

## Лекция 1

### Об истории науки

Возникновение и развитие механики как науки неразрывно связано с историей развития производительных сил общества, с уровнем производства и техники на каждом этапе этого развития.

В древние времена, когда запросы производства сводились главным образом к удовлетворению нужд строительной техники, начинает развиваться учение о так называемых простейших машинах (блок, ворот, рычаг, наклонная плоскость) и общее учение о равновесии тел (статики). Обоснование начал статики содержится уже в сочинениях одного из великих ученых древности Архимеда (287-212 г. до н.э.).

Развитие динамики начинается значительно позже. В XV-XVI столетиях возникновение и рост в странах Западной и Центральной Европы буржуазных отношений послужили толчком к значительному подъему ремесел, торговли, мореплавания и военного дела (появление огнестрельного оружия), а также к важным астрономическим открытиям. Все это способствовало накоплению большого опытного материала, систематизация и обобщение которого привели в XVII столетии к открытию законов динамики. Главные заслуги в создании основ динамики принадлежат гениальным исследователям Галилео Галилею (1564-1642 гг.) и Исааку Ньютону (1643-1727 гг.). В сочинении Ньютона «Математические начала натуральной философии», изданном в 1687 г, и были изложены в систематическом виде основные законы классической механики (законы Ньютона).

В XVIII в. начинается интенсивное развитие в механике аналитических методов, т.е. методов, основанных на применении дифференциального и интегрального исчисления. Методы решения задач динамики точки и твердого тела путем составления и интегрирования соответствующих дифференциальных уравнений были разработаны великим математиком и механиком Л.Эйлером (1707-1783 гг.) Из других исследований в этой области наибольшее значение для развития механики имели труды выдающихся французских ученых Ж.Даламбера (1717-1783 гг.), предложившего свой известный принцип решения задач динамики, и Ж.Лагранжа (1736-1813 гг.), разработавшего общий аналитический метод решения задач динамики на основе принципа Даламбера и принципа возможных перемещений. В настоящее время аналитические методы решения задач являются в динамике основными.

Кинематика, как отдельный раздел механики, выделилась лишь в XIX в. под влиянием запросов развивающегося машиностроения. В настоящее время

кинематика имеет и большое самостоятельное значение для изучения движения механизмов и машин.

В России на развитие первых исследований по механике большое влияние оказали труды гениального ученого и мыслителя М.В.Ломоносова (1711-1765 гг.), а также творчество Л.Эйлера, долгое время жившего в России и работавшего в Петербургской академии наук. Из многочисленных отечественных ученых, внесших значительный вклад в развитие различных областей механики, прежде всего должны быть названы: М.В.Остроградский (1801-1861 гг.), которому принадлежит ряд важных исследований по аналитическим методам решения задач механики; П.Л.Чебышев (1821-1894 гг.), создавший новое направление в исследовании движения механизмов; С.В.Ковалевская (1850-1891 гг.), решившая одну из труднейших задач динамики твердого тела; А.М.Ляпунов (1857-1918 гг.), который дал строгую постановку одной из фундаментальных задач механики и всего естествознания – задачи об устойчивости равновесия и движения и разработал наиболее общие методы ее решения; И.В.Мещерский (1859-1935 гг.), внесший большой вклад в решение задач механики тел переменной массы; К.Э.Циолковский (1857-1935 гг.), автор ряда фундаментальных исследований по теории реактивного движения; А.Н.Крылов (1863-1945 гг.), разработавший теорию корабля и много внесший в развитие теории гироскопа и гироскопических приборов.

Особое значение для дальнейшего развития механики в нашей стране имели труды Н.Е.Жуковского (1847-1921 гг.), заложившего основы авиационной науки, и его ближайшего ученика основоположника газовой динамики С.А.Чаплыгина (1869-1912 гг.). Характерной чертой творчества Н.Е.Жуковского было приложение методов механики к решению актуальных технических задач, примером чему служат многие его труды по динамике самолета, разработанная им теория гидравлического удара в трубах и др. Большое влияние идеи Н.Е.Жуковского оказали и на преподавание механики в высших технических учебных заведениях.

Аксиомы статики.

Две силы можно приложить к телу или отбросить, не изменяя оказываемого действия, если они равны по величине, направлены в противоположные стороны и имеют общую линию действия.

Линией действия силы называется прямая определяемая точкой приложения силы и ее направлением. Следствие: силу можно переносить вдоль линии ее действия.

Доказательство: Пусть в точке А (рис.1) приложена сила  $\vec{F}$ . Приложим в точке В, лежащей на линии

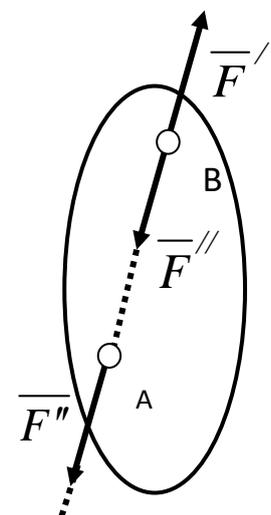


Рис. 1

действия силы  $\vec{F}$ , две равные по величине силе  $\vec{F}$ , и направленные в противоположные стороны силы, линии действия, которых совпадают с линией действия силы  $\vec{F}$ . Тогда по первой аксиоме сила  $\vec{F}$  эквивалентна  $\vec{F}$ ,  $\vec{F} /$ ,  $\vec{F} //$ . По той же аксиоме силы  $\vec{F} /$  и  $\vec{F}$  можно отбросить. В результате будем иметь одну силу  $\vec{F} //$ , приложенную в точке В и равную  $\vec{F}$ . Что и требовалось доказать.

Таким образом, сила – скользящий вектор.

Аксиома параллелограмма сил. Две силы, приложенные в одной точке можно заменить одной силой, равной их геометрической сумме и приложенной в той же точке (рис.2).

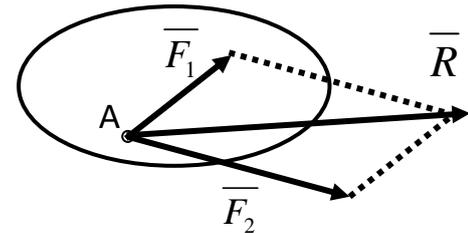


Рис.2

Сила  $\vec{R}$ , эквивалентная данной системе  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$  сил называется равнодействующей. Две системы называются эквивалентными ( $\sim$ ), если одну из них можно получить из другой с помощью 1 и 2 аксиомы.

Аксиома равенства действия и противодействия.

При всяком взаимодействии, силы действия и противодействия равны по величине, имеют общую линию действия и направлены в противоположные стороны.

Принцип затвердеваемости. Равновесие деформируемого тела не нарушится, если представить его как абсолютно твердое.

II. Проекция силы на ось.

Сила – вектор. Действие силы на тело определяется точкой приложения, направлением и величиной силы. Силу можно переносить вдоль линии ее действия (следует из аксиомы 1).

Силы бывают: сосредоточенные, распределенные, активные и пассивные.

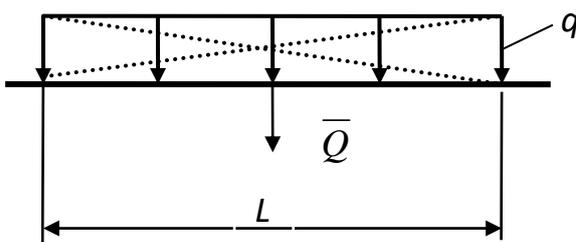


Рис. 3

Распределенная нагрузка (рис. 3) задается ее интенсивностью - ( $q$ ). Интенсивность – сила отнесенная к соответствующей геометрической единице ( $м; м^2; м^3$ ).

Сила может быть распределена по линии (рис.3), по площади или по объему ( $н/м, н/м^2, н/м^3$ ).

Распределенную нагрузку заменяют сосредоточенной силой, равной площади эпюры нагрузки и приложенной в центре ее тяжести. Например, если:

$L = 2м$ , а  $q = 5 кН/м$ , то:  $Q = q \times L = 10 кН$ .

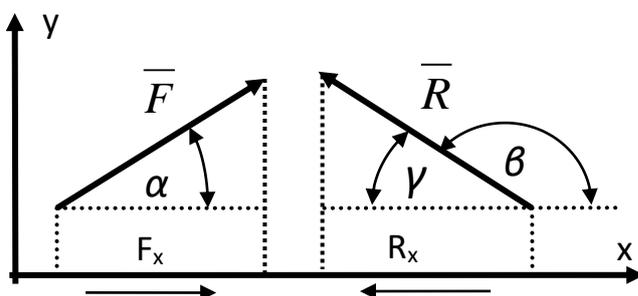


Рис.4

Проекцией силы на ось называется алгебраическая величина, равная длине отрезка, заключенного между проекциями начала и конца вектора на эту ось (рис.4).

Проекция положительна, если

проход от проекции начала к проекции конца совпадает с положительным направлением оси. Проекция силы на ось равна произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси:

$$F_x = F \cdot \cos\alpha, \quad R_x = R \cdot \cos\beta = - R \cdot \cos\gamma.$$

Связи и их реакции.

Тела, ограничивающие перемещение рассматриваемого тела, в том или ином направлении, называются связями. Силы, с которыми эти связи действуют на тело, называются реакциями. Эти силы пассивны, они возникают только при наличии активных (заданных сил). Для их определения пользуются принципом освобождения: всякое не свободное тело можно рассматривать, как свободное, если отбросить связи, и заменить их действие на тело, соответствующими силами, которые называются реакциями связей.

Виды связей:

Гладкая поверхность (рис.5) – ее реакция ( $N, R_1, R_2, R_3$ ) направлена по общей нормали к телу и поверхности.

Гибкая нить (рис.6) – ее реакция ( $T$ ) направлена по касательной к нити в точке ее соединения с телом. У прямолинейной нити – вдоль нити (рис.7).

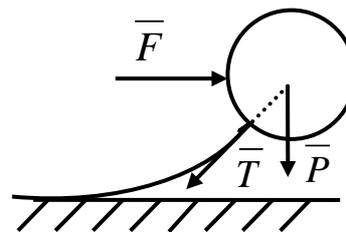


Рис. 6

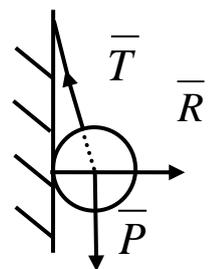


Рис. 7

Невесомый стержень – его реакция направлена вдоль линии, соединяющей концы стержня (рис.8). Принято вначале реакцию направлять во внутрь стержня, т.е. считать его растянутым.

Подвижный шарнир – реакция подвижного шарнира направлена перпендикулярно к поверхности, на которой он находится (рис.9, в точке В).

Неподвижный шарнир – его реакция состоит из двух составляющих направленных вдоль осей координат (рис. 9, в точке А).

Жесткая заделка – ее реакция состоит из двух составляющих направленных вдоль осей координат и момента сил реакций (рис. 10).

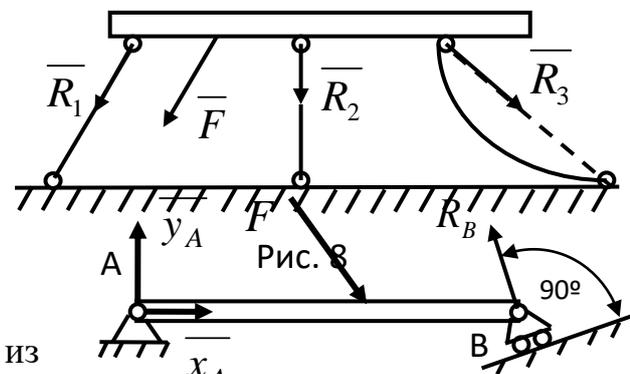


Рис. 9

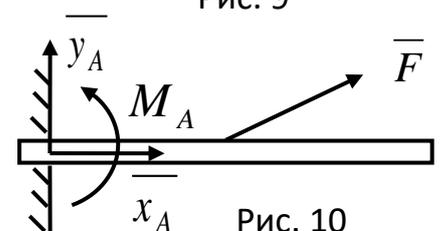


Рис. 10

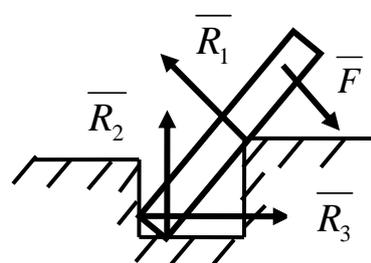
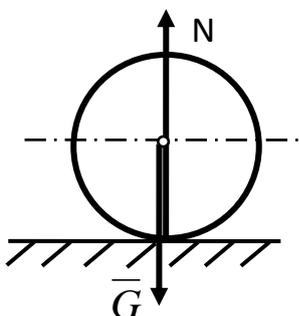


Рис. 5

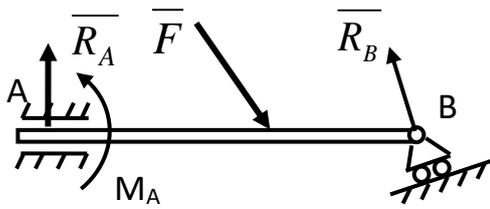


Рис. 11

Скользящая заделка (с одной степенью свободы) – ее реакция состоит из силы направленной перпендикулярно направляющим и момента сил реакций (рис.11).

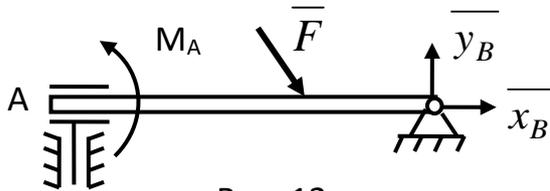
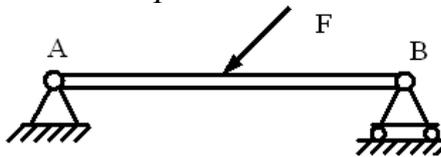


Рис. 12

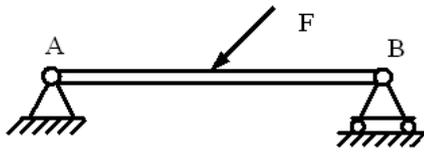
Скользящая заделка (с двумя степенями свободы) – ее реакция состоит из момента сил реакций (рис.12).

### Контрольные вопросы

Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»



**Связь в точке А** называется:  
 шарнирно-подвижная  
 шарнирно-неподвижная  
 жесткая заделка  
 гладкая поверхность



**Связь в точке В** называется:  
 шарнирно-подвижная  
 шарнирно-неподвижная  
 жесткая заделка  
 гладкая поверхность

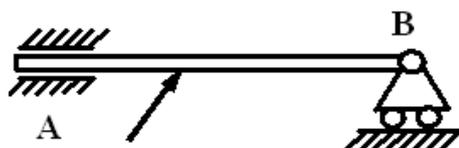


**Связь в точке В** называется:  
 неподвижный шарнир  
 невесомый стержень  
 подвижный шарнир



**Связь в точке А** называется:  
 неподвижный шарнир  
 невесомый стержень

подвижный шарнир



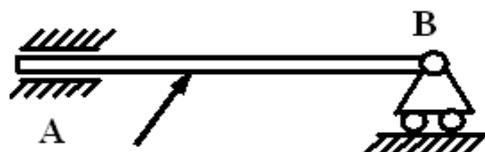
**Связь в точке А** называется:

скользящая заделка с 2 степенями свободы

неподвижный шарнир

подвижный шарнир

скользящая заделка с 1 степенью свободы



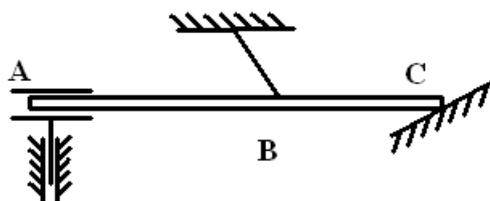
**Связь в точке В** называется:

скользящая заделка с 2 степенями свободы

неподвижный шарнир

подвижный шарнир

скользящая заделка с 1 степенью свободы



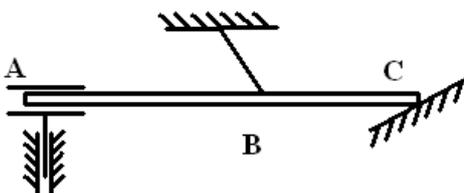
**Связь в точке А** называется:

нить

гладкая поверхность

скользящая заделка с степенями свободы

неподвижный шарнир



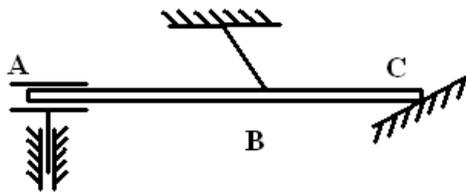
**Связь в точке В** называется:

нить

гладкая поверхность

скользящая заделка с я степенями свободы

неподвижный шарнир



**Связь в точке С**

**называется:**

нить

гладкая поверхность

скользящая заделка с 2-мя степенями свободы

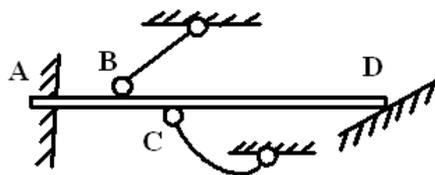
неподвижный шарнир

**Реакция гладкой поверхности:**

состоит из двух составляющих направлений по осям координат

состоит из силы перпендикулярной поверхности и момента

состоит из силы, направленной по общей нормали к телу и поверхности



**Связь в точке А**

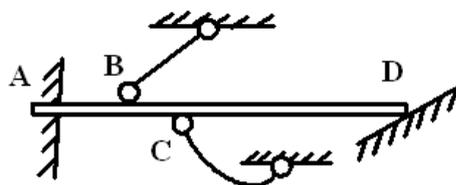
**называется:**

невесомый стержень

гладкая поверхность

жесткая заделка

неподвижный шарнир



**Связь в точке В**

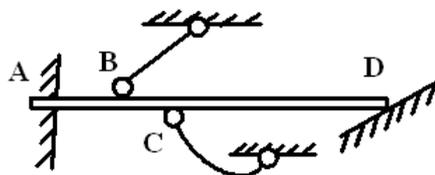
**называется:**

невесомый стержень

гладкая поверхность

жесткая заделка

неподвижный шарнир



**Связь в точке D**

**называется:**

невесомый стержень

гладкая поверхность

жесткая заделка

неподвижный шарнир

**Статика – это:**

раздел механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве в зависимости от действующих сил.

раздел механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения, вне связи с силами, определяющими это движение

раздел механики, в котором изучаются методы преобразования систем в эквивалентные системы и устанавливаются условия равновесия сил, приложенных к твердому телу

**Эквивалентные системы – это:**

система сил, которая, будучи приложенной к твердому телу, находящемуся в покое, не выводит тело из этого состояния

системы сил, под действием каждой из которых твердое тело находится в одинаковом кинематическом состоянии

система, линии действия всех сил которой расположены в одной плоскости

система, линии действия всех сил которой расположены в пространстве

**Аксиома равновесия двух сил:**

под действием взаимно уравновешивающихся сил материальная точка (тело) находится в состоянии покоя или движется прямо или равномерно

действие системы сил на твердое тело не изменится, если к ней присоединить или из нее исключить систему взаимно уравновешивающихся сил

две силы, приложенные к твердому телу, взаимно уравновешиваются только в том случае, если их модули равны и если они направлены по одной прямой в противоположные стороны

равнодействующая двух пересекающихся сил приложена к точке их пересечения и изображается диагональю параллелограмма, построенного на этих силах