Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра прикладной механики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНОГО ВЕКТОРА И ГЛАВНОГО МОМЕНТА СИСТЕМЫ СИЛ

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Механика» для направления
280700.62 «Техносферная безопасность»
и специальности 130101.65 «Прикладная геология»
и по дисциплине «Прикладная механика» для направления
241000.62 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Составитель В. Ю. Садовец

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 11 от 29.05.2013

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 130101.65
Протокол № 9 от 03.06.2013

Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2013

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться определять главный вектор и главный момент произвольной системы сил.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Решение задач по механике связано с операцией векторного сложения сил. Величину, равную геометрической сумме системы сил, называют главным вектором этой системы $\overline{R}$. Величину, равную геометрической сумме моментов всех сил относительно центра *O*, называют главным моментом $\overline{M_O}$ системы сил относительно центра *O*.

Определение главного вектора и главного момента произвольной системы позволяет упростить решение задач механики, заменяя произвольную систему сил одной силой $\overline{R}$ и одним моментом $\overline{M_O}$.

1. Геометрический способ сложения и разложения сил.

С л о ж е н и е д в у х с и л. Геометрическая сумма $\overline{R}$ двух сил $\overline{F_1}$ и $\overline{F_2}$ находится по правилу параллелограмма (рис. 1, *а*) или построением силового треугольника (рис. 1, *б*) изображающего одну из половин этого параллелограмма.

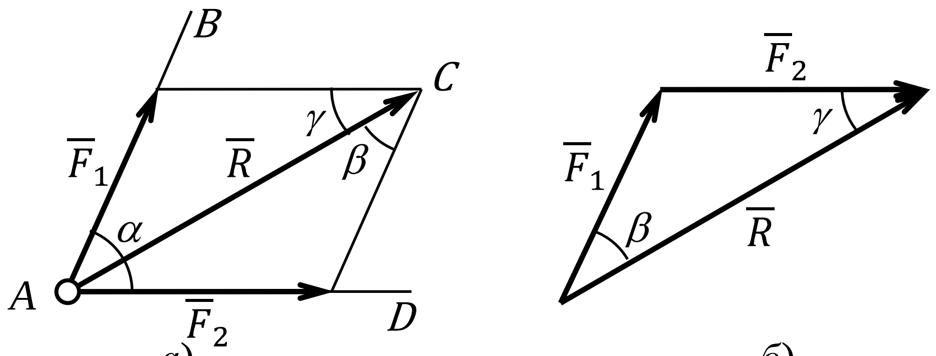


Рис. 1

С л о ж е н и е т р ё х с и л, не лежащих в одной плоскости. Геометрическая сумма $\overline{R}$ трёх сил $\overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3}$, не лежащих в одной плоскости, изображается диагональю параллелепипеда, построенного на этих силах (рис. 2).

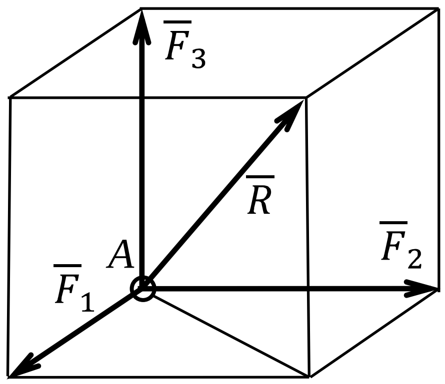
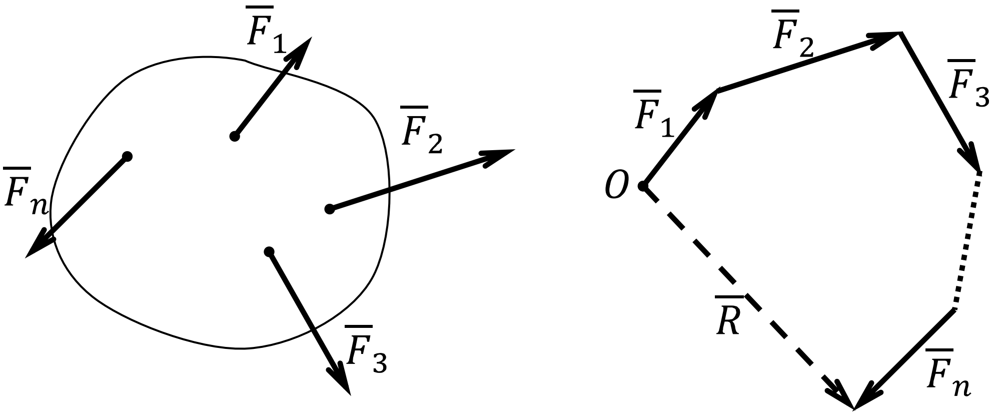


Рис. 2

В этом случае модуль

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}\,. \tag{1}$$

С л о ж е н и е   с и с т е м ы   с и л . Геометрическая сумма системы сил определяется или последовательным сложением сил по правилу параллелограмма, или построением силового многоугольника. При решении задач механики чаще пользуются вторым правилом, как наиболее простым и удобным.



а) *б*)

Рис. 3

При определении суммы сил $\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_3, \dots, \overline{F}_n$ (рис. 3, *а*), лежащих в одной плоскости, необходимо отложить от произвольной точки O (рис. 3, *б*) вектор, изображающий в выбранном масштабе силу $\overline{F}_1$, из конца вектора $\overline{F}_1$ отложить вектор, изображающий силу $\overline{F}_2$, из конца вектора $\overline{F}_2$ отложить вектор, изображающий силу $\overline{F}_3$ и т.д.; из конца вектора, изображающего предпоследнюю силу $\overline{F}_{n-1}$, отложить вектор, изображающий силу $\overline{F}_n$.

Соединяя начало первого вектора с концом последнего, получаем вектор $\overline{R}$, изображающий геометрическую сумму или главный вектор слагаемых сил:

$$\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \overline{F}_3 + \cdots + \overline{F}_n \text{ или } \overline{R} = \quad \overline{F}_n.$$

При определении суммы пространственной системы сил порядок построения силового многоугольника не меняется. На рис. 4 показан пример сложения пространственной системы сил $\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_3$.

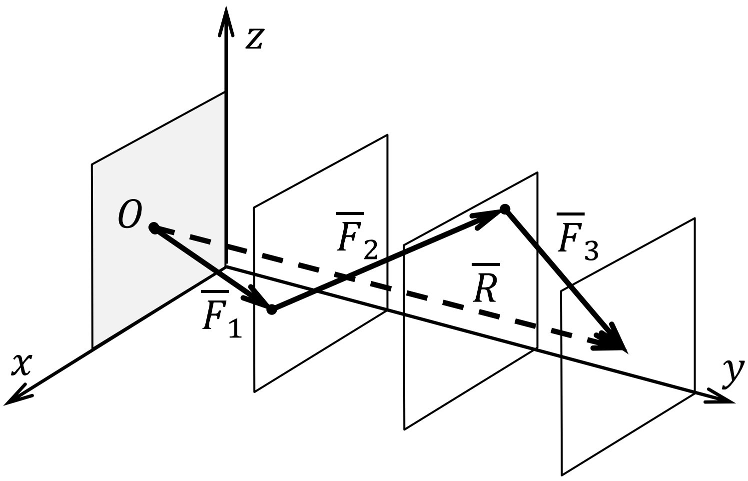


Рис. 4

Разложение сил. Разложить силу на составляющие – значит найти такую систему сил, для которой данная сила является равнодействующей. Существует два случая разложения силы:

а) по двум заданным направлениям. Из начала силы, подлежащей разложению, проводят линии действия составляющих сил, а затем по правилу параллелограмма определяют их направления. На рис. 1, *а* показано как сила $\overline{R}$ разлагается по направлениям AB и AD на силы $\overline{F}_1$ и $\overline{F}_2$ – составляющие силы $\overline{R}$ (сила $\overline{R}$ и прямые AB и AD лежат в одной плоскости).

б) по трём заданным направлениям (не лежащим в одной плоскости). Задача решается построением параллелепипеда, у которого диагональ изображает заданную силу $\overline{R}$, а ребра параллельны заданным направлениям (рис. 2).

2. Аналитический способ задания и сложения сил

Рассматриваемый метод решения задач основывается на понятии проекции силы на ось. Проекция силы на ось – алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между силой и осью. Для сил, изображенных на рис. 5,

$$F_x = F\cos\alpha, \tag{2}$$

$$Q_x = Q\cos\beta, \tag{3}$$

$$P_x = P\cos\gamma = 0. \tag{4}$$

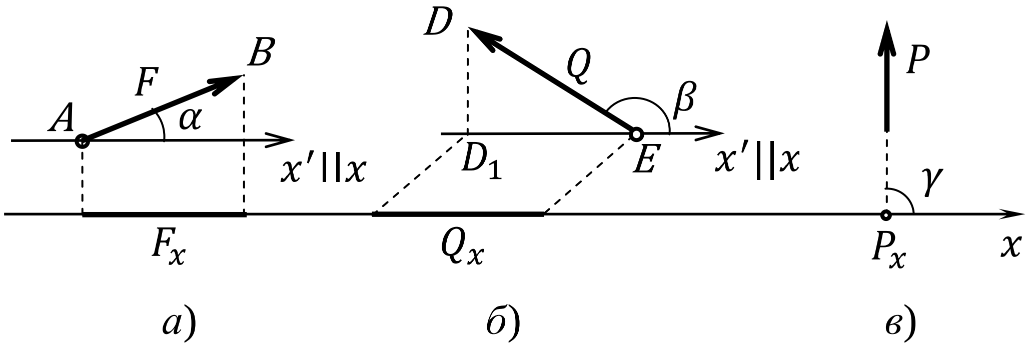


Рис. 5

Для определения знака проекции надо смотреть на проецируемую силу и ось проекции так, так чтобы плоскость, проходящая через них, была видна в виде прямой. Если при этом направление силы и оси совпадают, то проекция положительна (рис. 5, *а*), если сила и ось направлены в разные стороны, то проекция отрицательна (рис. 5, *б*).

Проекцией силы F на плоскость Oxy, называется вектор $\overline{F}_{xy}$, заключенный между проекциями начала и конца силы F на эту плоскость. В случае, изображенном на рис. 7, таким способом определим, что

$$F_x = F_{xy}\cos\varphi = F\cos\theta\cos\varphi, \tag{5}$$

$$F_y = F_{xy}\cos(90^0 - \varphi) = F\cos\theta\sin\varphi. \tag{6}$$

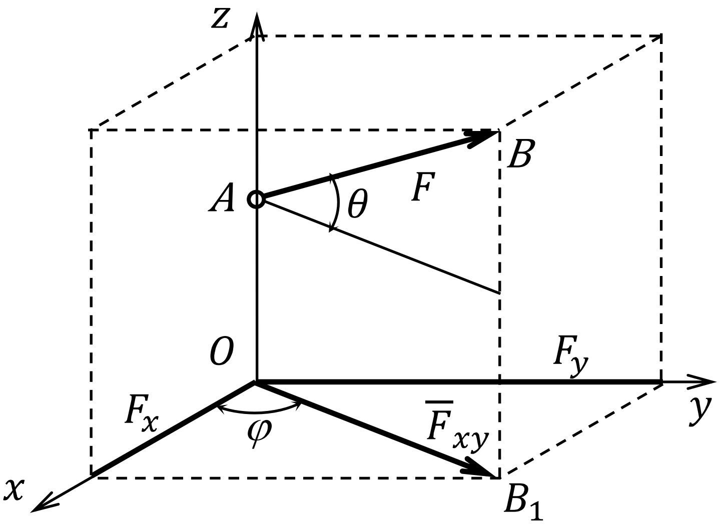


Рис. 7

З а д а н и е   с и л . Для аналитического задания силы выбирают систему координат $Oxyz$, по отношению к которой будет определяться положение силы в пространстве. Вектор, изображающий силу F, можно построить, если задан модуль этой силы и два из трёх углов α, β и γ (рис. 8), которые сила образует с координатными осями. Для решения задач механики удобнее задавать силу ее проекциями F_x, F_y, F_z на оси координат. Зная эти проекции можно определить модуль силы и углы, которые она образует с координатными осями.

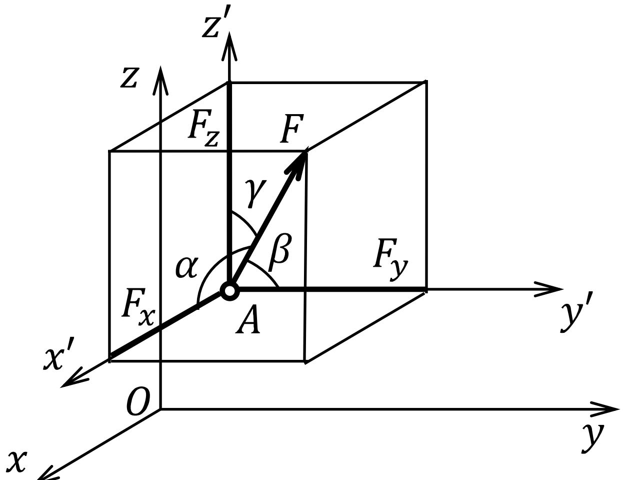


Рис 8

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}, \tag{7}$$

$$\cos\alpha = \frac{F_x}{F}, \cos\beta = \frac{F_y}{F}, \cos\gamma = \frac{F_z}{F}. \qquad (8)$$

С л о ж е н и е с и л . Переход от зависимостей между векторами к зависимостям между их проекциями осуществляется на основании следующей теоремы: проекция вектора суммы на какую-либо ось равна алгебраической сумме проекций слагаемых векторов на ту же ось. Согласно этой теореме если $\overline{R} = \quad \overline{F}_k$, то

$$R_x = \quad F_{kx}\,; \;\; R_y = \quad F_{ky}\,; \;\; R_z = \quad F_{kz}. \qquad (9)$$

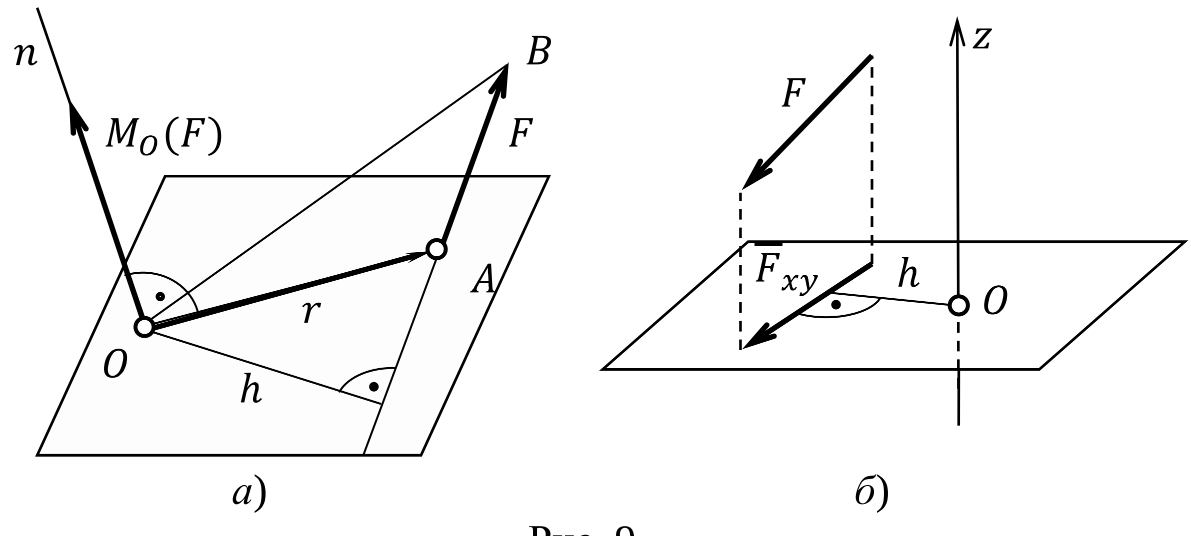
Определив величины R_x, R_y и R_z по формулам (5) и (6) определяют значение главного вектора и его направляющие косинусы:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}, \qquad (10)$$

$$\cos\alpha = \frac{R_x}{R}, \cos\beta = \frac{R_y}{R}, \cos\gamma = \frac{R_z}{R}. \qquad (11)$$

3. Момент силы

М о м е н т с и л ы о т н о с и т е л ь н о т о ч к и . Точку, относительно которой берется момент, называют центром момента, а момент силы относительно этой точки - моментом относительно центра.



а) *б*)

Рис. 9

Моментом силы $\overline{F}$ относительно центра O называется приложенный в центре O вектор $\overline{M}_O\ \overline{F}$, модуль которого равен $\overline{M}_O\ \overline{F}\quad = Fh$, где h – плечо силы, (перпендикуляр, опущенный из точки O на линию действия силы) и который направлен перпендикулярно плоскости, проходящей через центр O и силу, в ту сторону, откуда сила видна стремящейся повернуть тело вокруг центра O против хода часовой стрелки (рис. 9, *а*).

В случае пространственной системы сил главным моментом относительно точки O называется векторная сумма моментов всех сил относительно точки O.

$$\overline{M}_O = \quad \overline{M}_O\ \overline{F}_k\ . \tag{12}$$

М о м е н т   с и л ы   о т н о с и т е л ь н о   о с и, (например z, рис. 9, *б*) $M_z(F)$ есть алгебраическая величина, значение которой равно произведению проекции F_{xy}, на плоскость перпендикулярную оси z, умноженную на плечо проекции h (перпендикуляр, опущенный из точки O на проекцию силы F_{xy}).

Момент силы относительно оси равен нулю если:

- сила или её проекция параллельна оси;
- линия действия силы или её проекция пересекает ось.

Главным моментом пространственной системы сил относительно оси называется сумма моментов всех сил системы относительно этой оси

$$M_x = \quad M_x(F_k)\,;\ M_y = \quad M_y(F_k)\,;\ M_z = \quad M_z(F_k). \tag{13}$$

Зная моменты сил относительно осей декартовых координат M_x, M_y, M_z, можно определить величину главного момента силы M_O относительно начала координат O и его направляющие косинусы

$$M_O = \quad \overline{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}, \tag{14}$$

$$\cos\alpha = \frac{M_x}{M_O}, \cos\beta = \frac{M_y}{M_O}, \cos\gamma = \frac{M_z}{M_O}. \tag{15}$$

П р а в и л о   з н а к о в   м о м е н т о в. При решении задач перед значением момента силы ставится знак «+» или «–». Если сила $\overline{F}$ стремится вращать плоскость (П) против хода часовой стрелки, то перед выражением для расчетного момента ставиться знак «+», если по ходу часовой стрелки – знак «–».

Для системы сил $\overline{P}, \overline{Q}$ и $\overline{F},$ изображенных на рис. 10:

$$M_O\left(\overline{F}\right) = +Fh_1, \quad (16)$$

$$M_O\left(\overline{P}\right) = -Ph_2, \quad (17)$$

$$M_O\left(\overline{Q}\right) = 0 \; (h = 0). \quad (18)$$

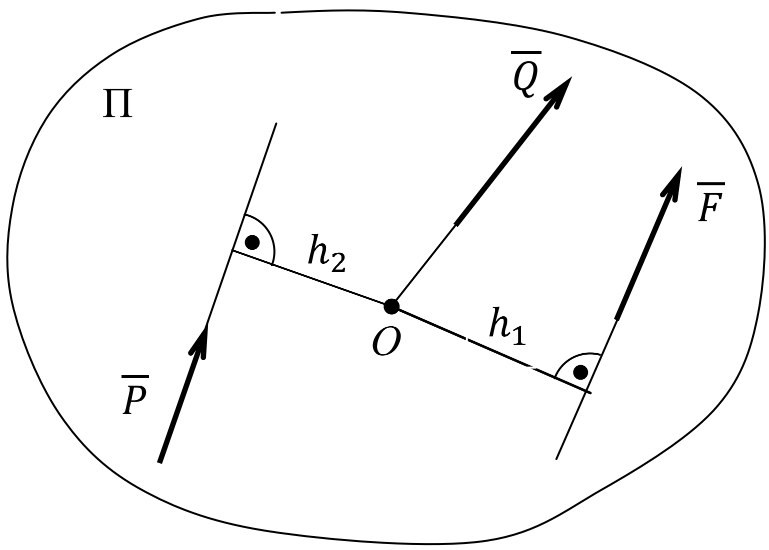


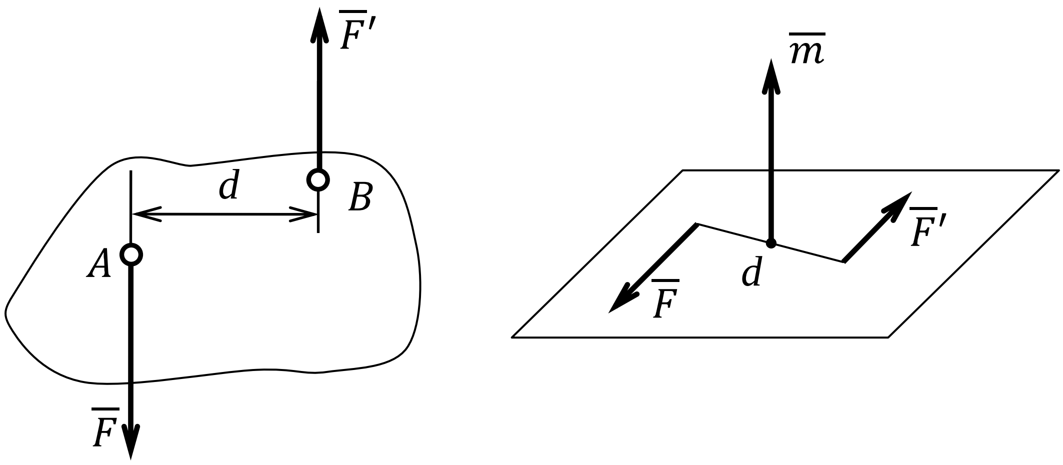
Рис. 10

4. Пара сил. Момент пары

Парой сил называется система двух равных по модулю, параллельных и направленных в противоположные стороны сил, действующих на твердое тело (рис. 11, *а*). Для пары сил главный вектор $\overline{R} = \overline{F} + \overline{F}' = 0$, поэтому свойства пары сил рассматриваются отдельно.

Расстояние d между линиями действия сил пары называется плечом пары. Действие пары сил на твердое тело сводится к вращательному эффекту, который характеризуется величиной, называемой моментом пары.

Моментом пары сил называется вектор $\overline{m}$ (или $\overline{M}$), модуль которого равен произведению модуля одной из сил пары на её плечо, и который направлен перпендикулярно плоскости действия пары, причем с конца его пара видна направленной против хода часовой стрелки (рис. 11, *б*).



а) *б*)

Рис. 11

Свойства пары сил:

- пару сил можно переносить куда угодно в плоскости действия пары;

- у пары сил можно менять длину плеча или модуль силы, сохраняя неизменным её момент. Так увеличив плечо в 2 раза, во столько же раз уменьшают силу;

- пару можно перенести из данной плоскости в любую другую плоскость, параллельную данной.

Если на тело действует система пар с моментами $\overline{m}_1, \overline{m}_2, \ldots, \overline{m}_n$, то она будет эквивалентна одной паре с моментом

$$\overline{M} = \overline{m}_1 + \overline{m}_2 + \cdots + \overline{m}_n = \quad \overline{m}_k. \tag{19}$$

Отсюда вытекает условие равновесия системы пар сил

$$\overline{M} = 0 \text{ или } \quad \overline{m}_k = 0\ . \tag{20}$$

5. Приведение системы сил к центру

П р а в и л о п а р а л л е л ь н о г о п е р е н о с а с и л. Если на тело действует сила $\overline{F}$ (рис. 12, *а*), приложенная в точке A, и требуется перенести её в точку B, то в точке B прикладывают две уравновешивающие друг друга силы $\overline{F}', \overline{F}''$ равные $\overline{F}$ (рис. 12, *б*). Действие трех сил $\overline{F}, \overline{F}', \overline{F}''$ будет таким же, как одной силы $\overline{F}$. Новую систему сил можно рассматривать, как состоящую из силы $\overline{F}'$, и пары $\overline{F},\overline{F}''$ с моментом $\overline{m}=\overline{m}_B\ \overline{F}$ (рис. 12, *б*). Пара $\overline{F},\overline{F}''$ образует момент $\overline{m}$, который называют присоединенным (рис. 12, *в*).

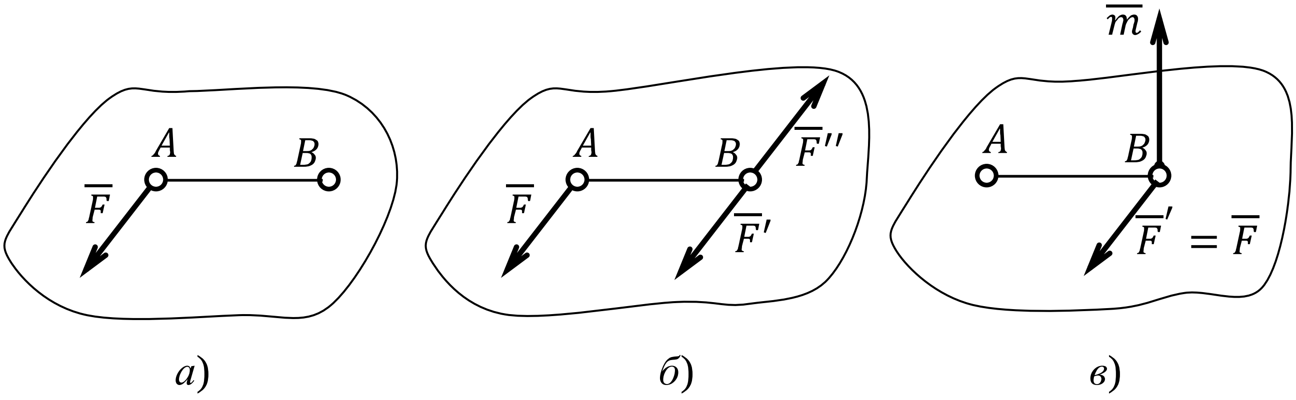


Рис. 12

П р и в е д е н и е с и с т е м ы с и л к з а д а н н о м у ц е н т р у . Приведение состоит в параллельном переносе сил в заданную точку (центр приведения) и добавлении присоединенных пар.

Пусть на тело действует пространственная система сил $\overline{F}_1,\overline{F}_2,\dots\overline{F}_n$ (рис. 13, *а*), а точка O – центр приведения.

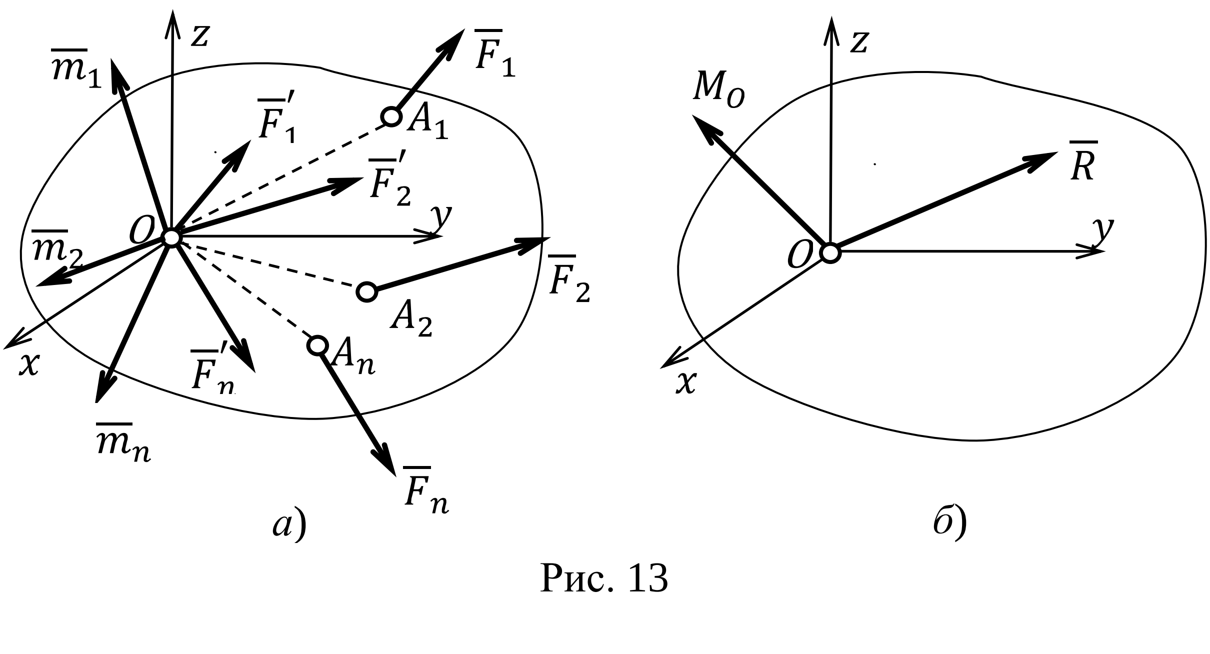


Рис. 13

Перенесём все силы в центр O. Тогда на тело будет действовать система сил

$$\overline{F}_1' = \overline{F}_1, \overline{F}_2' = \overline{F}_2, \dots, \overline{F}_n' = \overline{F}_n, \qquad (21)$$

приложенных в центре O, и ситема пар, моменты которых равны

$$\overline{m}_1 = \overline{m}_O\ \ \overline{F}_1\ \ , \overline{m}_2 = \overline{m}_O\ \ \overline{F}_2\ \ , \dots, \overline{m}_n = \overline{m}_O\ \ \overline{F}_n\ \ . \qquad (22)$$

Перенесенные силы заменим одной силой $\overline{R}$, приложенной в центре O (рис. 13, б). При этом

$$\overline{R}\ \ \ = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \cdots + \overline{F}_n = \ \ \ \overline{F}_k. \qquad (23)$$

Чтобы сложить все присоединённые пары, надо сложить векторы моментов этих пар. В результате система пар замениться одной парой, момент которой

$$\overline{M}_O = \overline{m}_1 + \overline{m}_2 + \cdots + \overline{m}_n = \ \ \ \overline{m}_k. \qquad (24)$$

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Д а н о : на рис. 14 показана система сил $\overline{N}; \overline{P}; \overline{Q}$; *N = 2 кН; P = 4 кН; Q = 6 кН;* геометрические размеры – *OA = 2 м; AB = 4 м; BC = 6 м; CD = 3 м.*

Т р е б у е т с я : привести все силы в заданный центр точку *O*.

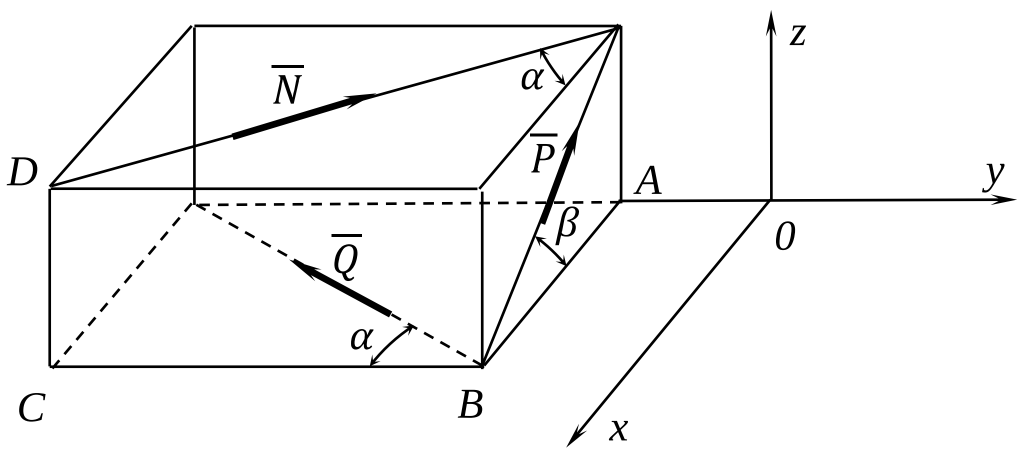


Рис. 14

А н а л и т и ч е с к о е   р е ш е н и е .

Для решения задачи введём углы α, β и вычислим косинусы и синусы этих углов:

$$\cos\alpha = \frac{BC}{\sqrt{AB^2 + BC^2}} = \frac{6}{\sqrt{4^2 + 6^2}} = 0{,}8$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1 - cos^2\alpha} = \sqrt{1 - 0{,}832^{\,2}} = 0{,}56$$

$$\cos\beta = \frac{AB}{\sqrt{AB^2 + CD^2}} = \frac{4}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 0{,}8$$

$$\sin\beta = \sqrt{1 - cos^2\beta} = \sqrt{1 - 0{,}8^{\,2}} = 0{,}6$$

Определим проекции главного вектора $\overline{R}$ на оси координат *x*, *y*, *z*:

$$R_x = \sum_{k=1}^{n} F_{kx} = N_x + Q_x + P_x = -N\sin\alpha - Q\sin\alpha - P\cos\beta =$$

$$= -2 \cdot 0{,}56 - 6 \cdot 0{,}56 + 4 \cdot 0{,}8 = -1{,}28 \text{ кН};$$

$$R_y = \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = N_y + Q_y + P_y = N\cos\alpha - Q\,cos\,\alpha =$$

$$= 2 \cdot 0{,}832 - 6 \cdot 0{,}832 = -3{,}33 \text{ кН};$$

$$R_z = \sum_{k=1}^{n} F_{kz} = N_z + Q_z + P_z = P\sin\beta =$$

$$= 4 \cdot 0{,}6 = 2{,}4 \text{ кН}.$$

Определим модуль главного вектора

$$R = \sqrt{(R_x)^2 + (R_y)^2 + (R_z)^2} =$$

$$\sqrt{(-1{,}28)^2 + (-3{,}33)^2 + 2{,}4^2} = 4{,}3 \text{ кН}.$$

Вычислим проекции главного момента M_o на оси координат:

$$M_x = \sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k\right) = -\left(N\,cos\,\alpha\right) \cdot CD - P\,sin\,\beta \cdot OA =$$

$$= -20{,}832 \cdot 3 - 4 \cdot 0{,}6 \cdot 2 = -9{,}8 \text{ кНм};$$

$$M_y = \sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k\right) = -P\,sin\,\beta \cdot AB - N\,sin\,\alpha \cdot CD =$$

$$= -4 \cdot 0{,}6 \cdot 4 - 2 \cdot 0{,}56 \cdot 3 = -12{,}96 \text{ кНм};$$

$$M_z = \sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{F}_k\right) = -N\sin\alpha\cdot OA - P\cos\beta\cdot OA -$$

$$-Q\sin\alpha\cdot OA - Q\cos\alpha\cdot AB = -2\cdot 0{,}56\cdot 2 - 4\cdot 0{,}8\cdot 2 - 6\cdot 0{,}562$$

$$-6\cdot\ 0{,}832\ \cdot 4 = -35{,}3\ \text{кНм}.$$

Определим модуль главного момента:

$$M_O = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} =$$

$$= \sqrt{(-9{,}8)^2\ +\ (-12{,}96)^2\ + (-35{,}3)^2} = 38{,}86\ \text{кНм}\ .$$

Графическое представление.

Для определения модуля главного вектора $\overline{R}$ и модуля главного момента M_O графическим методом сложим значения полученных проекций главного вектора $\overline{R}$ и главного момента M_O. Для этого сначала зададим масштабный коэффициент. Масштабный коэффициент это цена одного миллиметра чертежа. Он обозначается буквой μ с индексом физической величины, для которой строится план сил.

Выберем масштабный коэффициент для сил.

Из полученных значений проекций главного вектора $\overline{R}$ на оси максимальное значение имеет проекция $\left|R_y\right| = 3{,}3$ кН. Принимаем значение ее на плане $\left[R_y\right] = 50$ мм, тогда

$$\mu_P = \frac{\left|R_y\right|}{\left[R_y\right]} = \frac{3{,}33}{50} = 0{,}06\ \frac{\text{кН}}{\text{мм}}.$$

Графические значения проекций равнодействующей силы $\overline{R}$ на оси x и z:

$$\left[R_x\right] = \frac{R_x}{\mu_P} = \frac{1{,}28}{0{,}06} = \ 21{,}3\ \text{мм};$$

$$\left[R_z\right] = \frac{R_z}{\mu_P} = \frac{2{,}4}{0{,}06} = \ 40\ \text{мм}.$$

Поскольку расчетные значения проекций на ось x и y получились со знаком «-», то векторы проекций $\left[R_y\right]$ и $\left[R_z\right]$ откладываем в отрицательную область значений соответствующих осей.

Выбираем масштабный коэффициент для моментов.

Из полученных значений проекций главного вектора M_O на оси максимальное значение имеет проекция $M_z = 35{,}3$ кНм. Принимаем ее значение на схеме $M_z = 60$ мм, тогда:

$$\mu_M = \frac{M_z}{M_z} = \frac{35{,}3}{60} = 0{,}588\,\frac{\text{кНм}}{\text{мм}}.$$

Графические значения проекций моментов на оси x и y соответственно будут равны:

$$M_x = \frac{M_x}{\mu_M} = \frac{9{,}8}{0{,}588} = 16{,}7 \text{ мм};$$

$$M_y = \frac{M_y}{\mu_M} = \frac{12{,}96}{0{,}588} = 22 \text{ мм}.$$

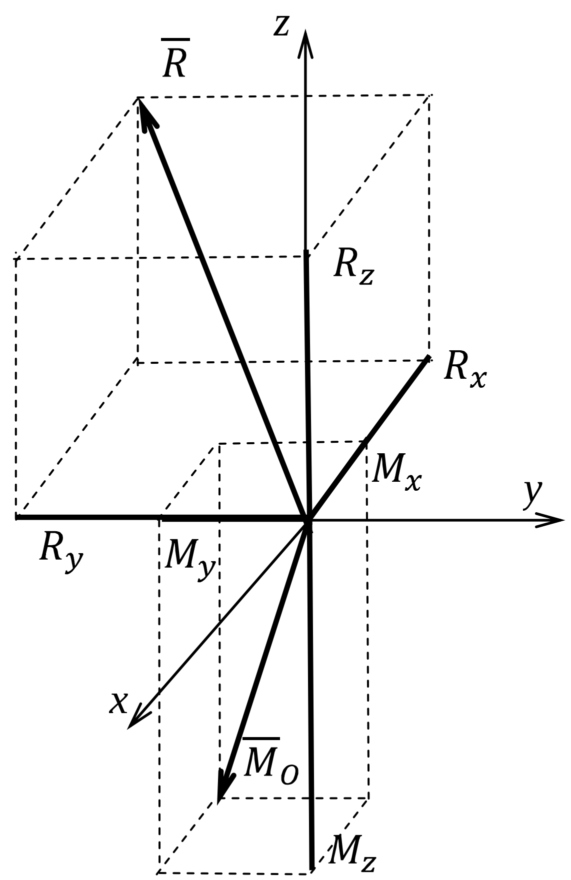


Рис. 15

На рис. 15 по проекциям главного вектора сил и момента сил на оси определяем направление и длину главного вектора $\overline{R}$ и главного момента M_O. Рисунок строится в косоугольной диметрии, поэтому длина проекции по оси x должна быть уменьшена вдвое.

Так как расчетные значения проекций главного момента на все оси отрицательны, то вектора проекций откладываем в отрицательную область значений соответствующих осей.

ЗАДАНИЯ

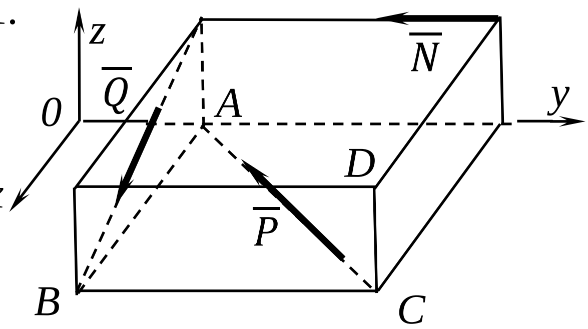
Во всех заданиях система сил $\overline{N}; \overline{P}; \overline{Q}$ расположена в пространстве как показано в таблице 1. Величины сил и размеры для каждого варианта даны в таблице 2. Требуется все силы привести в заданный центр точку O. Для этого:

1) аналитическим методом определить модуль главного вектора $\overline{R}$ и модуль главного момента $\overline{M_O}$;

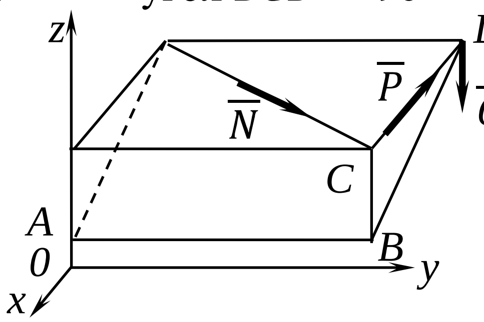
2) графическим методом определить направление главного вектора сил и главного момента сил.

Таблица 1

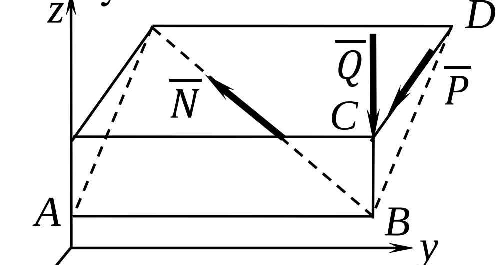
1.



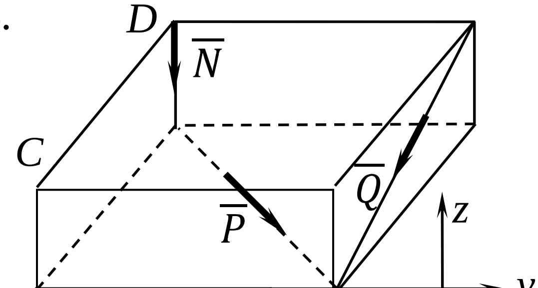
2. угол $BCD = 90^0$



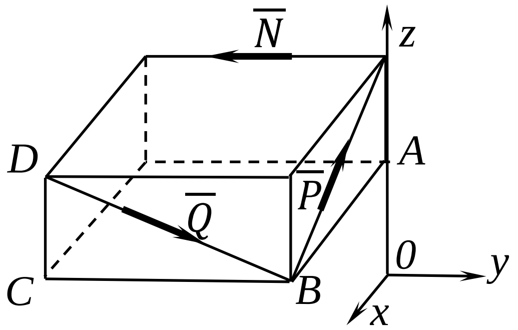
3. угол $BCD = 90^0$



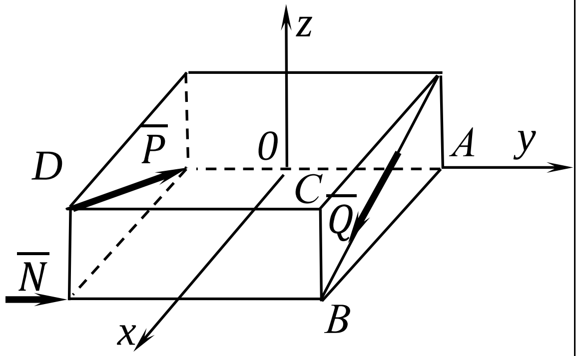
4.



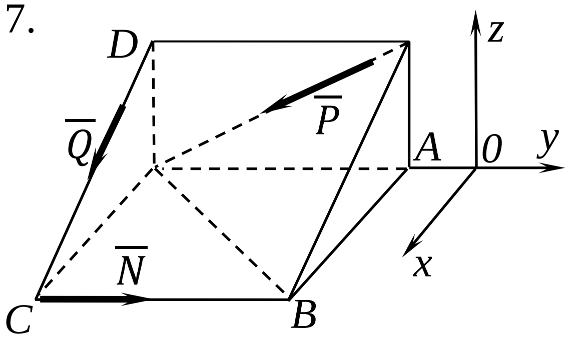
5.



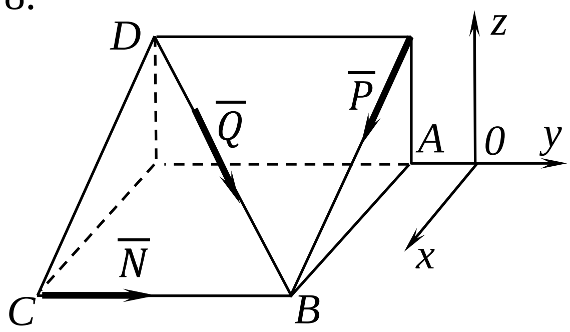
6.



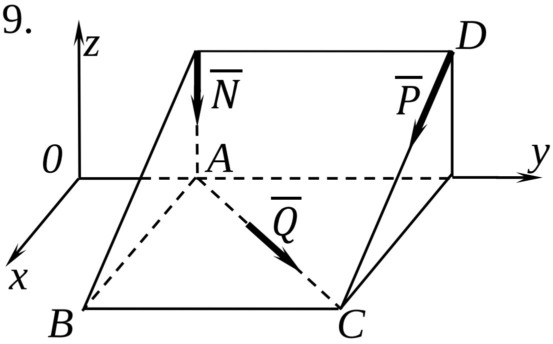
7.



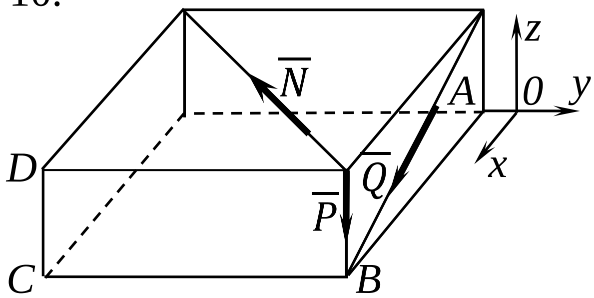
8.



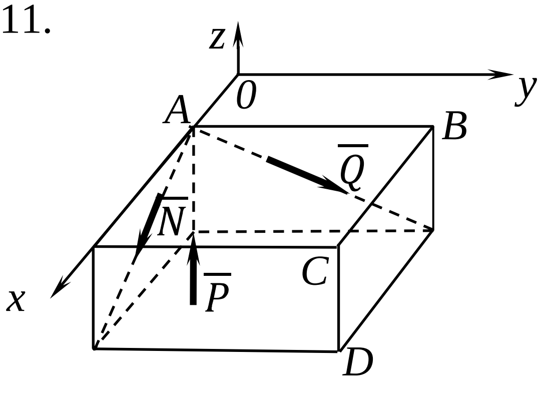
9.



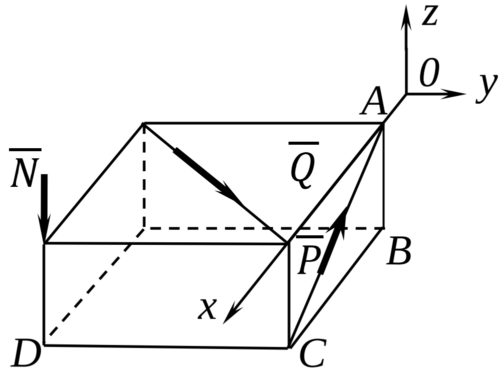
10.



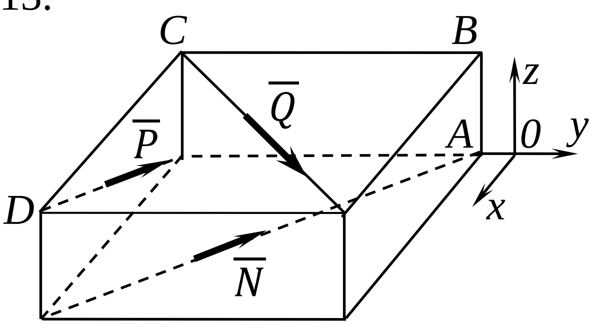
11.



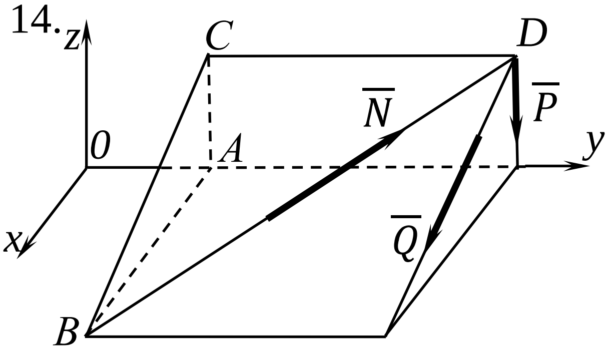
12.



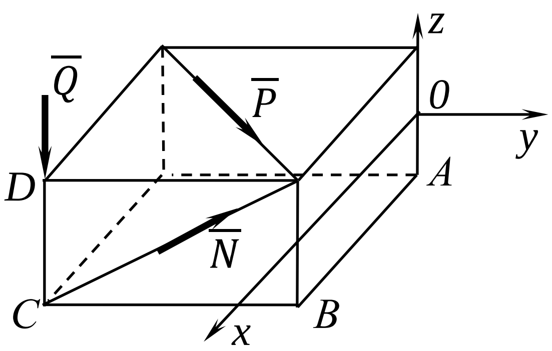
13.



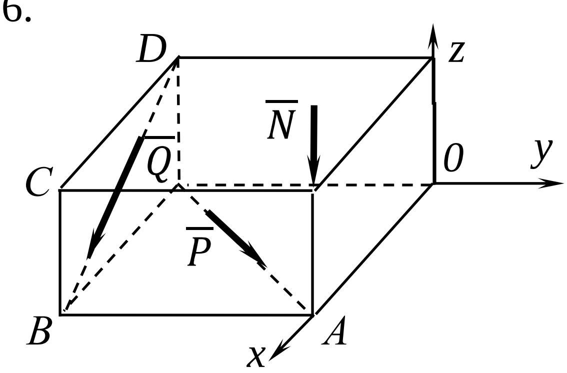
14.



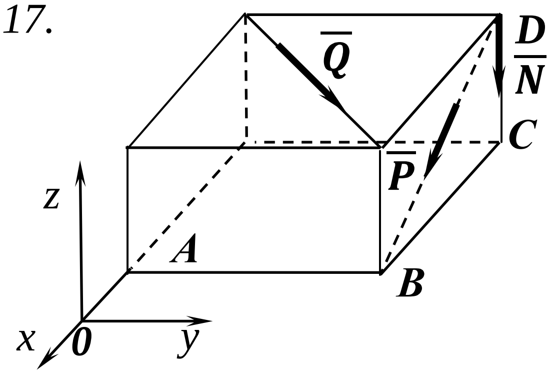
15.



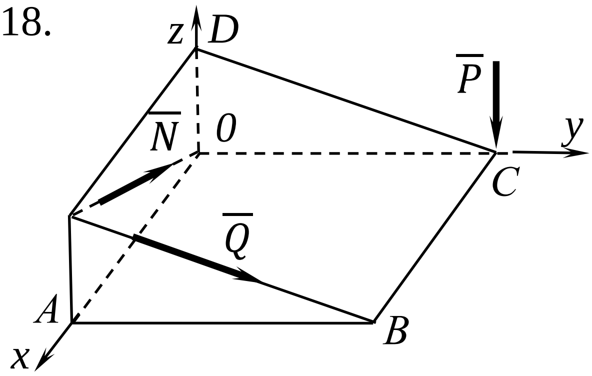
16.



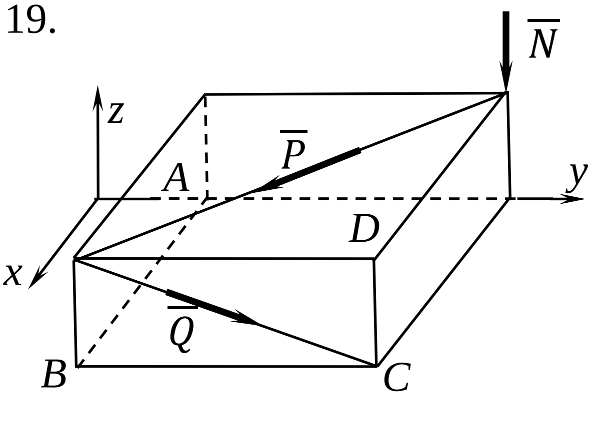
17.



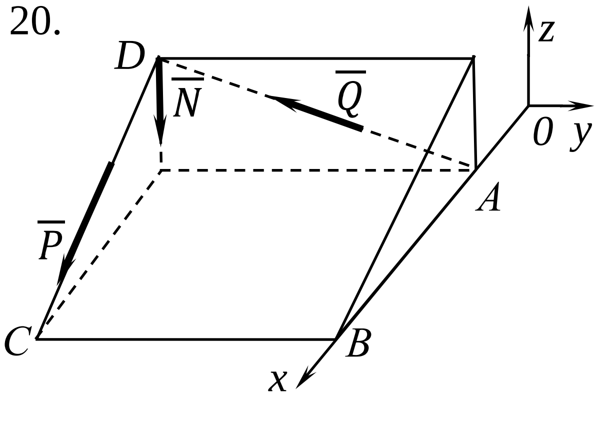
18.



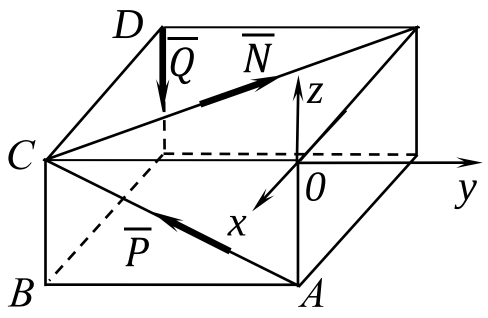
19.



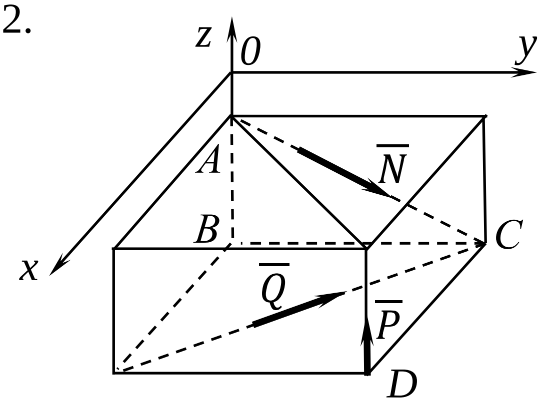
20.



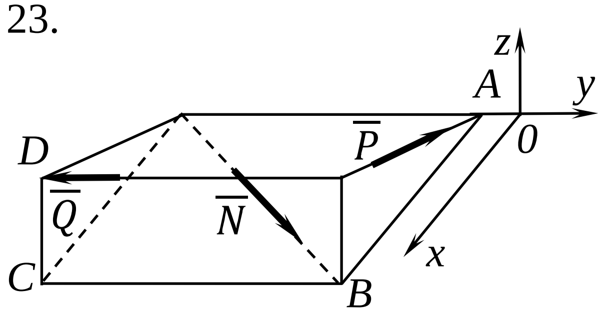
21.



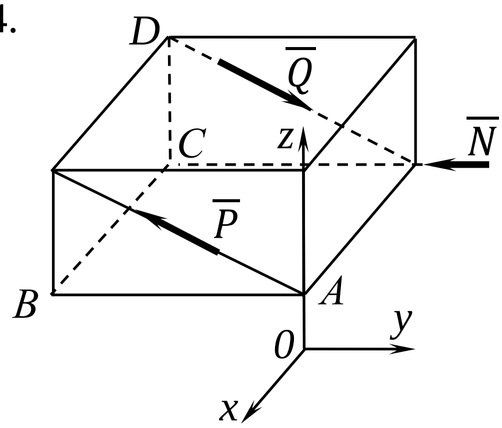
22.



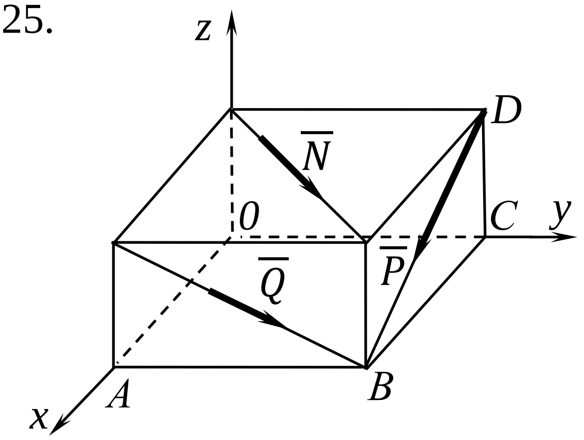
23.



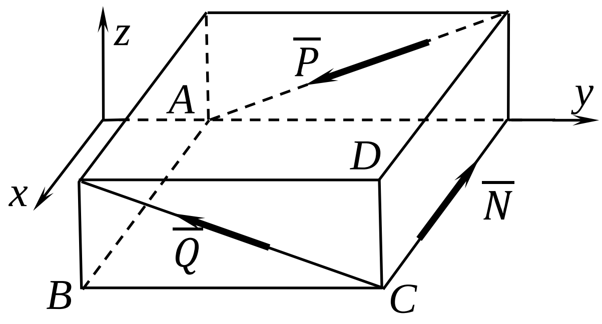
24.



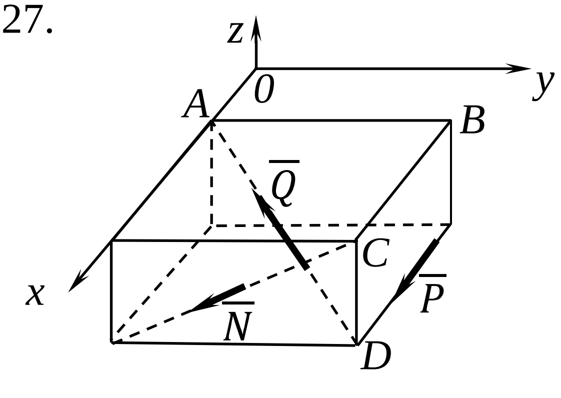
25.



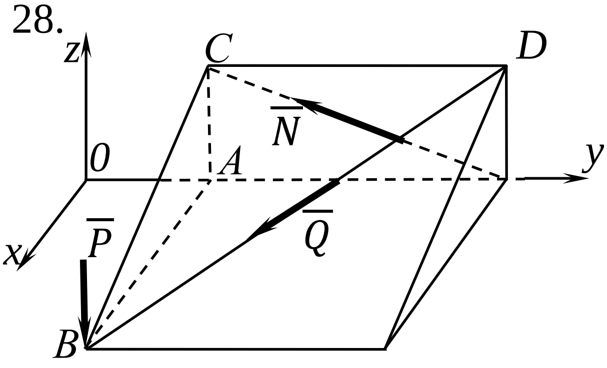
26.



27.



28.



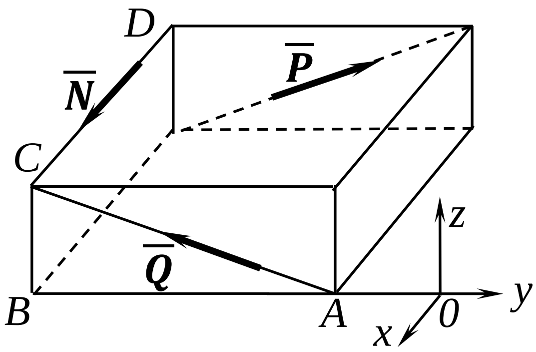
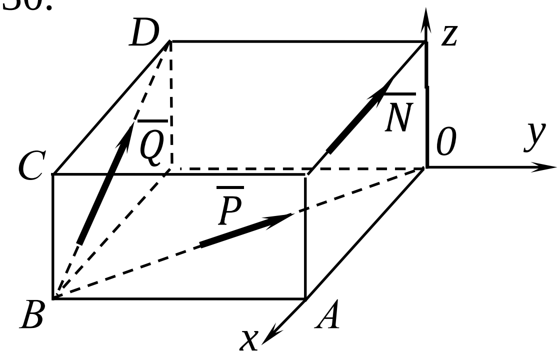
29.	30.
	

Таблица 2

Номер варианта	*N*	*P*	*Q*	*OA*	*AB*	*BC*	*CD*
	кН	кН	кН	м	м	м	м
1	*7*	*6*	*5*	*3*	*2*	*2*	*1*
2	*1*	*2*	*3*	*2*	*5*	*1,5*	*1,5*
3	*2*	*4*	*5*	*1*	*3*	*2*	*4*
4	*5*	*6*	*8*	*6*	*5*	*4*	*2*
5	*7*	*1*	*4*	*7*	*5*	*4*	*2*
6	*4*	*3*	*2*	*2*	*4*	*3*	*8*
7	*3*	*7*	*9*	*1*	*4*	*5*	*6*
8	*4*	*6*	*8*	*2*	*3*	*4*	*8*
9	*5*	*4*	*2*	*3*	*4*	*5*	*10*
10	*4*	*8*	*3*	*1*	*2*	*4*	*3*
11	*3*	*4*	*8*	*3*	*2*	*4*	*2*
12	*9*	*8*	*7*	*2*	*3*	*4*	*6*
13	*5*	*5*	*3*	*3*	*4*	*6*	*2*
14	*3*	*3*	*3*	*2*	*4*	*6*	*6*
15	*5*	*8*	*4*	*2*	*4*	*7*	*5*
16	*3*	*4*	*2*	*2*	*5*	*3*	*2*
17	*2*	*3*	*5*	*2*	*4*	*3*	*2*
18	*4*	*5*	*3*	*4*	*6*	*4*	*10*
19	*2*	*4*	*5*	*1*	*2*	*4*	*3*
20	*4*	*3*	*7*	*3*	*4*	*6*	*8*
21	*6*	*7*	*9*	*2*	*6*	*2*	*4*

Продолжение таблицы 2

Номер варианта	*N*	*P*	*Q*	*OA*	*AB*	*BC*	*CD*
	кН	кН	кН	м	м	м	м
22	*2*	*4*	*6*	*1*	*4*	*6*	*3*
23	*4*	*7*	*5*	*2*	*5*	*8*	*3*
24	*9*	*7*	*5*	*2*	*6*	*4*	*2*
25	*2*	*3*	*4*	*3*	*4*	*3*	*5*
26	*7*	*6*	*3*	*5*	*7*	*4*	*3*
27	*4*	*3*	*7*	*3*	*6*	*3*	*5*
28	*2*	*9*	*5*	*2*	*2*	*4*	*6*
29	*8*	*4*	*8*	*3*	*4*	*2*	*5*
30	*5*	*8*	*3*	*4*	*5*	*7*	*10*

ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

Отчет по практическому занятию выполняется на отдельных листах формата А4.

В отчете должны быть приведены:

- схема сил $\overline{N}; \overline{P}; \overline{Q}$;
- расчёт модуля главного вектора $\overline{R}$ и модуля главного момента $\overline{M_O}$;
- схема определения направления главного вектора сил и главного момента сил с указанием масштабных коэффициентов для сил и размеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордиенко, Р. Ф., Статика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / КузГТУ, Кемерово , 2011 Электронный ресурс
http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90617&type=utchposob:common
2. Бать, Г. Ю., Теоретическая механика в примерах и задачах [Электронный ресурс] / т. 1 Статика и кинематика учеб. пособие / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон Санкт-Петербург: Лань - 2010, 672 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=84

Составитель
Садовец Владимир Юрьевич

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНОГО ВЕКТОРА
И ГЛАВНОГО МОМЕНТА СИСТЕМЫ СИЛ

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Механика» для направления
280700.62 «Техносферная безопасность»
и специальности 130101.65 «Прикладная геология»
и по дисциплине «Прикладная механика» для направления 241000.62
«Энерго-и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 26.06.2013. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 1,5
Тираж 76 экз. Заказ

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Типография КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А