - **Как читается условие равновесия абсолютно твердого тела?**

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.



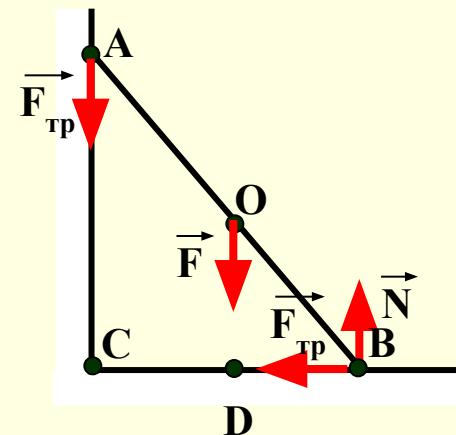
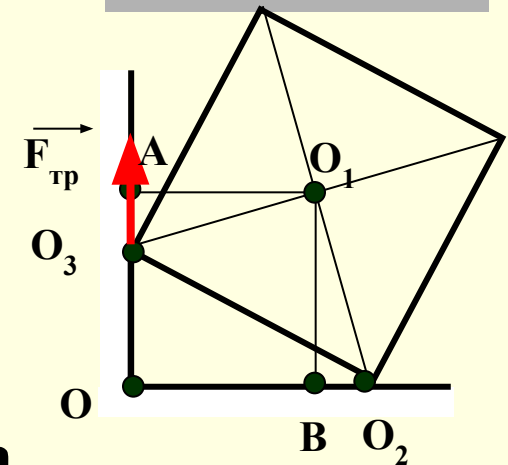
- Произведение силы на ее плечо называется моментом силы.

$$M_1 = F_1 \cdot OG \quad M_2 = F_2 \cdot OB$$



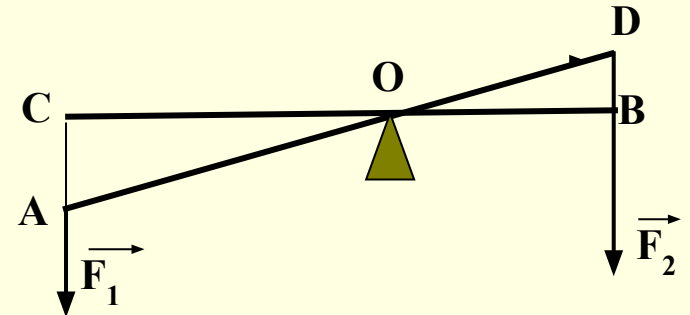
Плечо силы

- 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

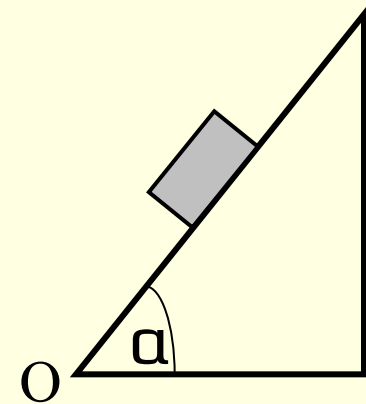


Момент силы

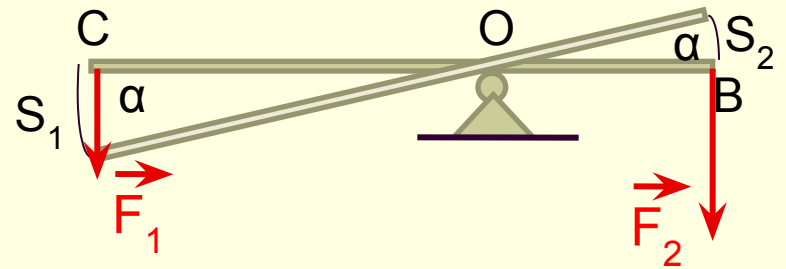
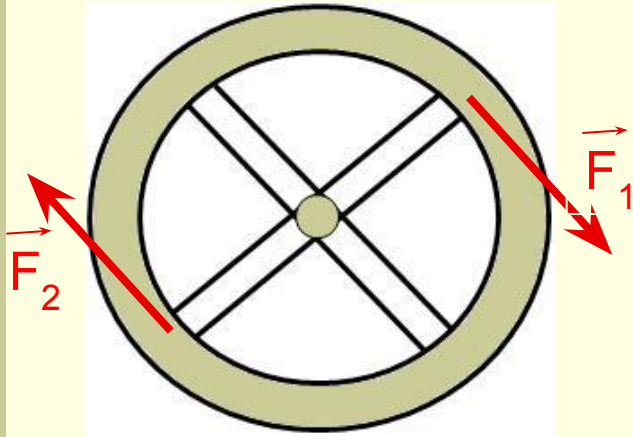
- Чему равен момент силы \vec{F}_1 относительно точки O ?



- Наклонная плоскость длиной $0,6\text{ м}$ составляет 60° с поверхностью стола. Чему равен момент силы тяжести бруска массой $0,1\text{ кг}$, находящегося на середине плоскости относительно точки O .



Второе условие равновесия



$$A_1 = \alpha \cdot M_1 = M_1 \cdot \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$A_2 = \alpha \cdot M_2 = M_2 \cdot \alpha \cdot \cos \alpha$$

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

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

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

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.

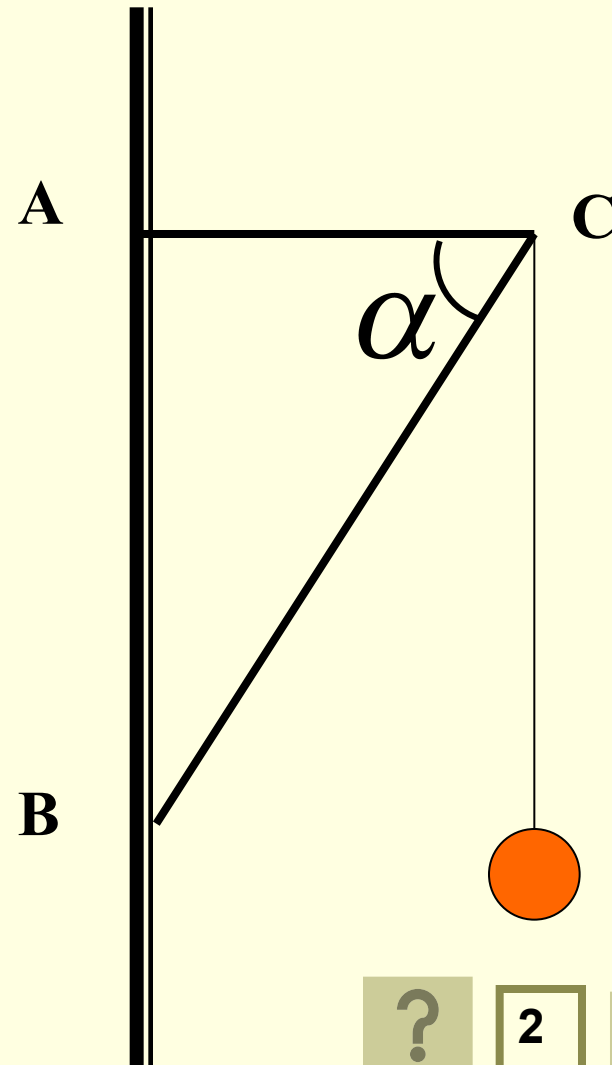
$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$



Задача №1

Электрическая лампа подвешена на шнуре на кронштейне. Найти силы упругости в балках кронштейна, если масса лампы равна 1 кг, а угол $\alpha = 60^\circ$.

3-ий способ

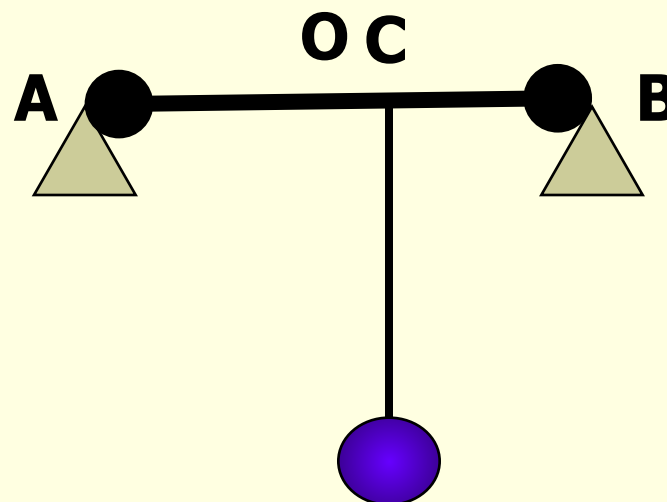


2



Задача №6

К балке массой 200 кг и длиной 5 м подвешен груз массой 250 кг на расстоянии 3 м от одного из концов. Балка своими концами лежит на опорах. Каковы силы давления на каждую из опор?



Задача №1

Дано:

$m=1\text{ кг}$

$\alpha=60^\circ$

N -? T -?

$$\sum M_i = 0$$

т.В $mg \cdot BE = T \cdot AC = T \cdot \frac{BE}{\sin \alpha}$

т.А $mg \cdot AC = N \cdot AD \sin \alpha$

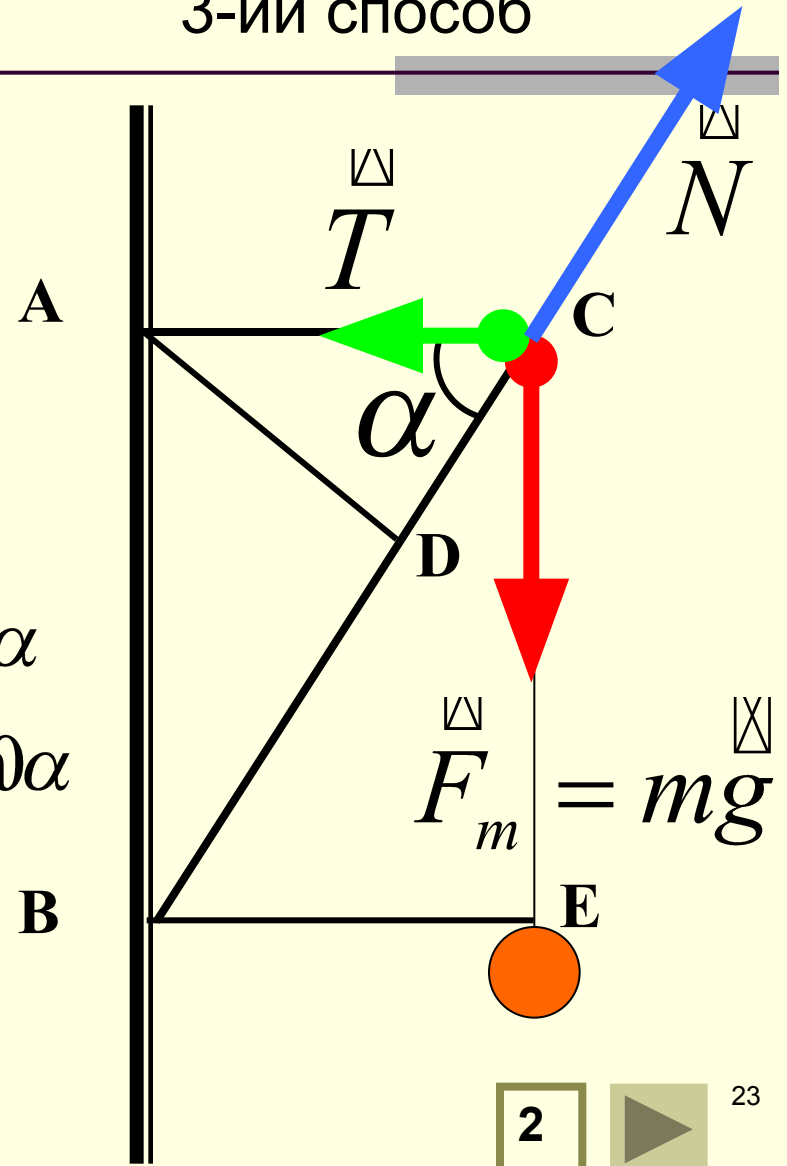
$$T = mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$N = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$T = 5,8\text{ Н}$$

$$N = 11,6\text{ Н}$$

3-ий способ



Задача №6

$$AB=5\text{м}$$

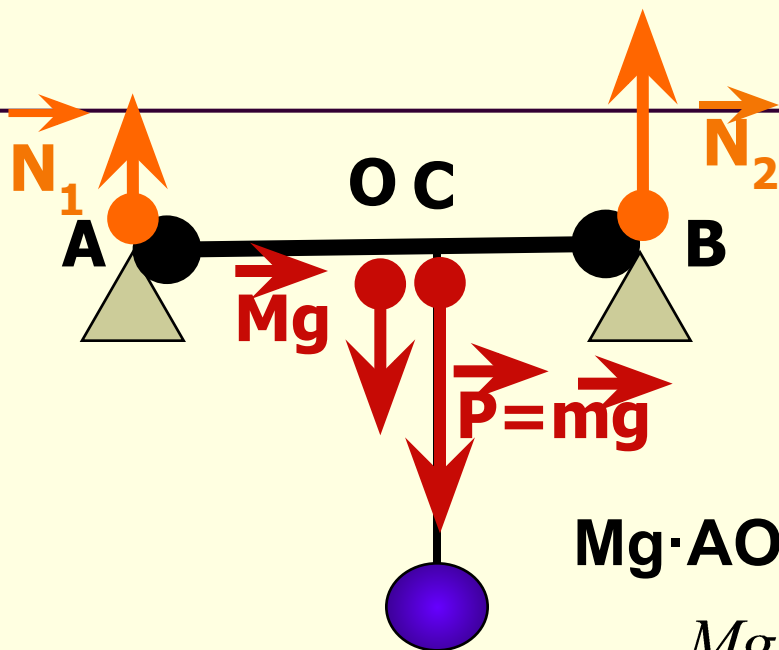
$$M=200\text{кг}$$

$$m=250\text{кг}$$

$$AC=3\text{м}$$

$$N_1 - ?$$

$$N_2 - ?$$



$$\sum M_{iA} = 0$$

$$Mg \cdot AO + mg \cdot AC = N_2 \cdot AB$$

$$N_2 = \frac{Mg \cdot AO + mg \cdot AC}{AB}$$

$$N_2 = \frac{200 \cdot 9,8 \cdot 2,5 + 250 \cdot 9,8 \cdot 3}{5} \approx 2500(H)$$

$$N_1 + N_2 = (M+m)g$$

$$N_2 = (200 + 250)9,8 - 2500 \approx 2000(H)$$

$$N_1 = (M+m)g - N_2$$

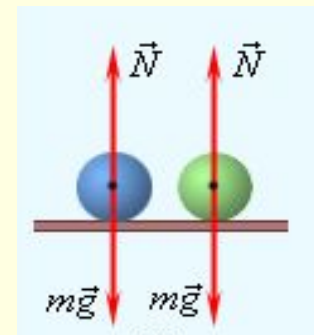
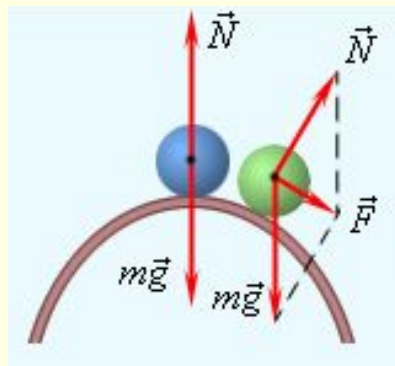
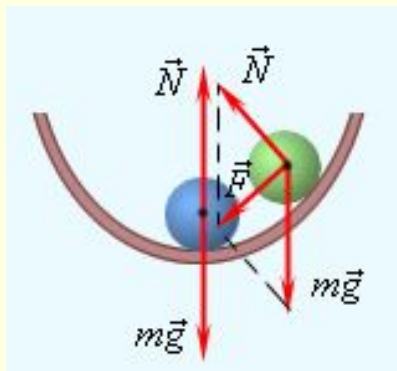
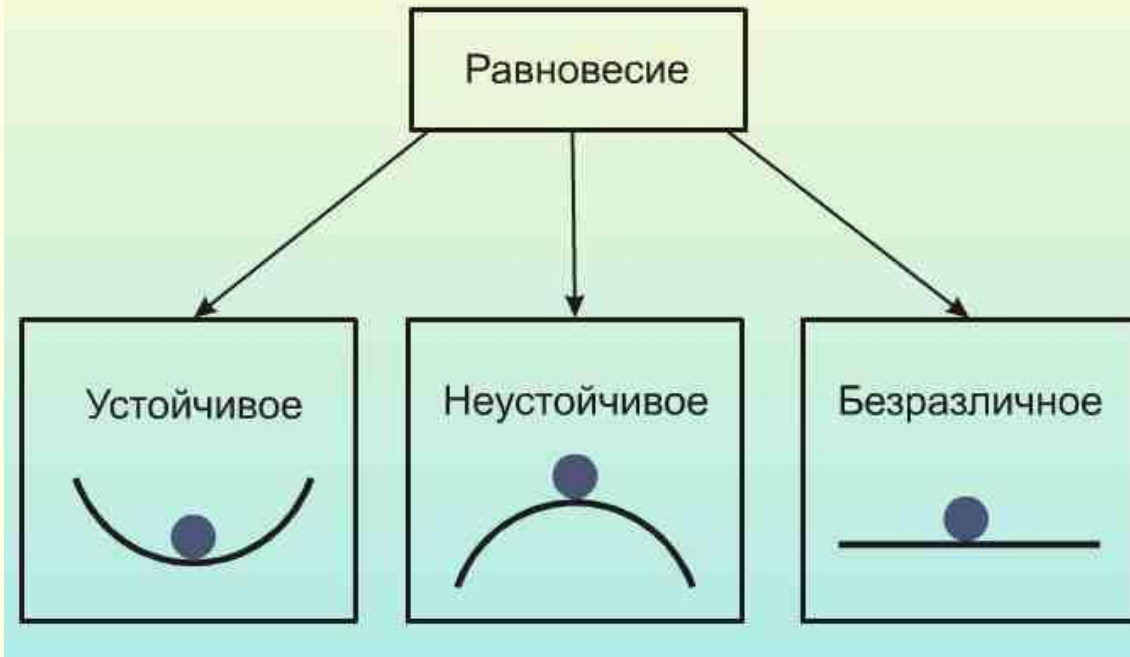


Виды равновесия

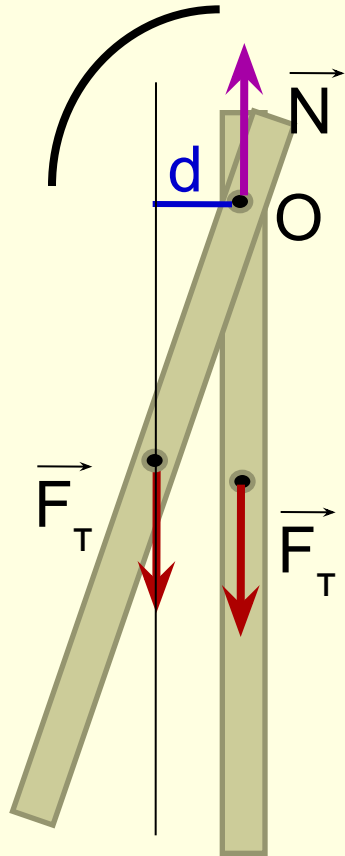
10 класс

-
- **Что такое равновесие?**
 - **При каком условии твердое тело будет находиться в состоянии равновесия?**
 - **При каком условии твердое тело способное вращаться будет находиться в состоянии равновесия?**

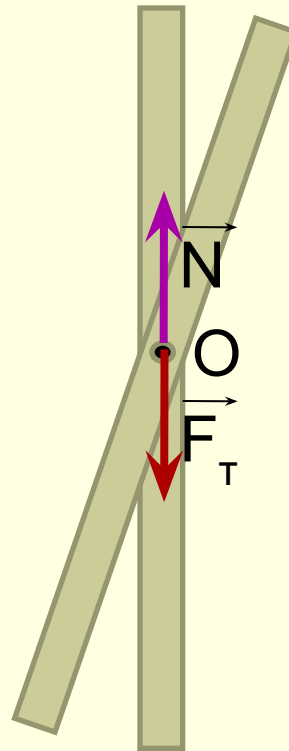
Виды равновесия



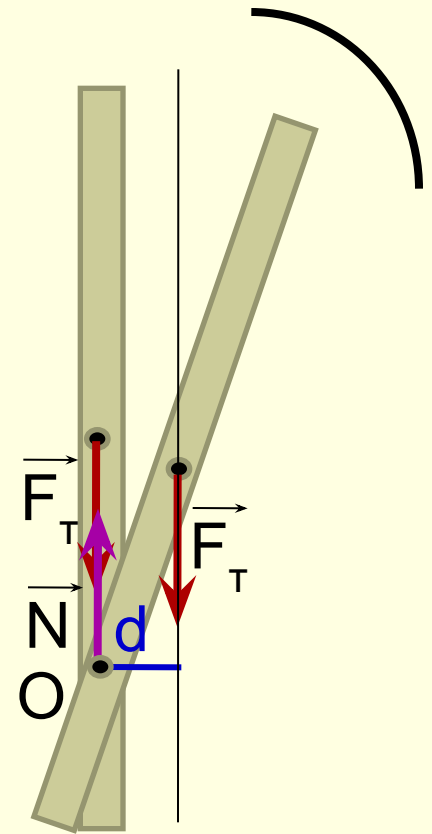
Виды равновесия



■ устойчивое



■ безразличное

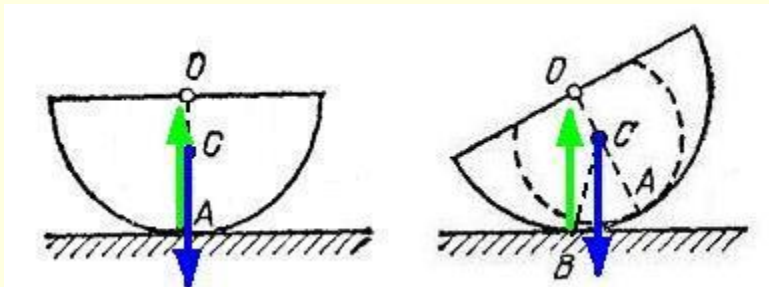


■ неустойчивое

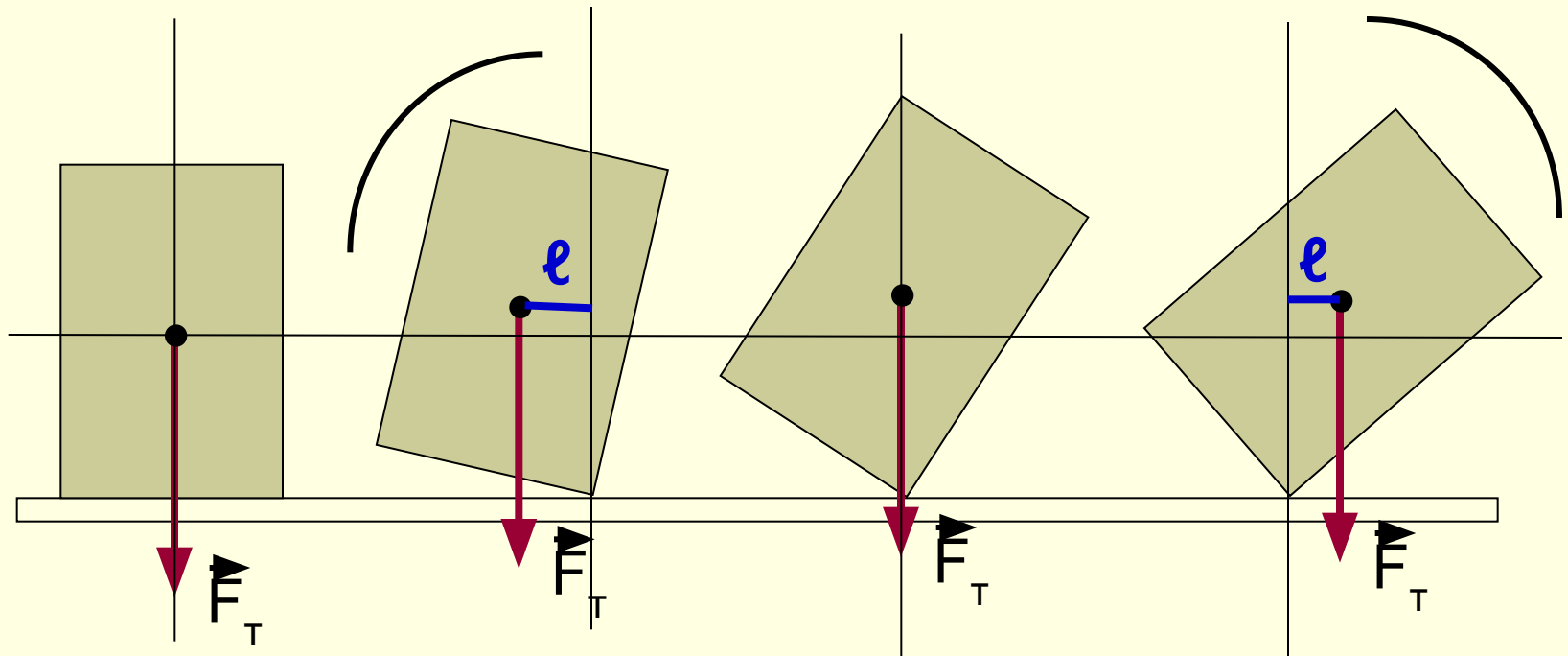
Условия устойчивости равновесия

- Тела находятся в состоянии устойчивого равновесия, если при малейшем отклонении от положения равновесия возникает сила или момент силы, возвращающие тело в положение равновесия.
- Тела находятся в состоянии неустойчивого равновесия, если при малейшем отклонении от положения равновесия возникает сила или момент силы, удаляющие тело от положения равновесия.
- Тела находятся в состоянии безразличного равновесия, если при малейшем отклонении от положения равновесия не возникает ни сила, ни момент силы, изменяющие положение тела.

Условия устойчивости равновесия

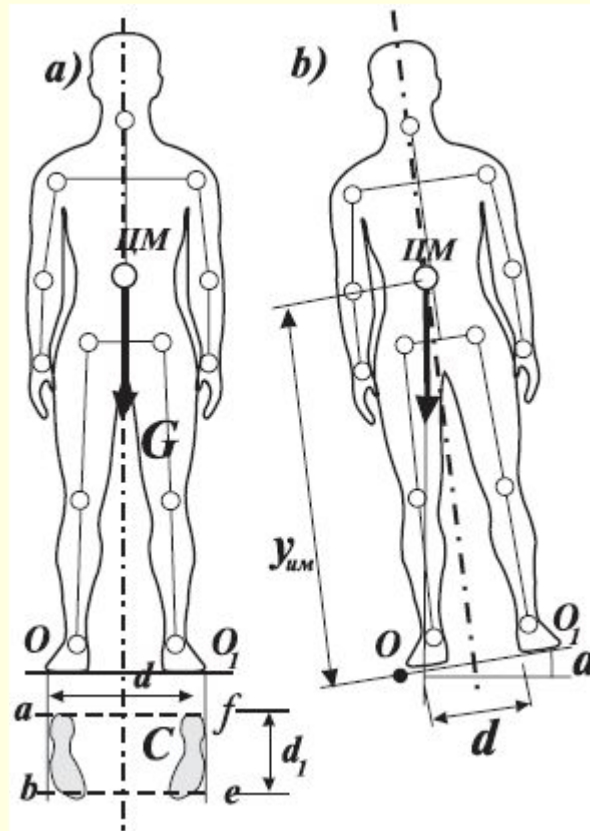


Равновесие тел на опорах

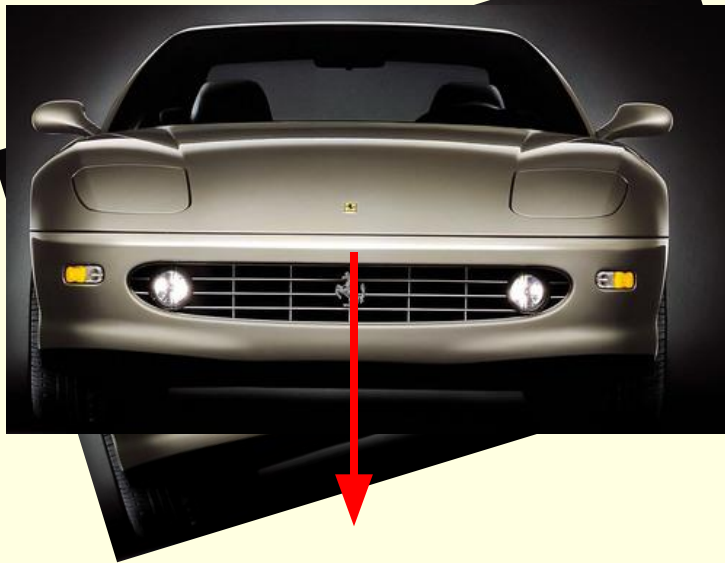


- Тело, имеющее площадь опоры, будет находиться в равновесии до тех пор, пока линия действия силы тяжести будет проходить через площадь опоры.

Равновесие тел на опорах



Устойчивость транспорта





Решение задач по теме «Статика»



№1	5Н
№2	4Н
№3	3Н

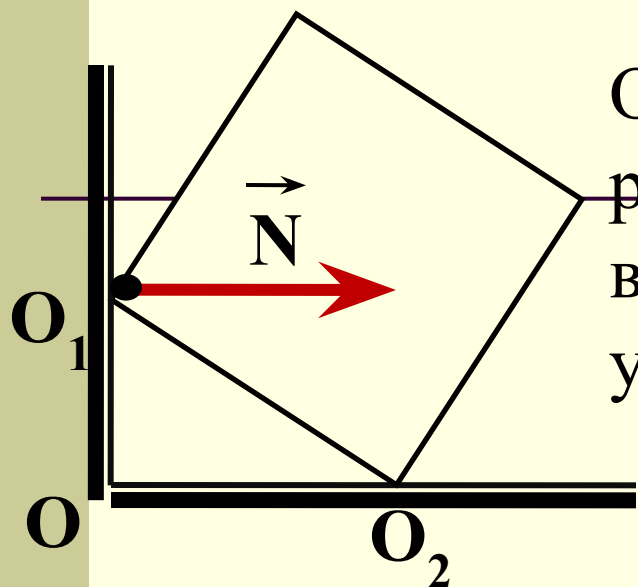
На столе лежат три книги.
Значения сил тяжести,
действующих на каждую
книгу, указаны на рисунке.
Какова величина суммарной
силы, действующей на
книгу №2?

1) 0

2) 12 Н

3) 5 Н

4) 9 Н



Однородный куб опирается одним ребром на пол, другим — на вертикальную стену. Плечо силы упругости N

1) 0

2) O_2O_1

3) O_1O

4) O_2O

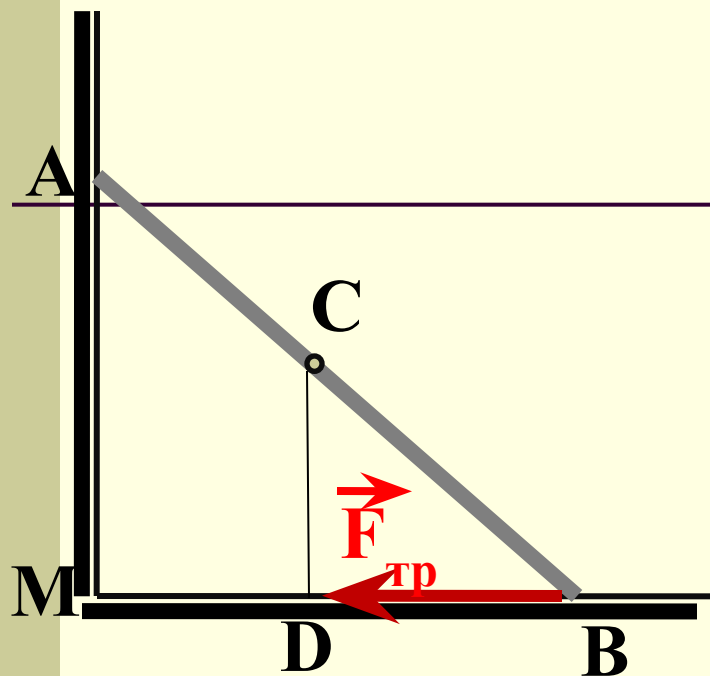
Труба массой $M = 1$ т лежит на земле. Какую силу (в кН) надо приложить, чтобы приподнять краном трубу за один из ее концов?

1) 10 кН

2) 5 кН

3) 15 кН

4) 20 кН



На рисунке схематически изображена металлическая труба, прислонённая к гладкой стене. Каков момент силы трения $F_{\text{тр}}$, действующей на трубу, относительно точки А?

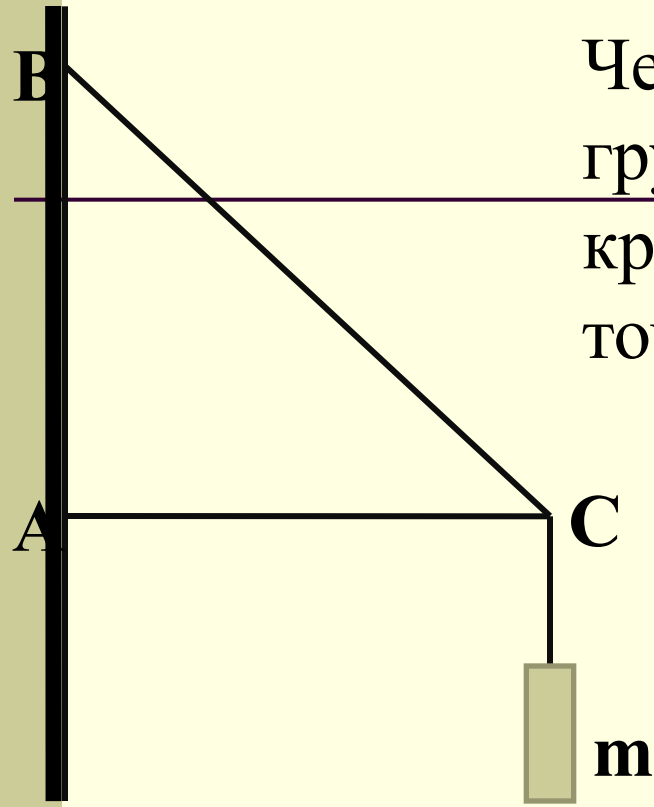
1) 0

2) $F_{\text{тр}} \cdot OD$

3) $F_{\text{тр}} \cdot AB$

4) $F_{\text{тр}} \cdot AM$

Чему равен момент силы тяжести груза массой 40 кг, подвешенного на кронштейне ABC, относительно точки B, если $AB=0,5$ м и угол $\alpha=45^0$?



1) 10
Н·м

2) 5
Н·м

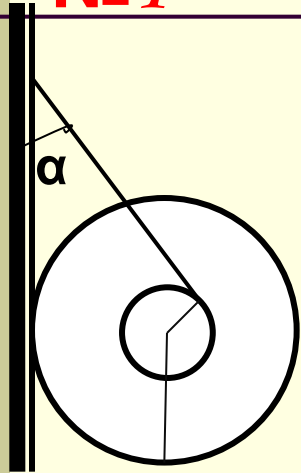
3) 0
Н·м

4) 200 Н·м

При решении задач на равновесие тел:

1. Сделать рисунок, показать все силы, действующие на тело (или тела системы), находящиеся в положении равновесия, выбрать систему координат и определить направление координатных осей.
2. Для тела, не имеющего оси вращения, записать первое условие равновесия в векторной форме $\sum \mathbf{F} = 0$, затем записать это условие равновесия в проекциях на оси координат и получить уравнение в скалярной форме.
3. Для тела, с закрепленной осью вращения, следует определить плечи всех сил относительно этой оси и использовать второе условие равновесия (правило моментов): $\sum M = 0$. Если из условия задачи следует, что ось вращения тела не закреплена, то необходимо использовать оба условия равновесия. При этом положение оси вращения следует выбирать так, чтобы через нее проходило наибольшее число линий действия неизвестных сил.
4. Решить полученную систему уравнений и определить искомые величины.

**Задача
№ 1**



К гвоздю, вбитому в стенку, привязана нить, намотанная на катушку. Катушка висит, касаясь стенки, как показано на рисунке. Радиус оси катушки $r = 0,5$ см, радиус ее щечек $R = 10$ см. Коэффициент трения между стенкой и катушкой $\mu = 0,1$. При каком угле α между нитью и стенкой катушка висит неподвижно?

решени₄₁

e

Решен

1. Изобразим силы, действующие на катушку на рисунке.

2. Запишем условия равновесия катушки в виде:

X: $N - T \sin \alpha = 0$ (условие равновесия)

O: $T \cdot r - F_{\text{тр}} \cdot R = 0$. (правило моментов)

3. Учитывая, что $F_{\text{тр}} = \mu N$, получаем

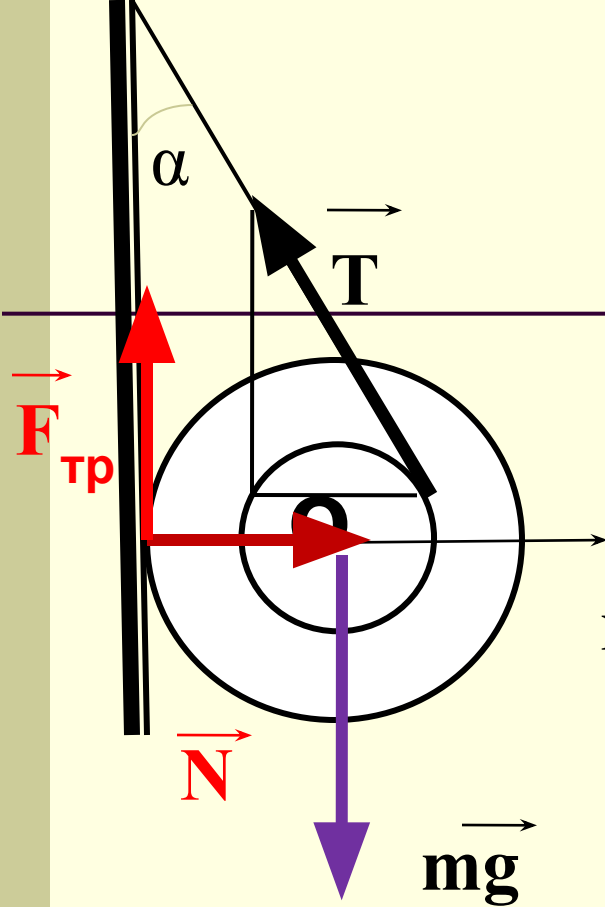
$$T \cdot r =$$

$$\mu T \sin \alpha \cdot R$$

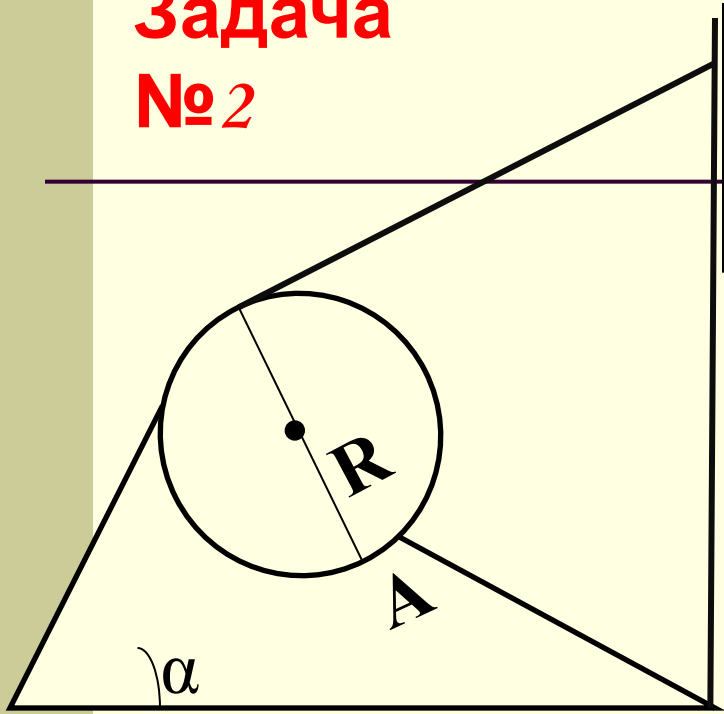
$$\sin \alpha = 1/2$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\sin \alpha = r/\mu R$$



**Задача
№2**

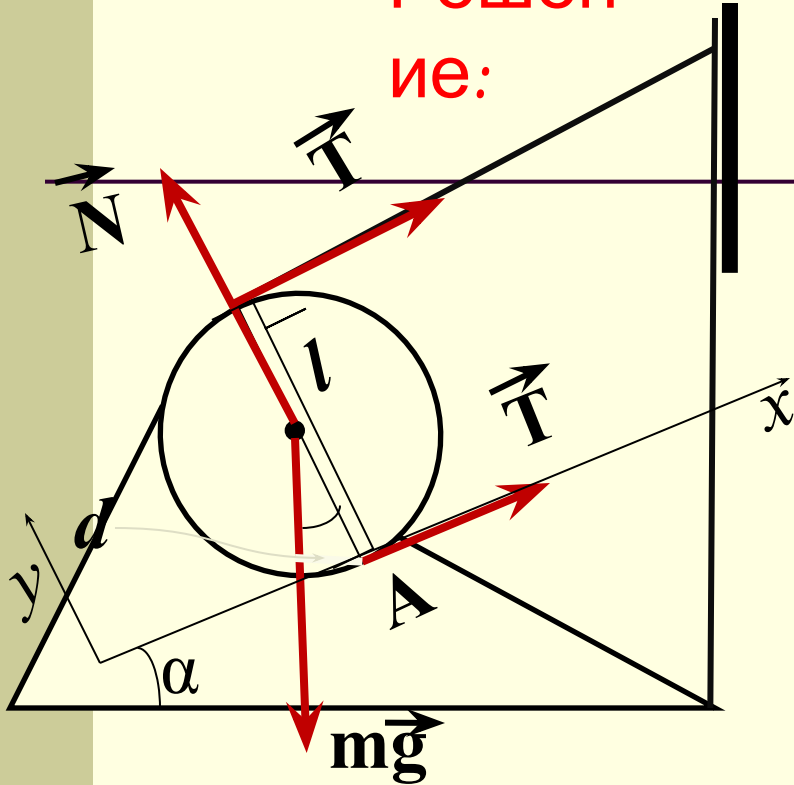


Цилиндр массой $m = 150$ кг удерживается на наклонной плоскости с помощью ленты, с одной стороны закрепленной на наклонной плоскости, а с другой направленной параллельно плоскости. Найти силу натяжения ленты. Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$.

решени

e

Решение:



1 способ:

$$2\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = 0.$$

$$x: 2T - mg\sin\alpha = 0,$$

$$y: N - mg\cos\alpha = 0.$$

$$T = mg\sin\alpha/2,$$

$$T = 3,7 \cdot 10^2 \text{ Н.}$$

2 способ:

Применим правило

моментов относительно оси, проходящей через точку A ,

$$mg \cdot d - T \cdot 2R = 0,$$

$$mg \cdot R\sin\alpha = T \cdot 2R$$

Откуда $T = mg\sin\alpha/2$.

Задача №3

Однородный шар радиуса R подвешен на нити длиной ℓ , конец которой закреплен на вертикальной стене. Точка крепления к шару находится на одной вертикали с центром шара. Каков должен быть коэффициент трения между шаром и стеной, чтобы шар находился в равновесии?

решение

Решен

ие:

1. Изобразим силы, действующие на шар на рисунке.

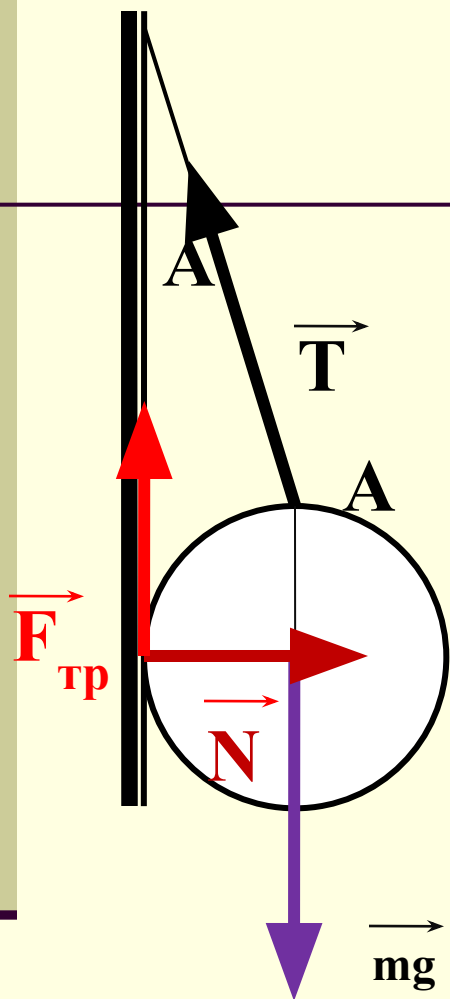
2. Правило моментов относительно точки A:

$N \cdot R -$

$$F_{\text{тр}} \cdot R = 0$$

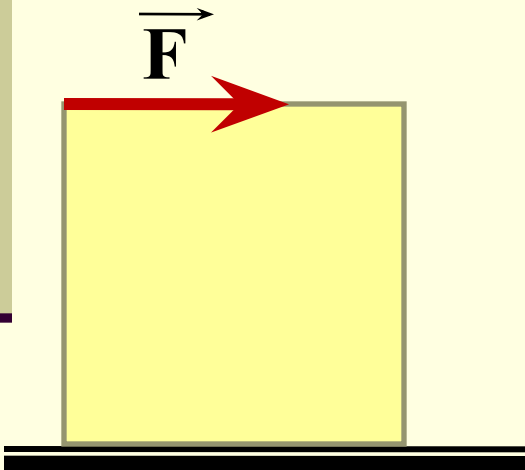
Т.к. $F_{\text{тр}} \leq \mu N,$

$$\text{то } \mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N} = 1$$



Задача №4.

Какой минимальной горизонтальной силой можно опрокинуть через ребро куб, лежащий на горизонтальной плоскости?

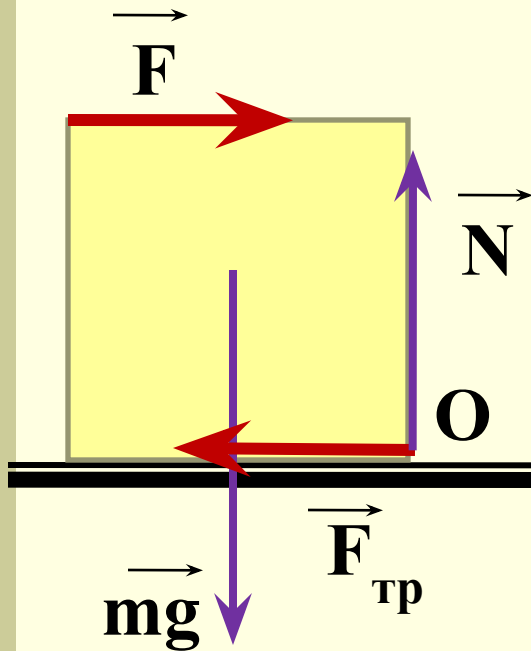


решени

e

Решен

в момент ^и опрокидывания сила N проходит через эту точку O , и ее момент равен нулю.



Сила F будет минимальной, когда она прикладывается к верхней грани куба

$$O: F \cdot a = \quad (\text{правило моментов})$$

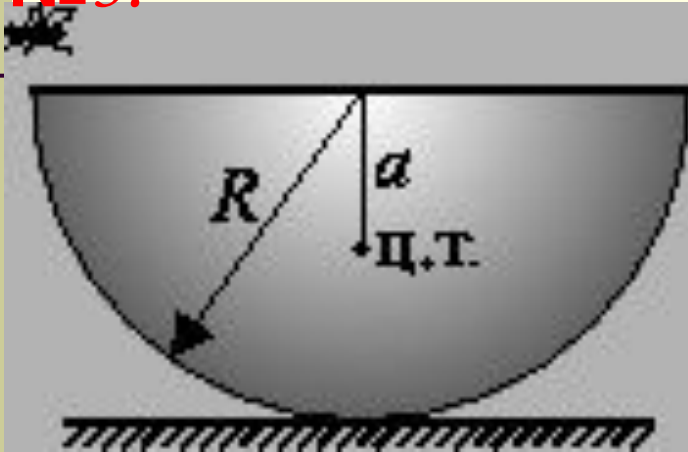
$mg \cdot \frac{1}{2}a$
Для опрокидывания необходимо, чтобы при $F = mg/2$ кубик еще не начал скользить по плоскости.

$$F_{\text{тр}} \leq \mu mg$$

Следовательно, $mg/2 \leq F_{\text{тр}} \text{ max} = \mu mg$, или $\mu \geq 1/2$.

Задача

№ 5.



Тонкостенная полусфера массой M и радиусом R покоится на горизонтальном столе. На какую высоту опустится край полусферы, если на него сядет муха массой m ? Центр тяжести полусферы расположен на расстоянии $a = \frac{1}{2}R$ от ее центра.

решение

Решен

Под действием веса мухи
полусфера займет

наклонное положение

Уравнение моментов,
записанное относительно

оси, перпендикулярной
плоскости рисунка и

проходящей через точку А:

$$Mg a \sin \alpha = mg R \cos \alpha$$

$$\text{Сл., } \operatorname{tg} \alpha = \frac{mR}{Ma} = 2 \frac{m}{M}$$

$$h = R \sin \alpha$$

$$h = \frac{R \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{R \frac{2m}{M}}{\sqrt{1 + (2m/M)^2}}$$

