

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ивановский государственный химико-технологический
университет

Т.Г. Комарова, В.П. Зарубин

МЕХАНИКА

Часть 1. Статика.

Часть 2. Основы расчетов на прочность

Методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Под редакцией В.Г. Мельникова

Иваново 2008

УДК 621.8.

Комарова Т. Г., Зарубин В. П. Механика.
Ч. 1. Статика. Ч. 2. Основы расчетов на прочность:
методическое пособие / Под ред. В. Г. Мельникова.;
Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2008. -74с.

Методическое пособие содержит развернутую
программу лекционного курса дисциплины
«Механика» (разделы «Статика», «Основы расчетов на
прочность»), вопросы для самоконтроля, задачи для
самостоятельного решения, примеры решения задач по
указанным разделам, а также некоторые справочные
данные.

Предназначено для студентов технологических
специальностей дневной и заочной форм обучения.

Рецензенты: кафедра механики Ивановской
государственной сельскохозяйственной академии;
кандидат технических наук В.В. Киселев (Ивановский
институт ГПС МЧС России).

ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Механика» студенты технологических специальностей изучают три части:

1. Теоретическая механика (раздел «Статика»)
2. Сопротивление материалов
(Основы расчетов на прочность)
3. Детали машин

Первые две части изучаются в третьем семестре (зачет и экзамен), третья – в четвертом семестре (зачет и экзамен), в пятом семестре студенты выполняют курсовой проект по деталям машин (дифференцированный зачет).

Освоение курса «Механика» предусматривает как аудиторную, так и внеаудиторную самостоятельную работу студентов. Аудиторные занятия состоят из лекций, практических занятий и консультаций по курсовому проекту. На самостоятельную работу отводится по учебным планам около 50% трудоемкости дисциплины. В самостоятельную работу входит: подготовка к практическим занятиям и контрольным работам, выполнение домашних заданий, подготовка к зачетам и экзаменам, работа над курсовым проектом и его защита.

В связи с постоянным сокращением объема аудиторных занятий, возрастает роль самостоятельной работы студентов при изучении курса «Механика», когда студенты должны и вынуждены научиться работать с учебниками и задачками.

В течение 3 и 4 семестра студенты выполняют домашние и контрольные задания, темы и варианты которых приведены в методических указаниях №776, 778, 780, 991, хотя у каждого преподавателя, ведущего практические занятия, есть право и возможность изменить содержание заданий в пределах требований учебной программы. График проведения контрольных работ назначается преподавателем и утверждается на заседании кафедры. В конце семестра студенты пишут зачетную работу или проходят компьютерное тестирование, что является допуском к экзамену.

Для успешного изучения механики необходимо научиться самостоятельно схематизировать механические явления и уметь конкретные физические задачи облекать в абстрактную математическую форму.

Весьма важно понимать физическую сущность изучаемых явлений и уметь пользоваться математическими методами при решении задач по механике.

Прочитав по учебнику соответствующий материал, надо тщательно в нем разобраться, понять предлагаемые формулировки и доказательства теорем. После изучения каждого параграфа полезно написать, не заглядывая в книгу, формулировки определений и теорем, сравнить их с формулировками, данными в учебнике. Необходимо иметь в виду, что в хорошо составленной формулировке каждое слово имеет определенное значение и не может быть выброшено без ущерба для ее ясности и полноты.

Нельзя заучивать определение или теорему наизусть без достаточного понимания. Важно понять значение каждого слова в формулировке теоремы или определения.

Необходимо не только понять предлагаемое в учебнике доказательство, но и уметь воспроизвести его, т.е. самостоятельно доказать теорему. Для этого рекомендуется сделать видоизмененный чертеж к изучаемой теореме, не срисовывая его из учебника. Таким путем можно избежать чисто механического запоминания и более глубоко уяснить смысл теоремы. После изучения каждой главы или теоремы рекомендуется составлять краткий конспект.

Основательно усвоив теоретические положения каждой темы программы, следует переходить к решению задач, относящихся к теме, для чего необходимо подробно разобрать имеющиеся в учебнике примеры и решенные задачи. Для закрепления материала рекомендуется решить несколько задач, приведенных в данном пособии, по изучаемой теме.

Приступая к самостоятельному решению задачи, необходимо предварительно составить план решения и установить, какие теоремы или уравнения следует применить

в данном случае. Чертеж для решения задачи надо делать аккуратно, придерживаясь масштаба, так как небрежно сделанный чертеж часто ведет к ошибкам.

Заканчивая изучение каждой темы программы, нужно ответить на все вопросы для самоконтроля, что особенно необходимо при подготовке к экзамену. Умение самостоятельно, не заглядывая в учебник, давать точные ответы на эти вопросы, свидетельствует об успешном усвоении курса.

Вопросы для самоконтроля приведены в каждом разделе данного пособия после программы курса. Задания для самостоятельного решения отражают содержание контрольных и тестовых заданий по указанным разделам.

Продуманное и равномерное распределение работы с первого до последнего дня семестра поможет студентам более эффективно освоить курс «Механика» и избежать перегрузок в конце семестра.

Часть I. СТАТИКА

Для изучения статики необходимо уметь свободно оперировать тригонометрическими функциями и решать прямоугольные треугольники; из теории косоугольных треугольников знать теорему синусов и косинусов; из аналитической геометрии — систему декартовых координат на плоскости и в пространстве; по векторной алгебре — сложение и вычитание векторов, теорию проекций, разложение вектора по координатным осям, скалярное и векторное умножение и основные свойства скалярного и векторного произведений

ПРОГРАММА КУРСА

1.1. Основные понятия и аксиомы статики. Абсолютно твердое тело. Материальная точка. Сила; сила как вектор; способы измерения силы и ее единицы; сила тяжести. Силы распределенные и сосредоточенные. Эквивалентные системы сил. Уравновешивающая сила. Силы внешние и внутренние. Основные задачи статики.

Первая аксиома статики (условие равновесия двух сил). Вторая аксиома (принцип присоединения и исключения уравновешенной системы сил). Перенос силы вдоль линии ее действия (сила — скользящий вектор). Третья аксиома (закон параллелограмма). Четвертая аксиома (закон равенства действия и противодействия). Пятая аксиома (принцип отвердевания). Свободное и несвободное тело. Связи. Реакции идеальных связей и правила определения направления этих связей. Теорема о трех силах.

1.2. Плоская система сходящихся сил (ПлССС). Система сходящихся сил. Определение модуля и направления равнодействующей двух сил, приложенных в одной точке. Разложение силы на две составляющие, приложенные в той же точке. Сложение

плоской системы сходящихся сил. Силовой многоугольник. Проекция силы на ось; правило знаков. Проекция силы на две перпендикулярные оси. Аналитическое определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил (метод проекций). Геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил. Аналитическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил (уравнения равновесия).

1.3. Пара сил. Вращающее действие пары на тело. Плечо пары; момент пары; знак момента. Момент пары как вектор. Эквивалентность пар. Возможность переноса пары в плоскости ее действия (момент пары – свободный вектор). Сложение пар. Условие равновесия пар. Теорема Пуансо о параллельном переносе силы.

1.4. Плоская система произвольно расположенных сил (ПлПрСС). Вращающее действие силы на тело. Момент силы относительно точки. Приведение плоской системы сил к данной точке. Главный вектор и главный момент плоской системы сил. Равнодействующая плоской системы сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Частные случаи приведения.

Условия равновесия плоской системы сил. Уравнения равновесия (три вида). Уравнение равновесия плоской системы параллельных сил (два вида). Рациональный выбор начала координат; направление координатных осей и центра моментов при решении задач. Связи с трением. Отклонение направления реакции связи от нормали к поверхности, сила трения, коэффициент трения, угол трения, конус трения. Условия самоторможения.

1.5. Пространственная система сил (ПрСС). Параллелепипед сил. Равнодействующая пространственной системы сходящихся сил. Проекция силы на три взаимно перпендикулярные координатные

оси. Равновесие пространственной системы сходящихся сил.

Момент силы относительно оси. Общий случай действия пространственной системы сил на тело. Понятие о главном векторе и главном моменте пространственной системы. Шесть уравнений равновесия ПрСС (без вывода). Три уравнения равновесия пространственной системы параллельных сил. Частные случаи приведения пространственной системы сил к простейшему виду.

1.6. Центр тяжести. Центр параллельных сил и его свойства. Формулы для определения положения центра параллельных сил. Сила тяжести. Центр тяжести как центр параллельных сил. Формула для определения положения центра тяжести тела, составленного из однородных объемов, из тонких однородных пластин (площадей), из тонких стержней (линий). Положение центров тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, дуги окружности (без вывода), кругового сектора. Определение положения центров тяжести тонких пластин и сечений, составленных из простых геометрических фигур и из стандартных профилей проекта. Статический момент сечения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. М. Наука, 2003 и др. издания.
2. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. М., Наука, 1985.
3. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. М. Наука, 1990.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какое тело называется абсолютно твердым?
2. Какими тремя факторами определяется сила, действующая на твердое тело?
3. Какая сила называется равнодействующей данной системы сил?
4. Чем отличается равнодействующая данной системы сил от силы, уравнивающей эту систему?
5. В чем состоит принцип затвердевания?
6. Если деформируемое (не абсолютно твердое) тело находится в равновесии под действием системы сил, то будут ли эти силы удовлетворять условиям равновесия абсолютно твердого тела?
7. Какое тело называется несвободным?
8. Что называется силой реакции связи?
9. Как направлена сила реакции гладкой неподвижной поверхности, на которую опирается абсолютно твердое тело? Как направлена сила давления тела на эту поверхность? Всегда ли эти силы равны по величине?
10. Как сформулировать правило силового многоугольника?
11. Как формулируется теорема о проекции равнодействующей силы на данную ось?
12. Объясните аналитический способ сложения сил, приложенных в одной точке?
13. Как формулируются условия равновесия системы сил в геометрической и аналитической формах?
14. Известно, что сумма проекций на данную ось всех сходящихся сил, приложенных к телу, равна нулю. Как направлена равнодействующая такой системы сил, если она равна нулю?
15. Сформулируйте теорему о трех уравнивающих непараллельных силах.
16. Что называется моментом силы относительно данной точки? Как выбирается знак этого момента?

17. В каком случае момент силы относительно точки равен нулю?
18. Что называется моментом силы относительно данной оси? Как выбирается знак этого момента?
19. В каких случаях момент силы относительно данной оси равен нулю?
20. Как направлен вектор-момент силы относительно данной точки?
21. Какая зависимость существует между вектором-моментом силы относительно данной точки и моментом той же силы относительно оси, проходящей через эту точку?
22. Если вектор-момент данной силы относительно начала координат лежит в координатной плоскости Oxy , то чему равен момент этой силы относительно оси Oz ?
23. Вектор-момент данной силы относительно начала координат направлен по биссектрисе координатного угла Oxz . Чему равны моменты этой силы относительно координатных осей: Ox , Oy и Oz ?
24. Что называется парой сил?
25. Как направлен и чему равен по величине вектор-момент пары?
26. При каком условии две пары будут эквивалентны?
27. Могут ли быть эквивалентны две пары, лежащие в пересекающихся плоскостях?
28. Как читается теорема о сложении пар?
29. Как формулируется условие равновесия системы пар?
30. Чему равна проекция вектора-момента равнодействующей пары на данную ось?
31. Что называется главным вектором данной системы сил?
32. Что называется главным моментом системы сил относительно данной точки?

33. Чему равны проекции главного вектора данной системы сил на каждую из координатных осей?
34. Чему равны проекции главного момента данной системы сил относительно начала координат на каждую из координатных осей?
35. Как формулируются условия равновесия пространственной системы сил?
36. Как формулируются условия равновесия плоской системы сил?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

- 1.1. Может ли сумма двух векторов быть меньше любого из них?
- 1.2. Можно ли силу в 1 Н разложить на две силы по 0,4 Н? по 100 Н?
- 1.3. Может ли разность двух векторов быть больше любого из них?
- 1.4. Какая сила имеет две отрицательные проекции (рис.1.1)?
- 1.5. Чем является в параллелограмме векторная сумма? векторная разность?
- 1.6. Чему равны проекции сил на ось ОХ (рис.1.2, рис.1.3.)?
- 1.7. Свободным или несвободным телом является намагниченная металлическая пластинка, повисшая между полюсами постоянного магнита?
- 1.8. Как направлена равнодействующая R системы сил, если сумма проекций этих сил на ось ОУ равна 0?
- 1.9. Чему равны проекции сил на ось ОУ (рис.1.4, рис. 1.5.)?
- 1.10. Имеет ли решение задача разложения заданной силы на две составляющие, если известны модуль одной составляющей и направление другой?

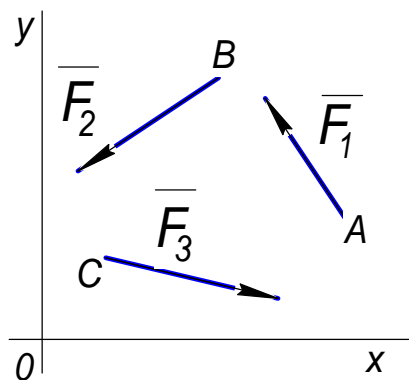


Рис.1.1

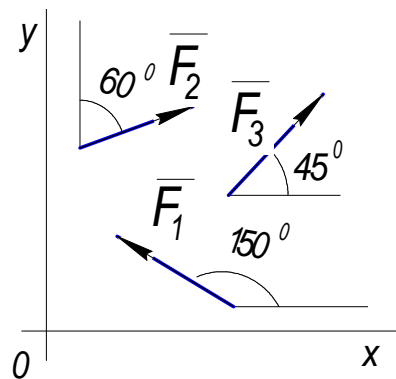


Рис.1.2.

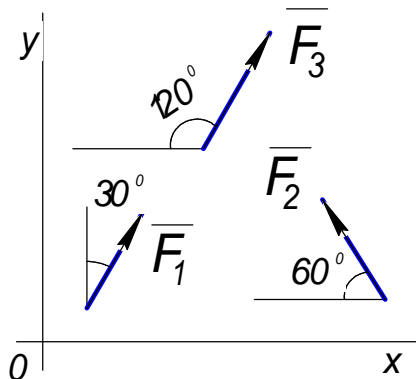


Рис.1.3.

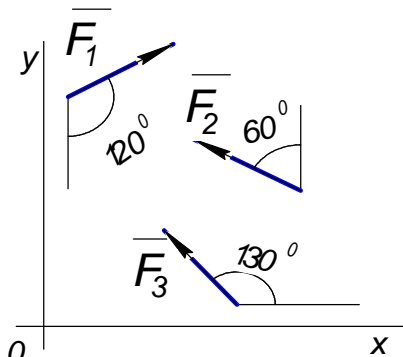


Рис.1.4.

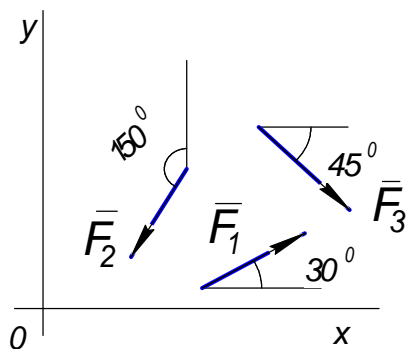


Рис.1.5.

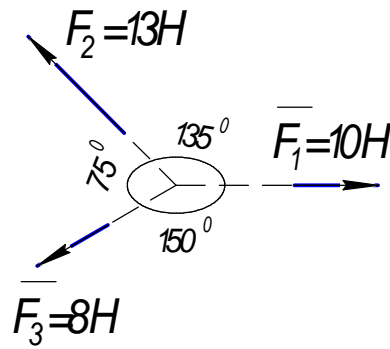


Рис.1.6.

1.11. Какой угол образуют друг с другом две силы, приложенные в одной точке, если $F_1 = 5 \text{ Н}$, $F_2 = 16 \text{ Н}$, их равнодействующая $R = 19 \text{ Н}$?

1.12. Чему равна равнодействующая трех сил, линии действия которых сходятся в одной точке (рис.1.6)?

1.13. Определить, находится ли в равновесии плоская система трех сходящихся сил, если известны проекции сил на оси координат: $F_{1x} = 10 \text{ Н}$; $F_{1y} = 2 \text{ Н}$; $F_{2x} = -4 \text{ Н}$; $F_{2y} = 3 \text{ Н}$; $F_{3x} = -6 \text{ Н}$; $F_{3y} = -5 \text{ Н}$.

1.14. Пользуясь теоремой о трех силах, определите направление реакции связей в точках А и В (рис.1.7, рис.1.8)

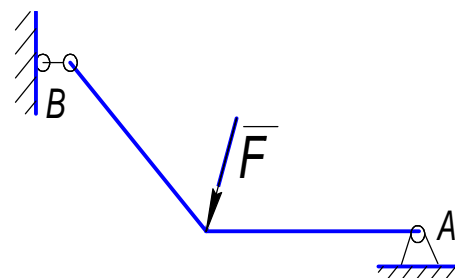


Рис.1.7.

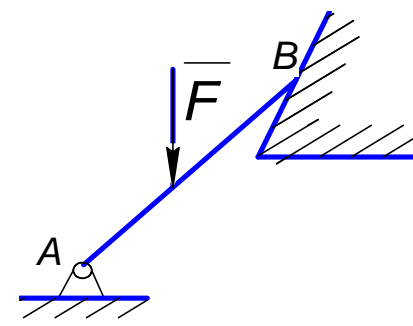


Рис.1.8.

1.15. Пользуясь теоремой о трех силах, определите направление реакции связей в точке А (рис.1.9, рис.1.10)

1.16. Составьте уравнение суммы моментов всех сил относительно точки А (рис. 1.11, 1.12, 1.13)

1.17. Составьте уравнение суммы моментов всех сил относительно точки С (рис.1.14, 1.15, 1.16)

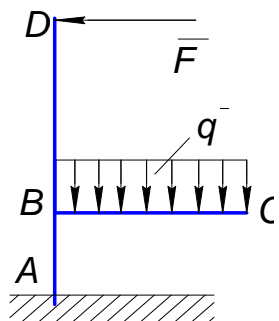


Рис.1.9.

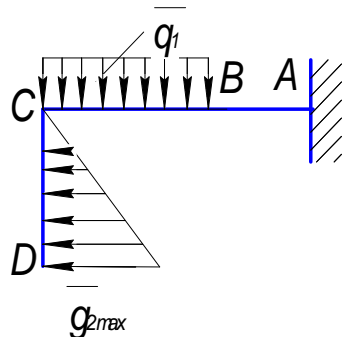


Рис.1.10

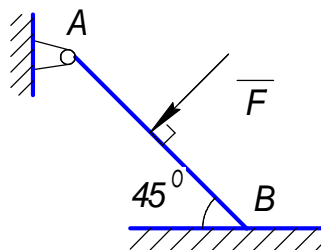


Рис.1.11

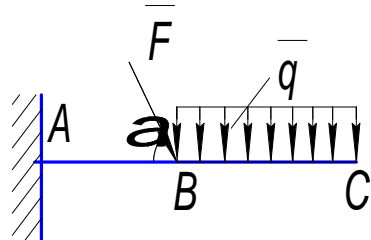


Рис.1.12

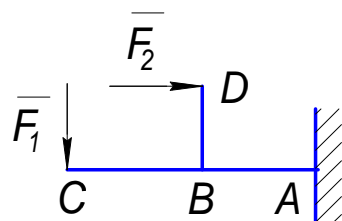


Рис.1.13

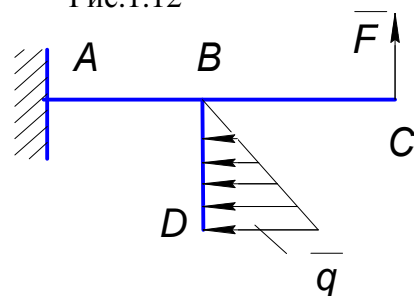


Рис.1.14

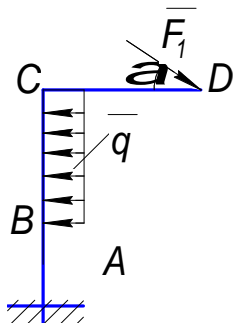


Рис.1.15

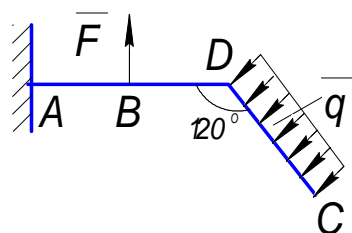


Рис.1.16

1.18. Будет ли находиться в равновесии тело, если к нему приложены три силы, лежащие в одной плоскости, линии действия которых пересекаются в одной точке?

1.19. Можно ли составлять уравнения равновесия для плоской системы сил, используя в качестве осей координат две произвольные прямые?

1.20. На плиту в ее плоскости действуют две пары сил. Определить сумму моментов этих сил, если сила $F = 8\text{ Н}$, $P = 5\text{ Н}$, расстояния $AB = 0,25\text{ м}$, $CD = 0,20\text{ м}$, углы $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 70^\circ$ (рис. 1.17)

1.21. В одной плоскости расположены три пары сил. Определить момент пары сил M_3 , при котором эта система находится в равновесии, если моменты $M_1 = 510\text{ Нм}$, $M_2 = 120\text{ Нм}$ (рис.1.18)

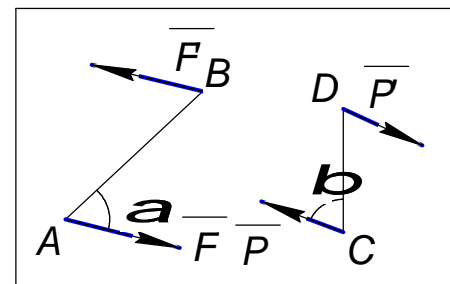


Рис.1.17

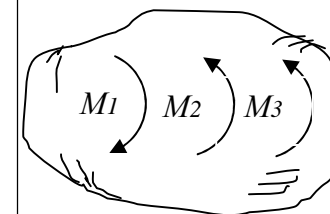


Рис.1.18

1.22. В плоскости квадрата ABCD действуют три пары сил с моментами $M_1 = 2\text{ Нм}$, $M_2 = 4\text{ Нм}$, $M_3 = -3\text{ Нм}$. Определить проекцию F_y силы F , направленной вдоль стороны CD, если квадрат не вращается вокруг опоры A (рис.1.19)

- 1.23. Невесомое кольцо находится под действием двух пар сил с моментами M_1 и M_2 , при этом $M_2 > M_1$. Указать направление реакции опоры А (рис.1.20)

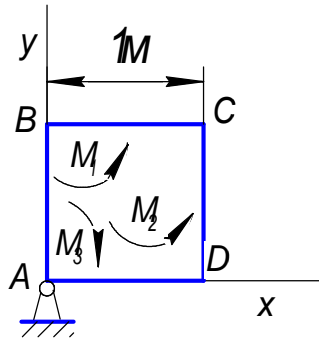


Рис.1.19

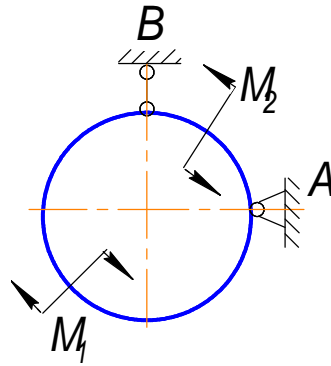


Рис.1.20

- 1.24. Однородный шар весом 10 Н удерживается в равновесии двумя невесомыми тросами АВ и СД, расположенными в одной вертикальной плоскости (рис.1.21). Определить натяжение тросов.

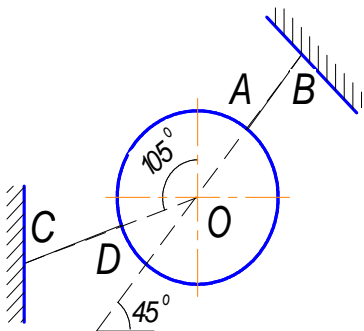


Рис.1.21

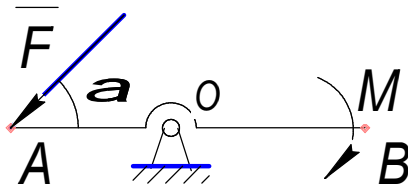


Рис.1.22

- 1.26. Напишите уравнение суммы моментов всех сил относительно осей OX, OY, OZ (рис.1.23, 1.24)

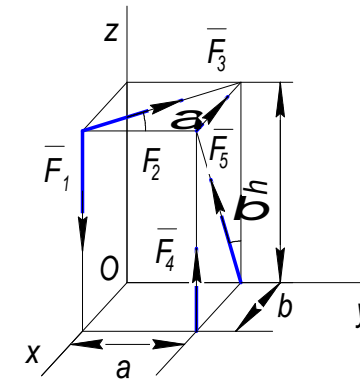


Рис.1.23

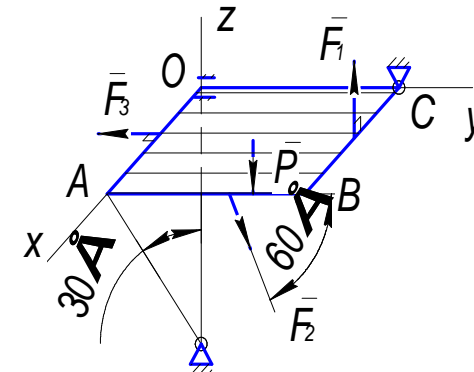


Рис.1.24

- 1.27. Укажите условия возникновения «динамического винта» с осью, проходящей через центр О
- 1.28. Изменяются ли главный вектор R и главный момент $L = M_O$ при изменении центра приведения?

1.29. К какому простейшему виду приводится произвольная система сил, если для трех точек O , A и B , не лежащих на одной прямой, $M_O = M_A = M_B = 0$?

1.30. К какому простейшему виду приводится произвольная система сил, если для трех точек O , A и B , лежащих на одной прямой, $M_O = M_A = M_B \neq 0$?

1.31. К какому простейшему виду приводится произвольная система сил, если для трех точек O , A и B , не лежащих на одной прямой, $M_O = M_A = 0$, $M_B \neq 0$?

1.32. Укажите условия, когда пространственная система сил приводится к равнодействующей, не проходящей через центр O .

1.33. На куб действуют силы, модули и направления которых определяются соответствующими ребрами куба (рис. 1.25). Находится ли куб в равновесии?

1.34. К вершинам квадрата приложены четыре силы $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 1$ Н. Определить модуль равнодействующей этой системы сил (рис.1.26)

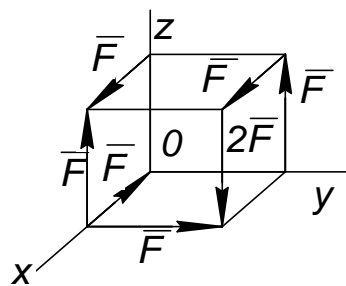


Рис.1.25

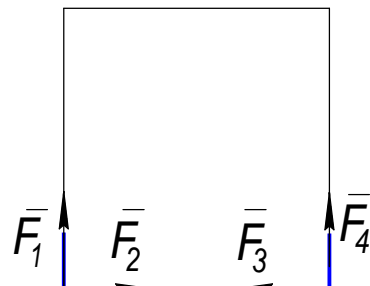


Рис.1.26

1.35. На куб действуют силы, модули и направления которых определяются соответствующими ребрами куба (рис. 1.27). В каком случае система сил приводится к паре сил? [множественный выбор]

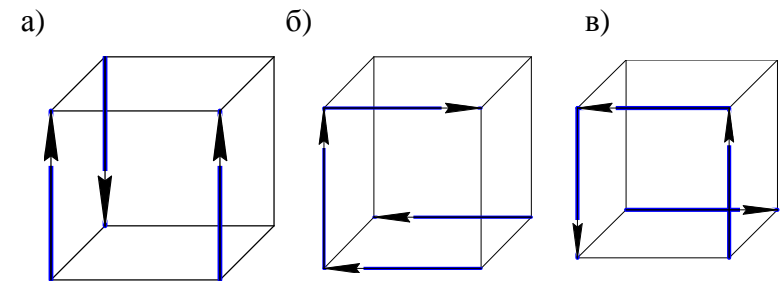


Рис.1.27

1.36. На куб действуют силы, модули и направления которых определяются соответствующими ребрами куба (рис. 1.28). В каком случае система сил приводится к «динамическому винту»? [простой выбор]

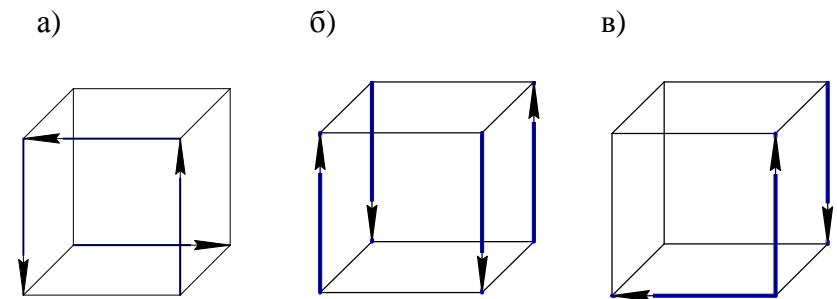


Рис.1.28

1.37. Определить интенсивность нагрузки q , при которой момент в заделке A равен 400 Нм, если размеры $AB = 2$ м, $BC = 4$ м (рис.1.29)