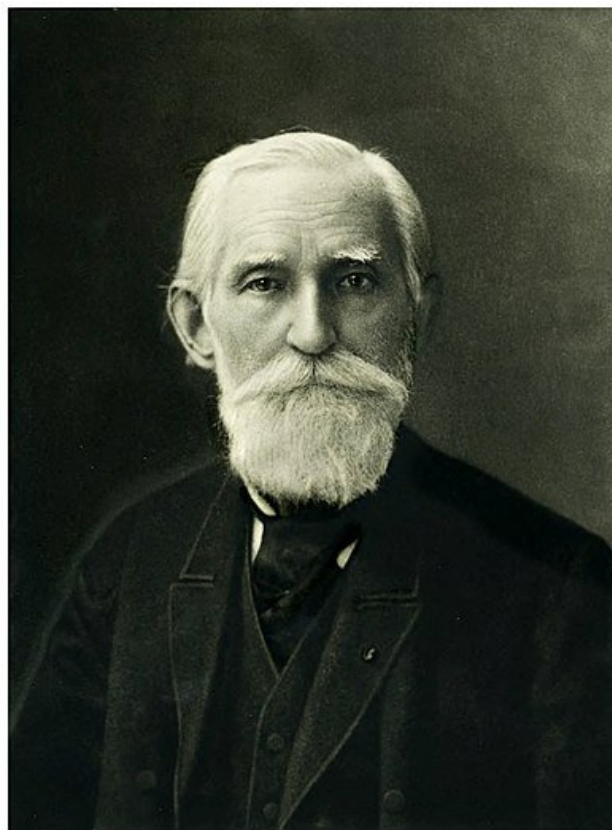


Лекция 4

Чебышев Пафнутий Львович (1821-1894)



Пафнутий Львович Чебышев

- **Пафнутий Львович Чебышёв**
Русский математик (Википедия)
Русский математик и механик, основоположник
петербургской математической школы, академик
Петербургской академии наук и ещё 24 академий мира.
Родился: 16 мая 1821 г., Акатово(Окатово)
Умер: 8 декабря 1894 г. (73 года), Санкт-Петербург,
Российская империя

Пафнутий Львович Чебышёв

- **Пафнутий Львович Чебышёв**
Русский математик (Википедия)
Русский математик и механик, основоположник петербургской
математической школы, академик Петербургской академии наук и
ещё 24 академий мира.
Родился: 16 мая 1821 г., Акатово(Окатово)
Умер: 8 декабря 1894 г. (73 года), Санкт-Петербург, Российская
империя

- В 1832 году семья переехала в [Москву](#), чтобы продолжить образование взрослых детей. В Москве с Пафнутием математикой и физикой занимался [П. Н. Погорельский](#) — один из лучших учителей Москвы.
- Летом 1837 г. Чебышёв начал изучение математики в [Московском университете](#) на втором [физико-математическом отделении](#) философского факультета.
- В 1840/1841 учебном году, участвуя в студенческом конкурсе, Чебышёв получил серебряную медаль за работу по нахождению [корней уравнения](#) n -й степени (сама работа была написана им ещё в 1838 году и сделана на основе [алгоритма Ньютона](#))
- В 1841 году Пафнутий Чебышёв окончил Императорский Московский университет.
- В это время дела его родителей из-за голода, охватившего в 1840 году значительную часть России, пришли в расстройство, и семья больше не могла материально поддерживать своего сына. Однако выпускник университета, невзирая на своё крайне стеснённое материальное положение, упорно продолжал заниматься наукой.

«Распределение времени преподавания учебных предметов в Императорском Московском университете на первое полугодие 1840/41 г. во втором отделении философского факультета»

- Из расписания мы видим, что преподавание велось 4 года с 10 до 14 час. 6 раз в неделю.
- На первом курсе адъюнкт М. Спасский читал Физику (2р. в неделю).
- На втором – орд. проф. Брашман - **Механику** (2р. в неделю).
- На третьем – Брашман читал 1 раз в неделю **Механику** и 2 раза – **Статику**; также продолжался курс физики.
- На четвертом курсе – читалась **Динамика** (2р. в неделю).



Н.Д.Брашман «Теоретическая механика»(1859)



Ж

- Существенное влияние на формирование круга научных интересов молодого Чебышёва оказал его учитель — профессор прикладной математики и механики Московского университета **Николай Дмитриевич Брашман (1796-1866)**;
- Благодаря ему, П.Л. Чебышёв познакомился с работами французского ученого и инженера **Ж.-В. Понселе (1788-1867)** (известного, в частности, своими работами *«Курс механики, применённой к машинам»* (1826) и *«Введение в индустриальную, физическую или экспериментальную механику»* (1829)).

- В 1846 году он успешно защитил **магистерскую диссертацию «Опыт элементарного анализа теории вероятностей»**
- В 1847 году Чебышёв был утверждён в звании адъюнкт-профессора Петербургского университета.
- Чтобы получить право чтения лекций в университете, он защитил ещё одну диссертацию — на тему **«Об интегрировании с помощью логарифмов»**, после чего читал лекции по высшей алгебре, теории чисел, геометрии, теории эллиптических функций и практической механике. Не раз он читал и курс теории вероятностей, изъясая из него расплывчатые формулировки и неправомерные утверждения и превратив его в строгую математическую дисциплину.
- В 1849 году Чебышёв защитил в Петербургском университете **докторскую диссертацию «Теория сравнений»**, после чего в 1850 году он стал профессором Петербургского университета; данную должность он занимал до 1882 года

Профессора физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета (1868). Сидят слева направо: [А. В. Советов](#), П. Л. Чебышёв, [К. Ф. Кесслер](#), [А. Н. Савич](#), [П. А. Пузыревский](#), [Ф. В. Овсянников](#), [А. Н. Бекетов](#).
Стоят: [Р. Э. Ленц](#), [Н. А. Меншуткин](#), [А. С. Фаминцын](#), [О. И. Сомов](#), [Ф. Ф. Петрушевский](#), [Д. И. Менделеев](#), [А. Н. Корк](#)



Санкт-Петербургский университет



- П. Л Чебышев поступил на службу в Петербургский университет в **1847 г.** на должность доцента второго отделения философского факультета.
- **П.Л. Чебышев читал в университете практическую механику (1849/50—1850/51 гг.).**
- **Практическая механика читалась им на существовавшем короткое время (1839—1843 гг. и 1849—1851 гг.) реальном отделении.**
- В настоящее время кажется почти невероятным, что это отделение, причиной возникновения которого была «потребность в большем распространении по Империи реальных знаний посредством приготовления преподавателей по этой части», производило набор студентов всего два раза (в 1839 и 1849 гг.), причем оба раза было принято по шесть студентов.
- **В 1852—1856 гг. П.Л. Чебышев читал в Александровском лицее практическую механику.**

Александровский лицей



- **Практическую механику** Чебышев читал «по собственным запискам». Когда Чебышев указывал литературу, его курс по стилю изложения был всегда оригинален.
- *«Курсы, читавшиеся Чебышевым, были невелики по объему, но содержательны, по изложению очень доступны и удобопонятны ...Литографированных записок к лекциям Чебышева никогда не существовало, печатного руководства он также не издавал. Несмотря на отсутствие внешних пособий, большинство студентов усваивало курсы Чебышева очень легко, и не выдержать экзамена по его предметам считалось большим позором. На экзаменах студентов Чебышев не был ни слишком строг, ни слишком снисходителен и всегда чрезвычайно сдержан и вежлив»*
- К. А. Поссе «Краткий биографический очерк» в I томе Полного собрания сочинений П. Л. Чебышева

О курсе практической механики П.Л. Чебышева

- **ПРОГРАММА ПРАКТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

- (Две лекции в неделю)

- *Руководствами служат:*
- **Poncelet**: Traite de Mecanique appliquee aux machines, Introduction a la mecanique - industrielle,
- **Coriolis**: Traite de la mecanique des corps solides et du calcul de Teffet des machines,
- **Christian**: Traite de Mecanique industrielle,
- *Pambour*: Traite theoretique et pratique des machines locomotives,
- с различными дополнениями из сочинений *Навье, Тредгольди, Арманго* и других.

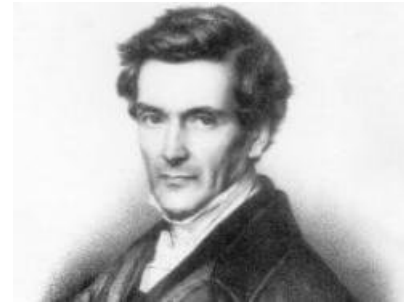
- Т.V Полного собрания сочинений П.Л. Чебышева, с. 213-214.

Ж.В.Понселе (1788-1867)



- «Курс механики, приложенной к машинам» (1826)
- «Курс индустриальной механики» (1829)

Г. Кориолис (1792-1843)



- «Трактат механики твердых тел и вычисления эффекта машин» (1829).

НАУЧНЫЕ КОМАНДИРОВКИ П. Л. ЧЕБЫШЕВА

- **Принимая в соображение ту пользу для преподавания практической механики, которую можно извлечь из знакомства со всеми усовершенствованными машинами, мы обращаемся к Вашему превосходительству со всепокорнейшею просьбою поручить преподавателю практической механики, адъюнкту по кафедре математики Пафнутню Чебышеву съездить в Лондон на всемирную выставку и обозреть все, что будет там примечательного относительно усовершенствования механических производств.**
- **Без потери для университетского курса, он может отправиться в конце апреля в Лондон на всемирную выставку. Не ограничиваясь обозрением ее, он в продолжение летних месяцев может посетить замечательнейшие мануфактуры как в Англии, так и во Франции, и ознакомиться со способом преподавания практической механики в их технических заведениях. Что касается до издержек, то ему достаточно будет того содержания, которое он получает в здешнем университете как адъюнкт по кафедре математики и преподаватель практической механики в разряде реальных наук.**

• 1850-го года Э. Ленц.
• декабря 18-го дня. В. Буняковский.
• О. Сомов.

Великая выставка промышленных работ всех народов ([англ. The Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations](#))



- Международная выставка достижений науки, промышленности, искусства и торговли, проходившая в [лондонском Гайд-парке](#) с 1 мая по 15 октября **1851 года**. Выставка стала важным этапом в распространении идей [промышленной революции](#). Из-за участия многих стран её вскоре прозвали [Всемирной](#). На этой первой Всемирной выставке были представлены промышленные товары, различные изделия [художественных ремёсел](#), машины и механизмы, экспонаты новейших производственных технологий, произведения [изобразительного искусства](#).

П. Л. ЧЕБЫШЕВ. ПРОГРАММА КУРСА ПРАКТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ В АЛЕКСАНДРОВСКОМ ЛИЦЕЕ

- Общие понятия о механике вообще и в особенности о практической механике. Сила, количество работы. Показать, что количество работы выражается произведением усилия на длину проходимого пути. Количество работы по направлению, отличному от направления силы. По каким направлениям сила стремится двигать и по каким не стремится? Какие перемещения могут произвести силы, приложенные к системе точек? Условия равновесия системы. Случай, когда для всех точек системы одинаково возможны перемещения в две противоположные стороны; упрощение в этом случае условия равновесия системы. Приложение этого к точке, могущей двигаться по одной прямой линии и подверженной действию двух сил. Основной закон равновесия в его приложении: 1) к наклонной плоскости, 2) к рычагу и его видоизменениям: к весам Роберваля и самовесу, 3) к клину, 4) к вороту. — О движении точек. Равномерное движение машин; его уравнение. Двигатели и сопротивления. Условия равномерного движения машин. Сопротивления вредные и полезные.

Программа (продолжение)

Показать, что в машине сколько выигрывается в силе, столько теряется в скорости. Основной закон равномерного хода машин в его практическом применении: 1) винтовой пресс, дифференциальный винт; бесконечный винт; 2) дифференциальный ворот.

Неравномерное движение машин. Изменение в скорости от действия данной силы в данное время. Масса тела. Количество работы, потребное для того, чтобы в скорости точки произвести данное изменение, $ps = M/2 (v^2 - v_0^2)$. Работа инерции. Приложение этого к практическим вопросам.

Решить следующий вопрос: воз весит 40 пудов, ему надобно сообщить скорость 10 футов в 1"; сколько на это потребно работы, если воз вначале был в покое? — Определение усилия, потребного для того, чтобы данному телу на данном пространстве сообщить известную скорость или уничтожить прежде бывшую. Приложить уравнение $ps = M/2 (v^2 - v_0^2)$ к движению паровозов. Как велика должна быть сила, долженствующая сообщить поезду известную скорость на известном протяжении? Как велика должна быть сила для того, чтобы остановить поезд на известном протяжении?

- Уравнение неравномерного хода машин; начало живых сил.

Программа (продолжение)

- *Решить следующий вопрос:* если покатить по полу какой-нибудь шар, то он, прокатившись до некоторого расстояния, остановится; зная скорость шара при начале движения и длину проходимого пути, требуется узнать, как велика была сила, остановившая тело, т. е. сила различных сопротивлений?
- — Объяснить, на основании общего закона неравномерного хода машин, действие следующих механизмов: 1) молота, 2) копра с бабою; описание устройства этого механизма.

Движения периодические. Приведение в движение машин и их остановка.

Приложение общей теории неравномерного хода машин к определению неравномерностей в движении колеса с шатуном.

- — Средства уравнивать ход машины. 1) Как уменьшить неравномерности, происходящие от того, что сумма всех работ в каждый период не равна нулю? Центробежный уравнитель. Формулы для определения изменения в положении стержней от изменения скорости вращения и для определения веса шаров.
2) Как уменьшается неравномерность движения машины в продолжение каждого периода?

•

Программа (продолжение)

- Маховое колесо. Формулы для определения размера маховых колес.
- — Вредные сопротивления. Трение; различные виды трения. Трение тел скользящих; определение величины трения; трение при начале движения и в продолжение движения. Определение работы трения в том случае, когда для поднятия тяжестей употребляется наклонная плоскость. Трение осей. Приложение этого к определению количества работы, поглощаемой трением махового колеса. Трение пятника в пяте.
- — Трение второго рода. Жесткость веревок. Результаты опытов Кулона и Морена: $dM (\alpha + \beta Q)/2R$, $n (A+Bn+CQ)/D$.
- Сопротивление средин. Вред и польза вредных сопротивлений. Нажимы, употребляемые для остановки машин или замедления их хода. Нажимы для остановки поездов по железной дороге. Приложение силы трения к определению, по опыту, количества работы, доставляемой двигателем.

Программа (продолжение)

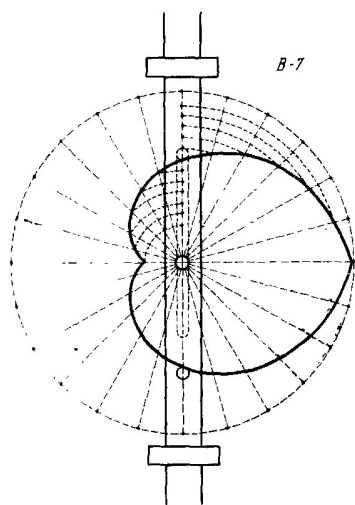
Преобразование движения. Система органов, служащих для этого.

Преобразование прямолинейного движения в другое такое же; органы для этого преобразования. Наклонная плоскость; выгода от ее употребления. Клин; ножик. Блок простой и сложный; выгода от употребления блоков.

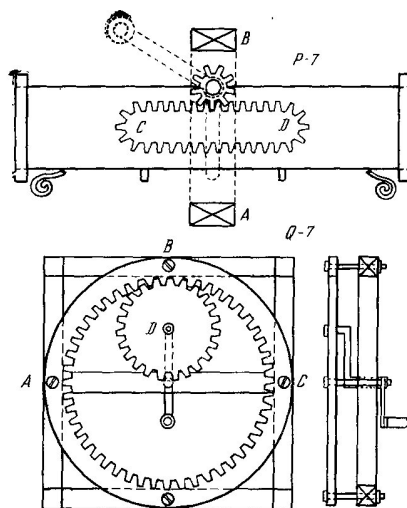
Преобразование вращательного движения в прямолинейное и обратно; органы для этого преобразования. Ворот простой, кабестан. Ворот дифференциальный. Винт простой и дифференциальный.

- Преобразование кругового движения в прямолинейное попеременное. Доказать, что если внутри круга катится другой круг радиуса, вдвое меньшего, то точки последнего круга описывают прямые линии. Колесо Делагира. Кривошип с шатуном. Двойной кривошип. Эксцентрик и его видоизменения.

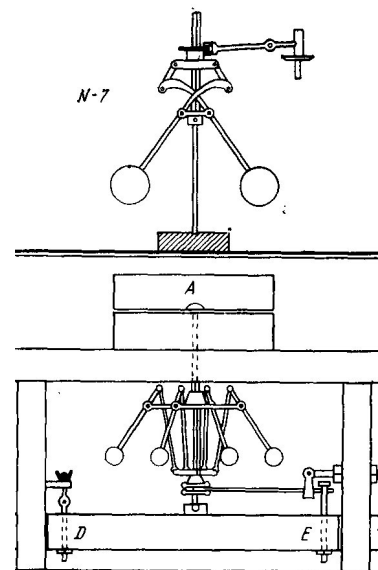
Преобразование непрерывно-вращательного движения в возвратно-поступательное прямолинейное



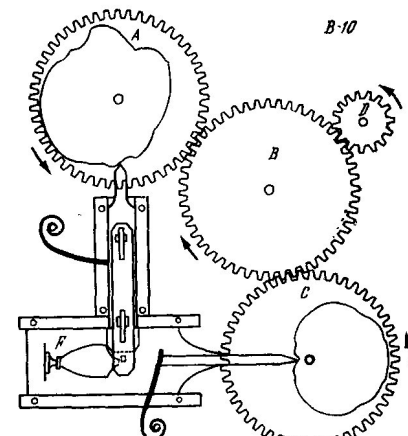
«Элементарная машина»
B-7



«Элементарная машина»
P-7 и O-7



«Элементарная машина»
N-7



«Элементарная машина»
B-10

Программа (продолжение)

- — Преобразование одного вращательного движения в другое. Угловая скорость. Как найти скорость по дуге, зная угловую скорость, и обратно. Органы для преобразования одного вращательного движения в другое; передача вращения между двумя осями параллельными, с переменою направления вращения; зубчатые колеса цилиндрические, внешние. Определение числа зубцов, величины шага, ширины зубцов, ширины впадины. Условие, которому должно удовлетворять очертание зубцов.
- — Очертание зубцов, наиболее употребительных в практике. Зубцы эпициклоидальные. Черчение этих зубцов. Длина их и ширина. Приблизительный способ черчения этих зубцов. Недостатки зубцов эпициклоидальных. Зубцы с разверткой круга. Случай, когда одно колесо сочленено со многими другими. Недостатки зубцов с разверткой круга. Цевочная шестерня, очертание зубцов при этой шестерне.

Программа (продолжение)

- — Передача движения между двумя осями параллельными без перемены направления. Зубчатые колеса цилиндрические, внутренние; их построение, черчение их зубцов.
- Преобразование вращательного движения в прямолинейное и обратно: зубчатка с зубчатым колесом. Правила для устройства зубчатки, число и форма зубцов. Передача вращательного движения между двумя осями перпендикулярными, но в разных плоскостях; бесконечный винт.
- — Передача вращения между двумя осями пересекающимися. Колеса конические, их черчение. Универсальный шарнир. Передача вращательного движения между двумя осями, находящимися на далеком расстоянии; бесконечный ремень. Преобразование непрерывного вращательного движения в попеременное вращательное или прямолинейное. Молота хвостовые и лобовые. Песты.

Программа (продолжение)

- — Одушевленные двигатели; их отличительные свойства; выражение количества их работы. Количество работы, доставляемой человеком как двигателем. Обстоятельства, увеличивающие и уменьшающие количество этой работы. Приводы для получения работы человека: ступенчатый барабан, рукоятка, рычаг и пр. Журавль. Лошадь как двигатель. Конный привод.
- — Неодушевленные двигатели. Общее уравнение для определения количества их работы. Ветер как двигатель. Устройство вертикальных крыльев. Количество работы, получаемой от ветра. Условие наибольшей работы. Крылья горизонтальные.

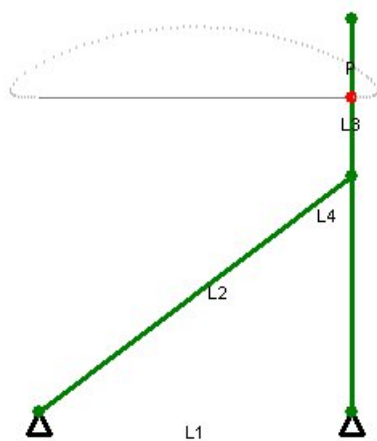
Программа (продолжение)

- — О паре как двигателе. Устройство печей. Различные системы котлов. Принадлежности котлов: предохранительные клапаны и кружки, манометры, водомерные приборы, питательные приборы. Свисток. Паровой цилиндр и золотники различного устройства. Холодильник. Преобразование прямолинейного попеременного движения поршня в круговое непрерывное: коромысло, шатун, параллелограм Уатта.
- — Различные системы паровых машин. Машины простого и двойного действия. Машины высокого, среднего и низкого давления. Машины с охлаждением пара и без охлаждения. Машины с расширением пара. Машины с коромыслом и без коромысла. Машины с качающимися цилиндрами. Количество работы, доставляемое машинами с холодильником и без холодильника. Особенности в устройстве, паровых машин на пароходах и паровозах. Механизмы, которыми приводятся в движение пароходы и паровозы. Пароходы с Архимедовым винтом; пароходы с колесами.

Программа (продолжение)

- — О паре как двигателе. Устройство печей. Различные системы котлов. Принадлежности котлов: предохранительные клапаны и кружки, манометры, водомерные приборы, питательные приборы. Свисток. Паровой цилиндр и золотники различного устройства. Холодильник. Преобразование прямолинейного попеременного движения поршня в круговое непрерывное: коромысло, шатун, параллелограм Уатта.
- — Различные системы паровых машин. Машины простого и двойного действия. Машины высокого, среднего и низкого давления. Машины с охлаждением пара и без охлаждения. Машины с расширением пара. Машины с коромыслом и без коромысла. Машины с качающимися цилиндрами. Количество работы, доставляемое машинами с холодильником и без холодильника. Особенности в устройстве, паровых машин на пароходах и паровозах. Механизмы, которыми приводятся в движение пароходы и паровозы. Пароходы с Архимедовым винтом; пароходы с колесами.

Механизм Чебышёва — механизм, преобразующий вращательное движение в движение, приближённое к прямолинейному.

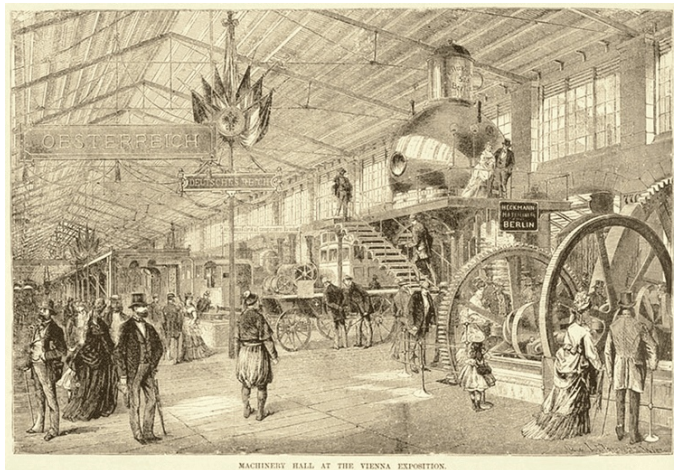
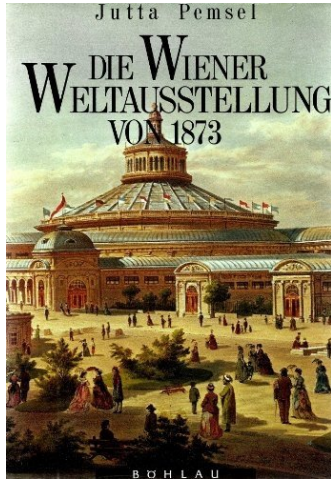


- **Конструирование механизмов**
- Перекрёстный приближённо-направляющий механизм Чебышёва
- Чебышёву принадлежит создание свыше 40 различных механизмов и около 80 их модификаций. Среди них — механизмы с остановками, механизмы выпрямителей и ускорителей движения и тому подобные механизмы, многие из которых находят применение в современном авто-, мото- и приборостроении.
- В конструкциях ряда механизмов, предложенных П. Л. Чебышёвым, нашли свою реализацию разработанные им методы синтеза механизмов. Здесь прежде всего заслуживают упоминания два *приближённо-направляющих механизма Чебышёва*, относящихся к классу шарнирных четырёхзвенников и известных под названиями *лямбдаобразного* и *перекрёстного*. В данных механизмах траектория заданной точки {P}, расположенной на шатуне (у лямбдаобразного механизма — на конце шатуна, у перекрёстного — посередине), весьма мало отличается на некотором участке от отрезка прямой. В то же время минимальное число звеньев для механизма с вращательными кинематическими парами, обеспечивающее *точное* прямолинейное движение для одной из своих точек, равно 6.

Последующие поездки П.Л. Чебышева за границу.

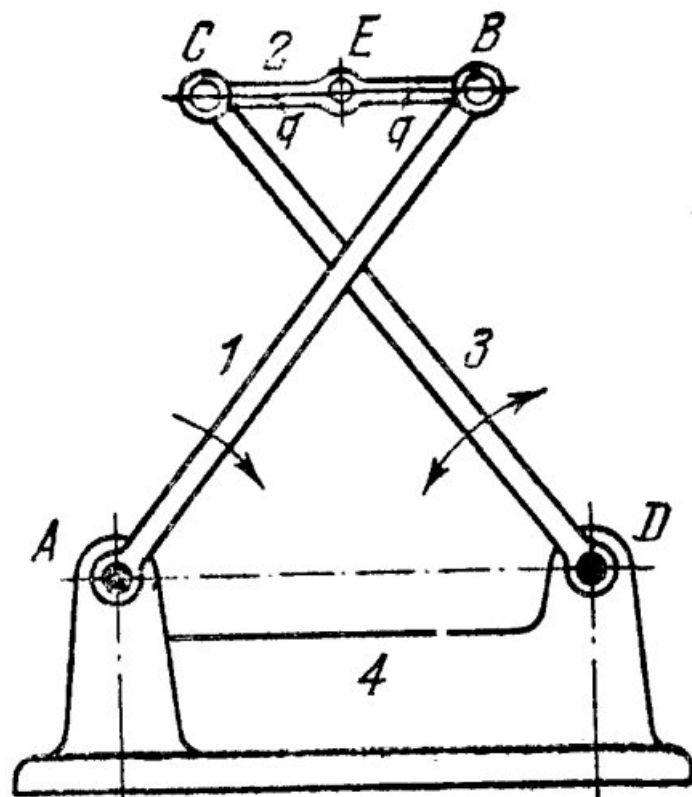
- 1873 – Всемирная Выставка в Вене . Собрание данных по приложению математики к механике.
- **Всемирная выставка 1873** года (нем. Weltausstellung **1873**) проходила с 1 мая по 2 ноября **1873** года в **Вене**. Пятая по счёту и первая из **Всемирных выставок**, проводившихся за пределами Англии и Франции.
- **1877 г. – Всемирная Выставка в Париже (Съезд математиков и механиков).**
- **Всемирная выставка 1878** года (фр. Exposition Universelle de 1878) проводилась в **Париже** с 1 мая по 10 ноября 1878 года и была призвана восстановить **международный** престиж Франции, пошатнувшийся после её поражения во франко-прусской войне (1870-71).
-

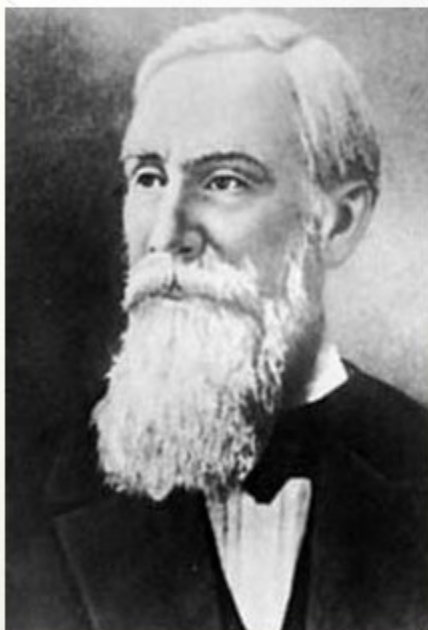
Всемирные промышленные выставки 1873, 1878 гг.



- На [Всемирной выставке в Филадельфии](#) в 1876 году экспонировалась сконструированная Чебышёвым **паровая машина**, обладавшая рядом конструктивных преимуществ.
- Среди созданных Чебышёвым механизмов - «**стопоходящая машина**», имитировавшая движение животного при ходьбе. Эта машина была с успехом показана на [Всемирной выставке в Париже](#) в 1878 году, *а в настоящее время хранится в московском Политехническом музее.*
- Помимо **самокатного кресла**, на Чикагской выставке демонстрировались изобретённые П. Л. Чебышёвым **сортировалька** (механизм для сортировки зерна по массе) и **семь механизмов для преобразования вращения в другие виды движения.**

Механизм Уатта.





1821 - 1894

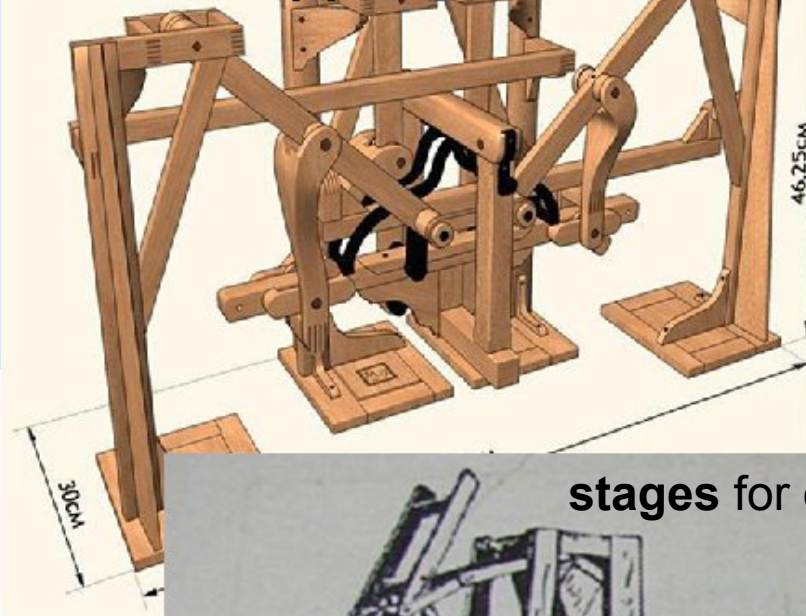
ПАФНУТИЙ ЛЬВОВИЧ ЧЕБЫШЕВ



Модель паровой машины с «прямым Чебышева»

В 1873 г. на Всемирной выставке в Вене
создатели модели удостоены медали "Преуспевания"
"За осуществление изобретения академика Чебышева".

Стопоходящая машина



Паровая машина



stages for our discussion

Сортировалька для зерна



Дамский велосипед



- **Прикладная математика**

- В течение сорока лет Чебышёв принимал активное участие в работе военного артиллерийского ведомства (с 1855 года — действительный член Артиллерийского отделения [Военно-учёного комитета](#), с 1859 года — действительный член Временного артиллерийского комитета) и работал над усовершенствованием дальности и точности артиллерийской стрельбы, применяя для обработки результатов опытных стрельб методы теории вероятностей. В курсах баллистики до наших дней сохранилась [формула Чебышёва](#) для вычисления дальности полёта снаряда в зависимости от его угла бросания, начальной скорости и сопротивления воздуха при заданной начальной скорости. Своими трудами Чебышёв оказал большое влияние на развитие русской артиллерийской науки, на приобщение учёных-артиллеристов к математике.
- В тесной связи с работой Чебышёва во Временном артиллерийском комитете находились его исследования по [квадратурным формулам](#). В ходе данных исследований он в 1873 году предложил новый тип квадратурных формул (*квадратурные формулы Чебышёва*). Эти формулы удовлетворяют дополнительному требованию равенства весов и позволяют упростить вычисления и сократить их объём, обладая следующим важным свойством: они доставляют минимум дисперсии вычисленного по ним приближённого значения интеграла (при условии, что погрешности в узлах независимы и имеют одинаковую дисперсию и равное нулю математическое ожидание).