



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Естественные науки»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по физике для иностранных обучающихся  
предвузовского этапа обучения

### **«СТАТИКА»**

Автор  
Драпкина Н.Е.

Ростов-на-Дону, 2012





## Аннотация

Методические указания предназначены для иностранных обучающихся предвузовского этапа обучения технического и естественнонаучного профилей. Могут быть использованы как на занятиях в аудиторное время, так и для самостоятельной подготовки обучающихся при выполнении ими домашних заданий. Содержит методические указания к решению задач и задачи с ответами.

## Автор



Доцент Драпкина Н.Е.





## Оглавление

Равновесие тела, которое не закреплено и может двигаться поступательно.....	4
Равновесие тела, которое не закреплено и может двигаться поступательно.....	4
Сложение параллельных сил .....	6
Центр тяжести тела или системы тел .....	9
Равновесие тела, которое имеет ось вращения .....	11
ЗАДАЧИ.....	14
ОТВЕТЫ .....	23



## РАВНОВЕСИЕ ТЕЛА, КОТОРОЕ НЕ ЗАКРЕПЛЕНО И МОЖЕТ ДВИГАТЬСЯ ПОСТУПАТЕЛЬНО

*Обратите внимание:*

- Равновесие тела – это состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.
- В задачах этого типа мы считаем все тела материальными точками.
- Условие равновесия тела, которое не закреплено и может двигаться поступательно, следует из I закона Ньютона:

Тело находится в равновесии, если **векторная сумма сил**, которые действуют на тело, **равна нулю**.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

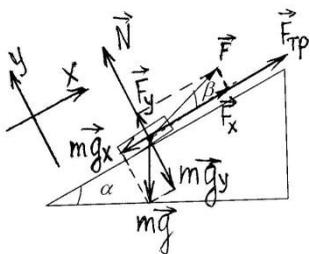
Задачи этого типа рекомендуем вам решать по следующему плану:

1. Сделайте рисунок и начертите все силы, которые действуют на тело. Это могут быть:
  - сила тяжести  $mg$  (направлена вертикально вниз);
  - сила реакции опоры  $\vec{N}$  (направлена перпендикулярно поверхности опоры)
  - сила трения ( $\vec{F}_{mp}$ ) скольжения направлена вдоль поверхности контакта против движения тела;
  - сила трения покоя направлена против той силы или ее составляющей, которые стремятся вывести тело из состояния покоя.
2. Начертите систему координат XOY.
3. Напишите условие равновесия тела (материальной точки) в векторной форме и затем в форме проекций на оси X и Y.
4. Решите систему уравнений относительно неизвестных величин.



Пример решения задачи

Деревянный брусок массой  $m$  лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$ . Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu$ . Какую минимальную силу  $\vec{F}$  нужно приложить к бруску, чтобы он находился в покое, если эта сила направлена под углом  $\beta$  к наклонной плоскости?



Дано:  $m, \alpha, \beta, \mu$ .  
 $F = ?$

**Решение:**

1. Сделаем рисунок и начертим все силы, которые действуют на тело. Так как вывести тело из положения равновесия стремится составляющая силы тяжести  $\vec{mg}_x$ , то направление  $\vec{F}_{mp}$  будет противоположно  $\vec{mg}_x$ .
2. Начертим систему координат XOY.
3. Разложим силы  $\vec{mg}$  и  $\vec{F}$  на составляющие (компоненты) по оси OX и по оси OY и найдем их проекции:

$$\vec{mg} \begin{cases} mg_x = -mg \sin \alpha \\ mg_y = -mg \cos \alpha \end{cases}$$

$$\vec{F} \begin{cases} F_x = F \cos \beta \\ F_y = F \sin \beta \end{cases}$$

4. Напишем условие равновесия тела в векторной форме:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \vec{F} + \vec{F}_{mp} + \vec{mg} + \vec{N} = 0$$

5. Напишем это уравнение в проекциях на оси OX и OY:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$$



$$F \cos \beta + F_{mp} - mg \sin \alpha = 0 \quad (*) \quad N + F \sin \beta - mg \cos \alpha = 0$$



отсюда следует:

$$N = mg \cos \alpha - F \sin \beta$$

$$\text{Мы знаем: } F_{mp} = \mu N \rightarrow F_{mp} = \mu mg \cos \alpha - \mu F \sin \beta$$

6. Подставим  $F_{mp}$  в уравнение (\*):

$$F \cos \beta + \mu mg \cos \alpha - \mu F \sin \beta - mg \sin \alpha = 0$$

7. Выполним преобразования и найдем силу F:

$$F(\cos \beta - \mu \sin \beta) = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow$$

$$F = \frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\cos \beta - \mu \sin \beta} \quad \text{— это формула ответа.}$$

8. Выполним действия над единицами:

$$\left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н} \right]$$

## СЛОЖЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИЛ

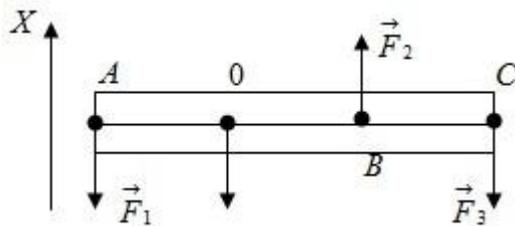
В задачах этого типа на тело действуют параллельные силы, у которых точки приложения лежат на одной прямой. В данном случае мы не можем считать тело материальной точкой. Тело имеет размер. Нужно найти не только величину и направление, но и точку

приложения равнодействующей силы:  $\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = ?$

Пример решения задачи

Дано:  $F_1 = 3\text{Н}$ ,  $F_2 = 5\text{Н}$ ,  $F_3 = 4\text{Н}$ ,  $AB=40\text{ см}$ ,  $BC=20\text{ см}$ .

$$\vec{R} = ?$$



Задачи этого типа рекомендуем вам решать по следующему плану:

1. Сделаем рисунок и начертим ось координат  $Ox$ , выбрав положительное направление оси произвольно вверх или вниз.
2. Найдем сумму проекций на ось  $Ox$  всех сил, которые действуют на тело:

$$R_x = \sum_{i=1}^n F_{ix} \Rightarrow R_x = -F_1 + F_2 - F_3 \Rightarrow$$

$$R_x = -3 + 5 - 4 = -2H$$

тогда  $\left| \vec{R} \right| = 2H$ .

3. Найдем направление  $\vec{R}$ :

- если  $R_x > 0$ , то направление  $\vec{R}$  совпадает с направлением оси  $Ox$ ,

- если  $R_x < 0$ , то направление  $\vec{R}$  противоположно направлению оси  $Ox$ .

Так как мы получим  $R_x < 0$ , следовательно, сила  $\vec{R}$  направлена вертикально вниз противоположно направлению оси  $Ox$ .

4. Найдем точку приложения  $\vec{R}$ .

Мы знаем, что вращающее действие силы характеризует момент силы.

$$M = Fd, \quad \text{где } F - \text{модуль силы, } d - \text{плечо силы.}$$

лы.



Если сила вращает тело **по часовой стрелке**, то  $M > 0$ ,  
если сила вращает тело **против часовой стрелки**, то  $M < 0$ .

Так как  $\vec{R}$  – равнодействующая сила, то ее вращающее действие относительно любой точки равно вращающему действию суммы всех сил, которые действуют на тело:

$$M_{R\text{C}} = \sum_{i=1}^n M_{i\text{C}} \quad \text{или} \quad R \cdot d_R = \sum_{i=1}^n F_i d_i$$

Выберем точку, относительно которой будем записывать моменты сил. Лучше, чтобы это была точка приложения крайней левой силы. В данной задаче это точка А.

Обозначим точку приложения  $\vec{R}$  буквой О. Тогда моменты сил относительно точки А:

$$M_{R\text{A}} = M_{F_1\text{A}} - M_{F_2\text{A}} + M_{F_3\text{A}}$$

$$M_{F_3\text{A}} \Rightarrow R \cdot AO = F_1 AA - F_2 AB + F_3 AC$$

Плечо силы  $F_1$  относительно точки А:  $d_1 = AA = 0$ .

Получим:

$$AO = \frac{F_3 AC - F_2 AB}{R}$$

– это формула ответа.

5. Сделаем расчёт и выполним действия над единицами:

$$AO = \frac{4 \cdot 60 - 5 \cdot 40}{2} = \frac{240 - 200}{2} = 20 \text{ см}$$

$$\left[ \frac{H \cdot \text{см}}{H} = \text{см} \right]$$

6. Начертим силу  $\vec{R}$  на рисунке.

Ответ:  $R = 2H$ ;  $\vec{R}$  направлена вертикально вниз;  $AO = 20$  см.



## ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ ТЕЛА ИЛИ СИСТЕМЫ ТЕЛ

- **Центр тяжести тела** – это точка приложения силы тяжести тела.

*Обратите внимание:*

*Все тела, которые рассматриваются в задачах, находятся в однородном гравитационном поле, следовательно, центр тяжести тела совпадает с центром масс. Поэтому, в дальнейшем мы будем пользоваться только термином **центр тяжести тела**.*

- **Центр тяжести системы тел** – это точка приложения равнодействующей силы тяжести, которая действует на каждое тело системы.

Все силы тяжести направлены вертикально вниз, следовательно, это параллельные силы. Кроме того, во всех задачах методических указаний центры тяжести тел системы лежат на одной прямой. Поэтому эти задачи решают аналогично задачам на сложение параллельных сил с небольшими изменениями и дополнениями к плану решения:

- 1) в задачах не нужно находить направление  $\vec{R}$ , так как сила тяжести всегда направлена вертикально вниз к центру Земли;
- 2) если в задачах даны массы тел, то  $\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$ ;
- 3) если в задачах не даны массы тел, а даны названия веществ, из которых сделаны тела, и размеры тел, то нужно найти плотности  $\rho$  этих веществ в «Сборнике задач по физике» [1], (стр. 204, табл. 4) и затем найти массы тел по формуле:  $m = \rho V$ , где  $V$  – объём тела.

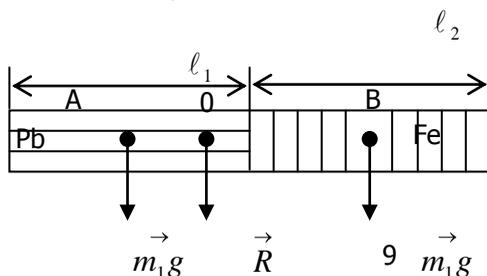
### Пример решения задачи

Цилиндр длиной 0,4 м состоит наполовину из свинца и наполовину из железа. Найти центр тяжести цилиндра.

Дано:  $\rho_{Pb} = 11,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,

$\rho_{Fe} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;  $l_1 = l_2 = l$ ,  $2l = 0,4 \text{ м}$ ,  $V_1 = V_2 = V$

Найти центр тяжести системы.





**Решение:**

1. Сделаем рисунок. Система состоит из двух тел: свинцового и железного цилиндров. На каждый цилиндр действует сила тяжести, точка приложения которой находится в геометрическом центре каждого цилиндра (точки А и В). Так как в задаче не даны массы тел, а даны вещества, из которых они сделаны, найдем плотности свинца и железа в табл. 4 стр. 204 [1].

2. Найдем модуль равнодействующей силы:

$$R = m_1 g + m_2 g = (m_1 + m_2) g \quad (1)$$

Массы цилиндров равны:  $m_1 = \rho_{Pb} V$  и  $m_2 = \rho_{Fe} V$ .

Подставим выражения  $m_1$  и  $m_2$  в (1):

$$R = (\rho_{Pb} V + \rho_{Fe} V) g = (\rho_{Pb} + \rho_{Fe}) V g .$$

3. Обозначим центр тяжести системы (точку приложения  $\vec{R}$ ) буквой О. Будем определять положение центра тяжести относительно точки А. Мы знаем, что вращающее действие силы тяжести системы  $\vec{R}$  равно вращающему действию суммы сил тяжести, которые действуют на каждое тело системы:

$$M_{R(A)} = M_{m_1 g(A)} + M_{m_2 g(A)} \quad \text{или} \quad R \cdot OA = m_1 g AA + m_2 g AB \quad (2)$$

Плечо силы  $m_1 g$  относительно точки А равно нулю  
 $\Rightarrow m_1 g AA = 0$ . Из (2) получим:

$$AO = \frac{m_2 g \cdot AB}{R}, \quad \text{где} \quad m_2 = \rho_{Fe} V; \quad AB = \ell$$

Тогда:

$$AO = \frac{\rho_{Fe} V g \cdot \ell}{(\rho_{Pb} + \rho_{Fe}) V g} \Rightarrow \boxed{AO = \frac{\rho_{Fe} \cdot \ell}{(\rho_{Pb} + \rho_{Fe})}}$$

-это формула ответа.

4. Сделаем расчёт и выполним действия над единицами:

$$AO = \frac{7,8 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{(11,4 + 7,8) 10^3} = 0,081 м \quad \left[ \frac{кг \cdot м^3 \cdot м}{м^3 \cdot кг} = м \right]$$



5. Начертим центр тяжести и силу  $\vec{R}$  на рисунке.

Ответ: центр тяжести системы находится на расстоянии 0,081 м справа от центра свинцового цилиндра.

## РАВНОВЕСИЕ ТЕЛА, КОТОРОЕ ИМЕЕТ ОСЬ ВРАЩЕНИЯ

Тело, которое имеет ось вращения, находится в равновесии (в состоянии покоя), если **алгебраическая сумма моментов сил**, действующих на тело относительно любой оси вращения, **равна нулю**:

$$\sum_{i=1}^n M_{i(\cdot)} = 0$$

Задачи этого типа рекомендуем вам решать по следующему плану:

1. Сделайте рисунок и начертите все силы, которые действуют на тело.
2. Напишите условие равновесия тела относительно любой оси вращения.

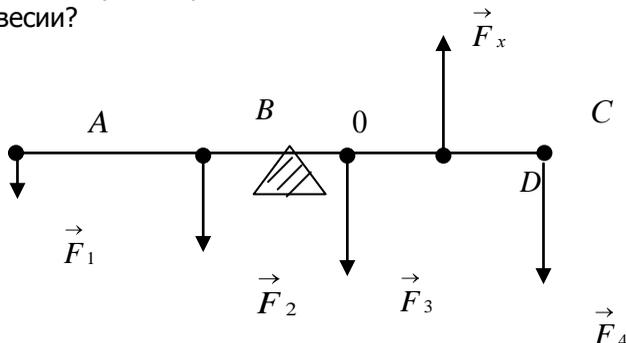
Наиболее удобно это условие написать относительно точки, в которой тело закреплено или имеет опору.

3. Решите уравнение относительно неизвестной величины.

### Примеры решения задач

#### **Задача А.**

На тело, которое закреплено в точке О, действуют силы, как показано на рисунке. Какую силу  $F_x$ , направленную противоположно всем силам, нужно приложить в точке D, чтобы тело находилось в равновесии?





$$\begin{aligned} \text{Дано: } F_1 &= 10H, F_2 = 20H, \\ F_3 &= 30H, F_4 = 24H; \\ AO &= 5M, BO = 2M, \\ CO &= 1M, DO = 3M \\ \hline F_x &= ? \end{aligned}$$

**Решение:**

1. В данной задаче все силы, которые действуют на тело, уже показаны на рисунке, поэтому сразу напишем *условие равновесия тела* относительно точки *O*, в которой тело закреплено:

$$\sum_{i=1}^n M_{i(O)} = 0 \text{ или}$$

$$-F_1 \cdot AO - F_2 \cdot BO + F_3 \cdot CO - F_x \cdot DO + F_4 \cdot EO = 0.$$

2. Найдём из этого уравнения  $F_x$ :

$F_x = \frac{-F_1 \cdot AO - F_2 \cdot BO + F_3 \cdot CO + F_4 \cdot EO}{DO}$	-это формула ответа.
---	-------------------------

3. Сделаем расчёт и выполним действия над единицами:

$$F_x = \frac{-10 \cdot 5 - 20 \cdot 2 + 30 \cdot 1 + 24 \cdot 5}{3} = 20H$$

$$\left[ \frac{H \cdot M}{M} = H \right]$$

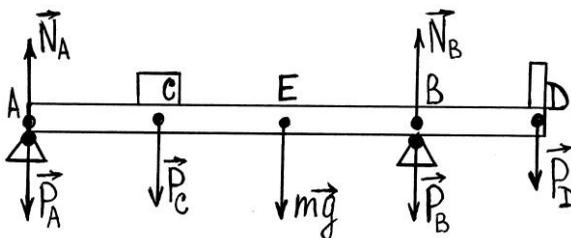
Ответ:  $F_x = 20H$ .

**Задача В.**

Балка массой 60 кг лежит на двух опорах в точках А и В. Длина балки  $\ell$ . В точке С на балке лежит груз массой 20 кг, а в точке D – груз массой 10 кг. Расстояния  $AC=BD= \ell/4$ . Определить силы давления балки на опоры в точках А и В ( $P_A=?$ ,  $P_B=?$ )

**Решение:**

Сделаем рисунок. Начертим все силы, которые действуют на балку и силы давления на опоры А и В. Запишем, что дано.



Дано:  $m = 60 \text{ кг}$ ,  $m_C = 20 \text{ кг}$ ,  $m_D = 10 \text{ кг}$

$$AD = l, \quad AC = l/4, \quad AB = 3l/4$$

$$P_A = ? \quad P_B = ?$$

2. Так как балка находится в покое, то силы давления грузов в точках С и Д:  $|\vec{P}_C| = |m_C \vec{g}|$ ,  $|\vec{P}_D| = |m_D \vec{g}|$  и алгебраическая сумма моментов сил относительно любой точки равна 0:

$$\sum_{i=1}^n M_{i(0)} = 0.$$

Напишем условие равновесия балки относительно точек А и В, в которых есть опоры:

$$\sum_{i=1}^n M_{i(A)} = 0 \quad \text{или} \quad m_C g AC + mg AE - N_B AB + m_D g AD = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{i(B)} = 0 \quad \text{или} \quad N_A AB - m_C g CB - mg EB + m_D g DB = 0 \quad (2)$$

3. Силы давления балки на опоры  $P_A$  и  $P_B$  не действуют на балку и не входят в уравнения (1) и (2). Но из третьего закона Ньютона известно, что  $|\vec{P}_A| = |\vec{N}_A|$  и  $|\vec{P}_B| = |\vec{N}_B|$ . Поэтому, найдем из уравнений (1) и (2) величины сил реакций опор  $N_A$  и  $N_B$  и, следовательно, найдем  $P_A$  и  $P_B$ :

$$\text{Из (1):} \quad N_B = \frac{m_C g \cdot \frac{l}{4} + mg \cdot \frac{l}{2} + m_D g \cdot l}{\frac{3}{4}l} \Rightarrow$$



$$N_B = \frac{g(m_C + 2m + 4m_D)}{3} = P_B \text{ – это формула ответа.}$$

$$\text{Из (2): } N_A = \frac{m_C g \cdot \frac{l}{2} + mg \cdot \frac{l}{4} - m_D g \cdot \frac{l}{4}}{\frac{3}{4}l} \Rightarrow$$

$$N_A = \frac{g(m_C + m - m_D)}{3} = P_A \text{ – это формула ответа.}$$

4. Сделаем расчёты и выполним действия над единицами:

$$P_A = N_A = \frac{10 \cdot 20 + 60 - 10}{3} = 300 \text{ Н,}$$

$$P_B = N_B = \frac{10 \cdot 10 + 2 \cdot 60 + 4 \cdot 10}{3} = 600 \text{ Н,}$$

$$\left[ \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{кг} = \text{Н} \right]$$

Ответ:  $P_A = 300 \text{ Н}$ ,  $P_B = 600 \text{ Н}$ .

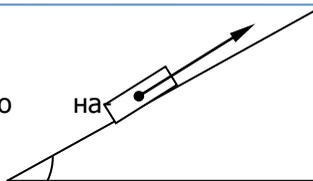


## ЗАДАЧИ

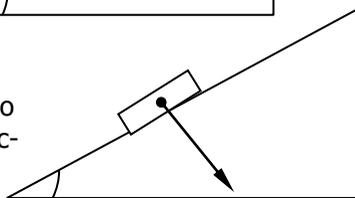
1. Тело лежит на наклонной плоскости. Определить коэффициент трения, если максимальный угол наклона плоскости к горизонту ( $\alpha$ ), при котором тело находится в покое, равен  $30^\circ$ .
2. Коэффициент трения тела о плоскость  $\mu = 0,3$ . Определить максимальный угол наклона плоскости к горизонту ( $\alpha$ ), при котором тело находится в покое.
3. Деревянный брусок массой  $m$  лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$ . Коэффициент трения бруска о плоскость  $\mu$ . Какая минимальная сила  $F$  должна быть приложена к бруску, чтобы он находился в покое, если эта сила направлена:



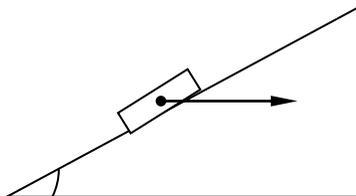
а) параллельно  
клонной  
плоскости



б) перпендикулярно  
наклонной плос-  
кости

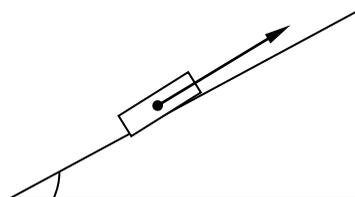


в) параллельно  
основанию  
наклонной

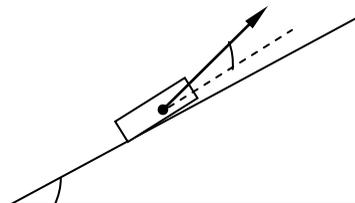


4. На горизонтальной плоскости лежит деревянный брусок массой  $0,3 \text{ кг}$ , который тянут с силой  $4 \text{ Н}$ . Коэффициент трения бруска о плоскость  $\mu = 0,2$ . Определить массу гири, которую нужно положить на брусок, чтобы он оставался в покое.
5. Коэффициент трения тела о плоскость  $\mu$ . С какой минимальной силой нужно тянуть тело массой  $m$ , чтобы оно двигалось равномерно вверх по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$ , если эта сила направлена:

а) параллельно  
наклонной плоскости

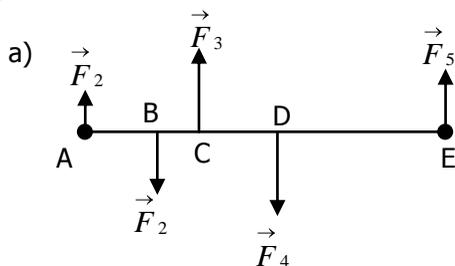


б) под углом  $\beta$  к  
наклонной плоскости



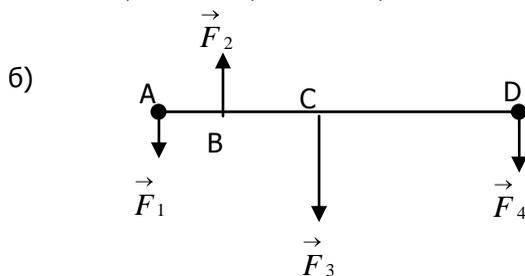


6. Найти величину, направление и точку приложения равнодействующей силы:



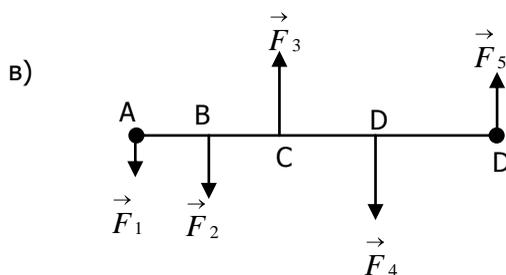
$$F_1 = 1H, F_2 = 6H, F_3 = 4H, F_4 = 8H, F_5 = 3H.$$

$$AB = 2м, BC = 1м, CD = 3м, DE = 4м$$



$$F_1 = 4H, F_2 = 1H, F_3 = 10H, F_4 = 5H.$$

$$AB = BC = 0,2м, CD = 0,4м$$



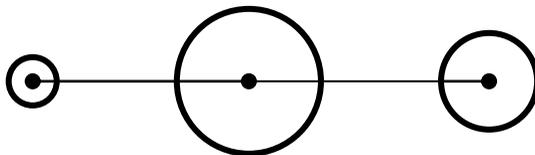
$$F_1 = 4H, F_2 = 8H, F_3 = 7H, F_4 = 10H, F_5 = 5H.$$

$$AB = BC = CD = DE = a$$

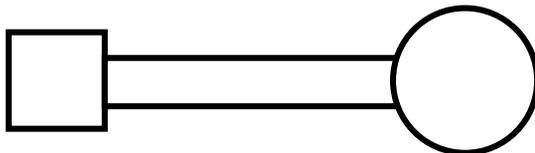
7. Три шара, массы которых  $m_1 = 2кг$ ,  $m_2 = 10кг$ ,  $m_3 = 5кг$ , за-



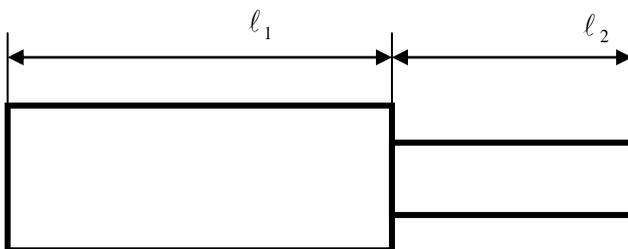
креплены на стержне так, что их центры находятся на равном расстоянии друг от друга  $a = 0,5 м$ . Найти центр тяжести системы. Массу стержня не учитывать.



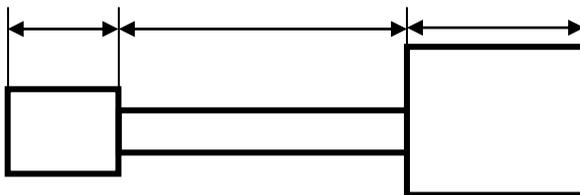
8. Куб массой  $0,8$  кг соединен с шаром массой  $4$  кг при помощи стержня массой  $1,2$  кг. Ребро куба  $a = 2$  см, радиус шара  $r = 5$  см, длина стержня  $l = 18$  см. Найти центр тяжести системы.



9. Два однородных цилиндра соединены между собой так, что их оси составляют одну прямую линию. Первый цилиндр имеет длину  $l_1 = 0,2$  м и площадь сечения  $S_1 = 9$  см<sup>2</sup>. Длина второго цилиндра  $l_2 = 0,12$  м и площадь сечения  $S_2 = 5$  см<sup>2</sup>. Найти центр тяжести системы.



10. Три однородных цилиндра соединены между собой так, что их оси составляют одну прямую линию. Длины и площади сечения цилиндров соответственно равны:  $l_1 = 20$  см,  $S_1 = 4$  см<sup>2</sup>,  $l_2 = 60$  см,  $S_2 = 2$  см<sup>2</sup>,  $l_3 = 40$  см,  $S_3 = 5$  см<sup>2</sup>. Найти центр тяжести системы.



11. Медный и алюминиевый цилиндры одинакового сечения соединены между собой так, что их оси составляют одну прямую линию. Длина медного цилиндра 10 см, длина алюминиевого цилиндра в два раза больше. Найти центр тяжести системы.

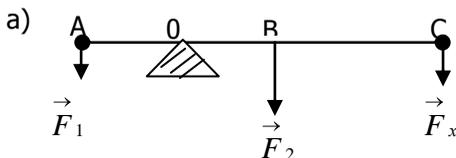


12. Три цилиндра одинакового сечения из цинка, свинца и никеля соединены между собой так, что их оси составляют одну прямую линию. Длины цилиндров:  $l_{Zn} = 20 \text{ см}$ ,  $l_{Pb} = 40 \text{ см}$ ,  $l_{Ni} = 60 \text{ см}$ .

Найти центр тяжести системы.

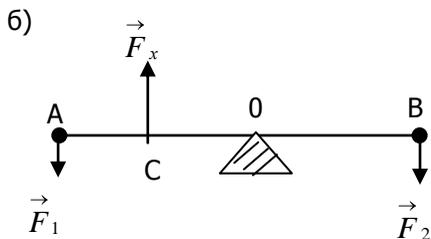


13. На тело, которое закреплено в точке  $O$ , действуют силы, как показано на рисунке. Какую силу  $F_x$  нужно приложить в точке  $C$ , чтобы тело находилось в равновесии?



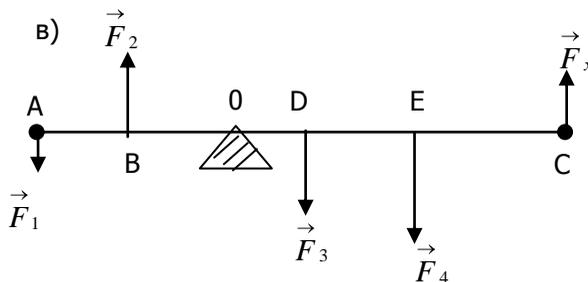
$$F_1 = 10H, F_2 = 2H.$$

$$OA = 2\text{ м}, OB = 3\text{ м}, BC = 4\text{ м}$$



$$F_1 = 15H, F_2 = 3H.$$

$$AC = CO = 0,5m, OB = 2m$$



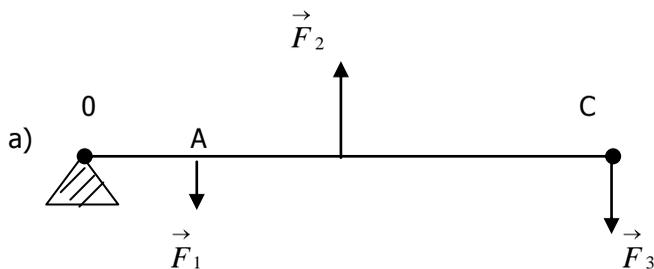
$$F_1 = 4H, F_2 = 2H, F_3 = 1H,$$

$$F_4 = 5H.$$

$$AB = BO = 2m, OD = 1m,$$

$$DE = 3m, EC = 5m$$

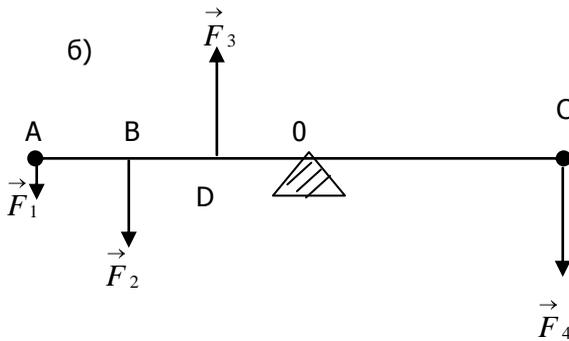
14. На тело, которое закреплено в точке 0, действуют силы, как показано на рисунке. Определить расстояние  $OC$ , если тело находится в равновесии.





$$F_1 = 2H, F_2 = 8H, F_3 = 3,5H.$$

$$OA = AB = 1\text{ м}$$

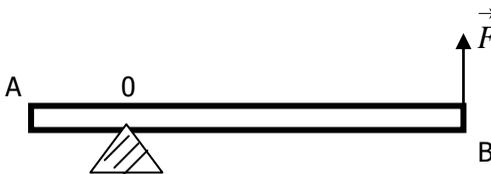


$$F_1 = F_2 = F, F_3 = 2H, F_4 = 1,5H;$$

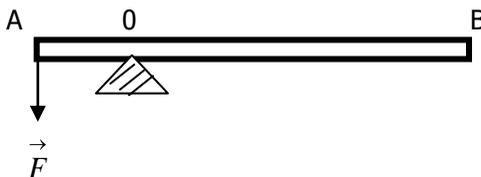
$$AB = BD = DO = a$$

15. Балка массой 24 кг и длиной 1 м лежит на опоре в точке O.  $AO=0,2$  м. Определить, какую силу F нужно приложить к балке, чтобы удержать ее в горизонтальном положении, если:

- а) сила F приложена в точке B.

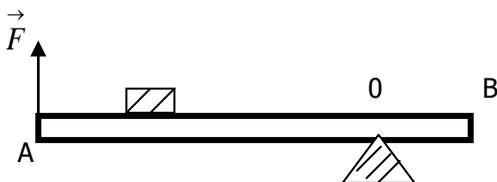


- б) сила F приложена в точке A.

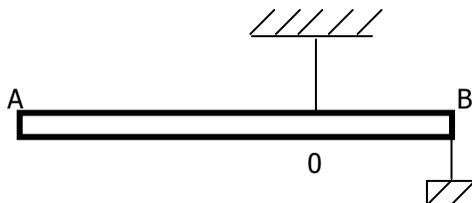




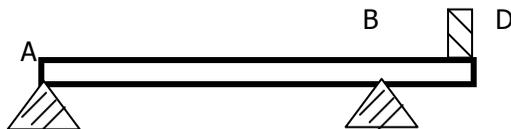
16. Балка массой 8 кг и длиной 1,2 м лежит на опоре в точке O.  $AO=1$  м. На расстоянии 0,5 м от левого конца на балке лежит груз массой 4 кг. Определить, какую силу  $F$  нужно приложить к балке в точке A, чтобы удержать ее в горизонтальном положении.



17. Стержень массой 1 кг подвешен на нити в точке O. Длина стержня  $AB=6$  м,  $AO=4$  м. Определить массу груза, который нужно подвесить в точке B, чтобы стержень находился в горизонтальном положении.



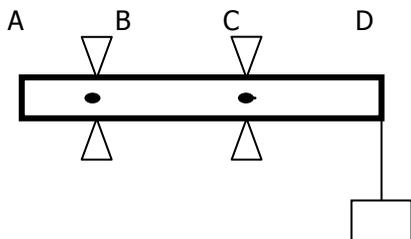
18. На столе лежит однородный стержень так, что  $1/6$  его длины выступает за конец стола.
- 1) Определить массу стержня, если для подъема его за конец, который лежит на столе, нужно приложить силу 120 Н.
  - 2) Найти силу, которую нужно приложить к противоположному концу, чтобы приподнять стержень.
19. Балка массой 20 кг лежит на двух опорах A и B. Расстояние между опорами равно  $3/4$  длины балки. На конце балки в точке D лежит груз массой 8 кг. Найти силы давления балки на опоры.



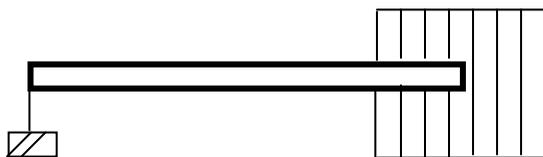
20. Балка массой  $m$  закреплена в точках B и C. В точке D к балке подвешен груз массой  $m_1$ . Расстояния  $AB = CD = a$ ,  $BC = 2a$ . Определить силы реакции опор  $\vec{N}_B = ?$ ,  $\vec{N}_C = ?$ . (Считать направление этих сил вертикальным). Какие будут направ-



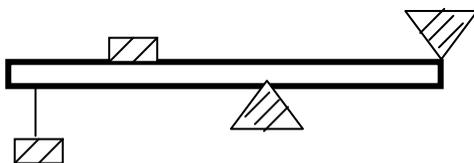
ления сил реакции опор в зависимости от массы балки и массы груза?



21. Балка массой 150 кг и длиной 2 м закреплена одним концом в стене. На другом ее конце подвешен груз массой 150 кг. Расстояние СА равно 1,5 м. Считаем, что балка давит на стену только в точках А и В. Найти силы давления балки на стену в точках А и В.



22. Балка массой 500 кг и длиной 5 м удерживается в горизонтальном положении опорами D и E. Расстояние между опорами 2 м. В точке В к балке подвешен груз массой 200 кг, а в точке С на балке лежит тело массой 50 кг.  $AB=0,5$  м,  $AC=1,5$  м. Найти силы давления балки на опоры.



**Рекомендуем вам при изучении темы «Статика» использовать следующую учебно-методическую литературу:**

1. Корочкина Л.Н. ФИЗИКА: учеб. пособие для студ.-иностр. подготов. фак. вузов / Л.Н. Корочкина, А.С. Каурова, Л.Д. Шутенко, Б.П. Стасюк. – М.:Высшая школа, 1983. – с. 92-101.
2. Вердеревская Н.Н. Сборник задач и вопросов по физике.: учеб. пособие / Н.Н. Вердеревская, С.П. Егорова. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1988. Задачи №№ 174, 180 – 198, 201 (с. 69 – 72).



## ОТВЕТЫ

**1.**  $\mu = \frac{\sin 30^0}{\cos 30^0} = \operatorname{tg} 30^0 = 0,577$ .    **2.**  $\operatorname{tg} \alpha = 0,3$ ;  $\alpha = 16^0 45'$

**3. а)**  $F = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ , **б)**

$$F = \frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\mu}, \quad \text{в) } F = \frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}.$$

**4.** 1,7 кг.

**5. а)**  $F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ , **б)**

$$F = \frac{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\cos \beta + \mu \sin \beta}.$$

**6. а)** 6Н, 3 м.                      **б)** 18Н, 0,43 м.                      **в)** 10Н, 0,4 а.

**7.** 0,59 м.                      **8.** 18 см.

**9.** 4 см.                      **10.** 57 см.

**11.** 5,7 см.                      **12.** 49,7 см.

В ответах задач №№ **8-12** указаны расстояния АО от центра тяжести левого тела до центра тяжести системы.

**13. а)** 2Н.                      **б)** 18 Н.                      **в)** 1Н.

**14. а)** 4 м.                      **б)** 2 а.

**15. а)**  $F_B = 90Н$ .    **б)**  $F_A = 360Н$ .

**16.** 52Н.                      **17.** 0,5 кг.    **18.** 30 кг, 150Н.

**19.**  $P_A = 40Н$ ,  $P_B = 240Н$ .

**20.**  $N_B = \frac{g(m - m_1)}{2}$ ;     $N_C = \frac{g(m + 3m_1)}{2}$ .

**21.**  $P_A = 9000Н$ ;  $P_B = 6000Н$ .

**22.**  $P_D = 11625Н$ ,     $P_E = 4125Н$ .