

Хронология по Винеру

повторение

Норберт Винер в своей книге "Кибернетика" указал ту качественную границу в развитии общества, по которой, с его точки зрения, можно будет различать переход индустриально развитого общества в век информации (век информационного общества):



"Если XVII столетие и начало XVIII столетия - век часов, с конца XVIII до конца XIX столетия - век паровых машин, с конца XIX до середины XX столетия – век тяжелой промышленности, то настоящее время есть век связи и управления.

В электротехнике существует разделение на области, называемые в Германии техникой сильных токов и техникой слабых токов, а в США и Англии - энергетикой и техникой связи. Это и есть та граница, которая отделяет прошедший век от того, в котором мы сейчас живем"

Был этот мир глубокой тьмой окутан,
«Да будет свет!» — и вот явился
Ньютон

Александр Поуп

Аналоговые вычислительные машины: вчера, сегодня, завтра

**Интеграторы (планиметр,
интеграф, гармонический
анализатор и др.)**

Аналоговые вычислительные машины

■ АНАЛОГОВЫЙ КОМПЬЮТЕР (analog computer) - Аналоговая Вычислительная Машина (АВМ), принцип действия которой основан аналогии в математическом или физическом описании процессов.

■ Применяя методы математического моделирования для решения различных практических задач, нередко оказывается, что различные по своей физической природе процессы нередко описываются одинаковыми математическими уравнениями. Так, например, задачи из области гидродинамики, связанные с обтеканием тел потоком жидкости, решаются **аналогично** термодинамическим задачам, описывающим процесс распространения тепла в различных нагреваемых материалах, а также процессам распространения тока в электролитах.

Аналоговая вычислительная машина

Аналоговая вычислительная машина (АВМ) — это информационная машина, в которой каждому мгновенному значению переменной величины, участвующей в исходных соотношениях, ставится в соответствие мгновенное значение другой (машинной) величины, часто отличающейся от исходной физической величины природой и масштабным коэффициентом.

Каждой элементарной математической операции над машинными величинами, как правило, соответствует некоторый физический или механический закон, устанавливающий математические зависимости между физическими величинами на выходе и входе решающего элемента (например, количество зубцов на шестеренке, законы Ома и Кирхгофа для электрических цепей, выражение для эффекта Холла, лоренцовой силы и т.п.).

Аналоговая вычислительная машина

Особенности представления исходных величин и построения отдельных решающих элементов в значительной мере определяют сравнительно большую скорость работы АВМ, простоту программирования и набора задач, ограничивая, однако, область применения и точность получаемого результата.

АВМ отличается также малой универсальностью (алгоритмическая ограниченность) - при переходе от решения задач одного класса к другому требуется изменять архитектуру и структуру машины и число решающих элементов и т.д.

Аналоговые вычислительные машины

- АВМ делятся на классы – по принципам аналогии:
 - ◆ имитационные
 - ◆ моделирующие
- по принципам моделирования:
 - ◆ Механические и электро-механические АВМ – в них числа (физические величины), как правило, представляются количеством поворотов шестеренок механизма. Они различаются только по источникам энергии).
 - ◆ Электрические АВМ - для представления чисел используются различные электрические характеристики (напряжение, емкость, ток).

Аналоговые вычислительные машины

- Представлением числа в механических аналоговых компьютерах служит, например, количество поворотов шестерёнок механизма. В электрических — используются различия в напряжении. Они могут выполнять такие операции, как сложение, вычитание, умножение, деление, дифференцирование, интегрирование и инвертирование.
- При работе аналоговый компьютер имитирует процесс вычисления, при этом характеристики, представляющие цифровые данные, в ходе времени постоянно меняются.
- Результатом работы аналогового компьютера являются либо графики, изображённые на бумаге или на экране осциллографа, либо электрический сигнал, который используется для контроля процесса или работы механизма.

Аналоговые вычислительные машины

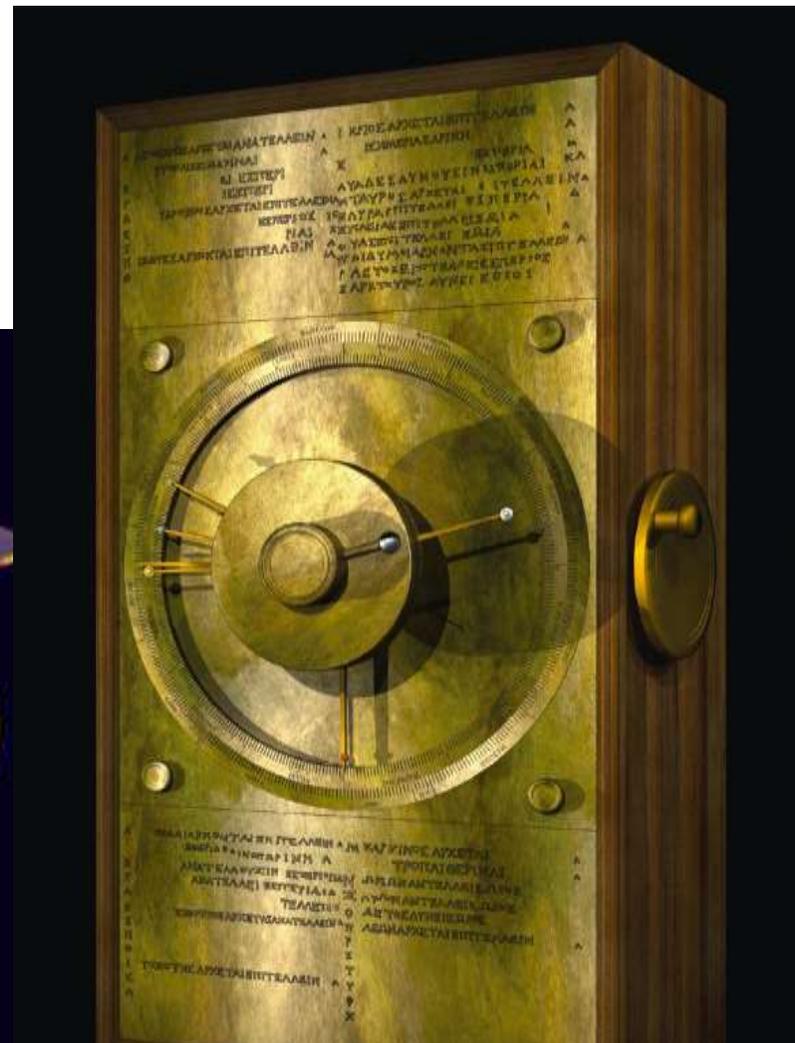
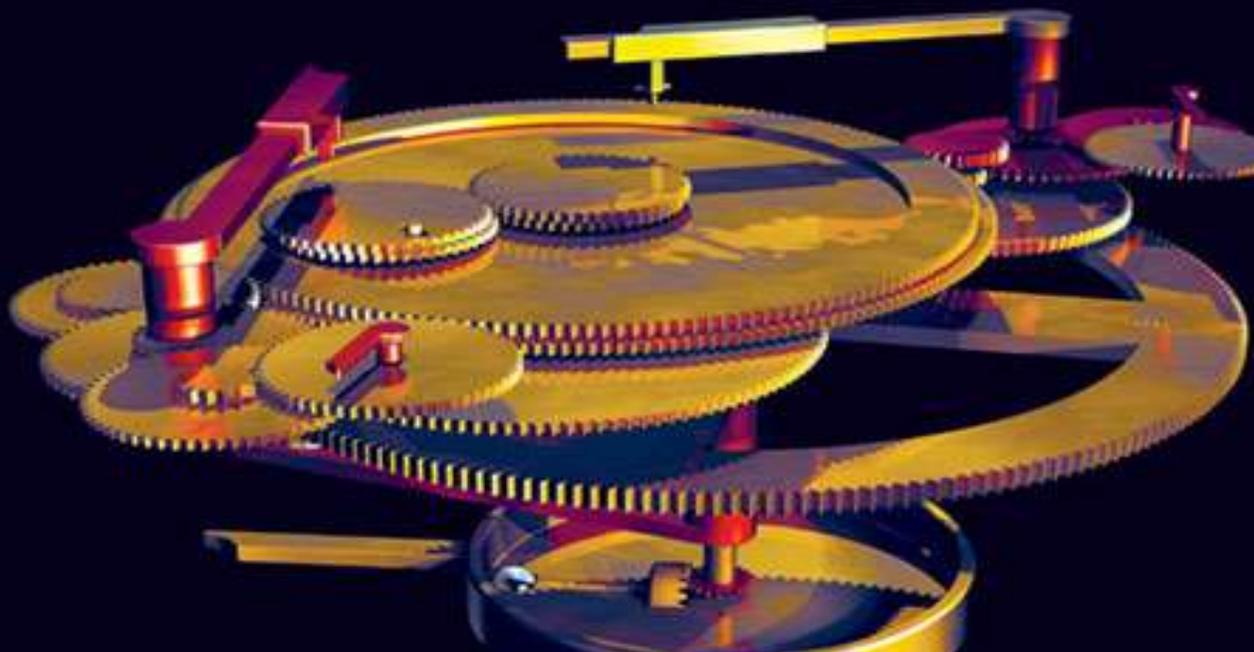
- Эти компьютеры идеально приспособлены для осуществления автоматического контроля над производственными процессами, потому что они моментально реагируют на различные изменения во входных данных. Такого рода компьютеры широко используются в научных исследованиях. Например, в таких науках, в которых недорогие электрические или механические устройства способны имитировать изучаемые ситуации.
- В ряде случаев с помощью аналоговых компьютеров возможно решать задачи, меньше заботясь о точности вычислений, чем при написании программы для цифровой ВМ.
- Например, для электронных аналоговых компьютеров без проблем реализуются задачи, требующие решения дифференциальных уравнений, интегрирования или дифференцирования. Для каждой из этих операций применяются специализированные схемы и узлы, обычно с применением операционных усилителей. Также интегрирование легко реализуется и на гидравлических аналоговых машинах.

Аналоговые вычислительные машины

- Более того, в некоторых сферах промышленности до сих пор используют пневмокомпьютеры, вычислители на акустических волнах.

Антикитерский механизм

Антикитерский механизм – первый в мире аналоговый вычислитель, действующий по принципу имитационного (феноменологического) моделирования.



Астролябия

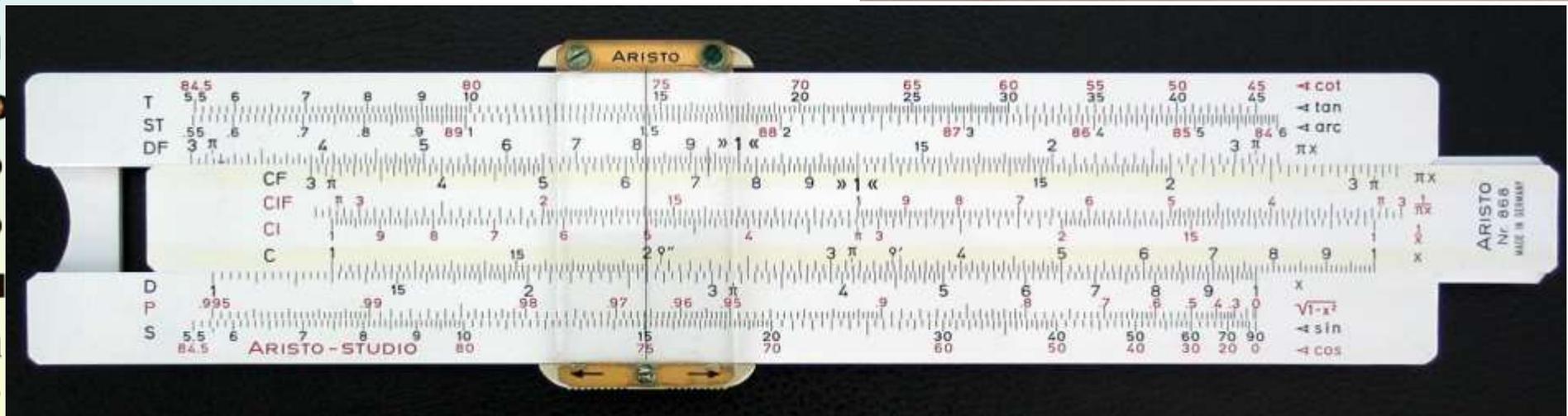
- Графики и номограммы, навигационные таблицы — следующая разновидность аналоговых вычислительных устройств — для определения значений функций нескольких переменных; впервые встречаются в руководствах по навигации в 1791.

Астролябия вторично изобретена
в 15-16 веках



История информатики

Логарифмическая линейка

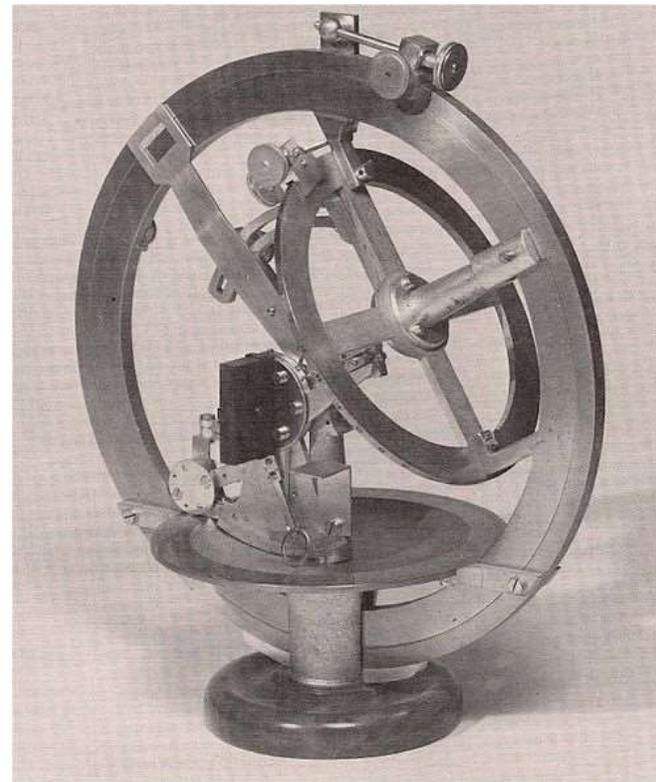


логарифмическая линейка — один из самых успешных аналоговых вычислительных механизмов.

Аналоговые вычислительные машины XIX век

Секстант – Equatorial Sextant
Уильяма Остина Барта

он был способен за одно наблюдение, чтение азимута, высоты, времени и склонения определить точное местоположение судна.



Аналоговые вычислительные машины XIX век

Солнечный компас – Solar Compass.

Результаты привязки сопоставимые с GPS



Аналоговые вычислительные машины XIX век

- Планиметр
- Интеграф
- Интегратор
- Анализатор

Планиметр

- **Планиметр** (от лат. *planus* - плоскость, поверхность и греч. *metrein* - измерять) прибор для измерения площадей по картам, планам и другим плоским чертежам или картам, а также для нахождения числового значения определенных интегралов функции одной переменной (прибор, служащий для определения площадей (интегрирования) замкнутых контуров, нарисованных на плоскости).
- **Планиметр** – частный случай интегратора – аналогового вычислительного устройства.

Планиметр

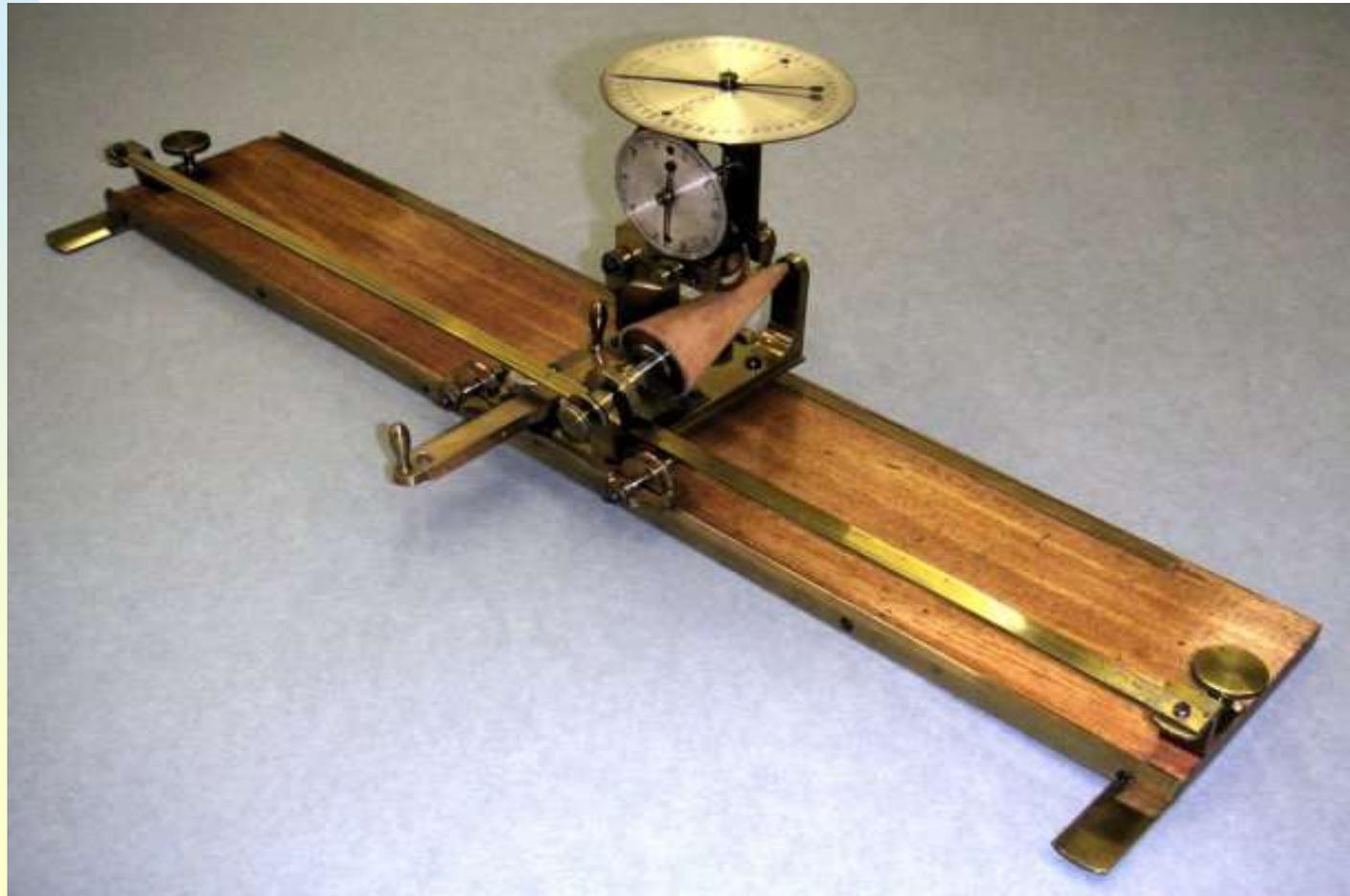
Планиметр – один из старейших инструментов (механический или в настоящее время электронный), использующийся для определения площадей замкнутых контуров любой формы на картах, планах и любых других графических изображениях.

Механические планиметры известны довольно давно (около 200 лет), и представляют собой систему шарнирно соединенных рычагов.

Известное положение ролика относительно звеньев механизма позволяет при обходе штифтом измеряемого контура соотносить контур с прямоугольником с известной длиной сторон и площадью, равной площади измеряемого контура.

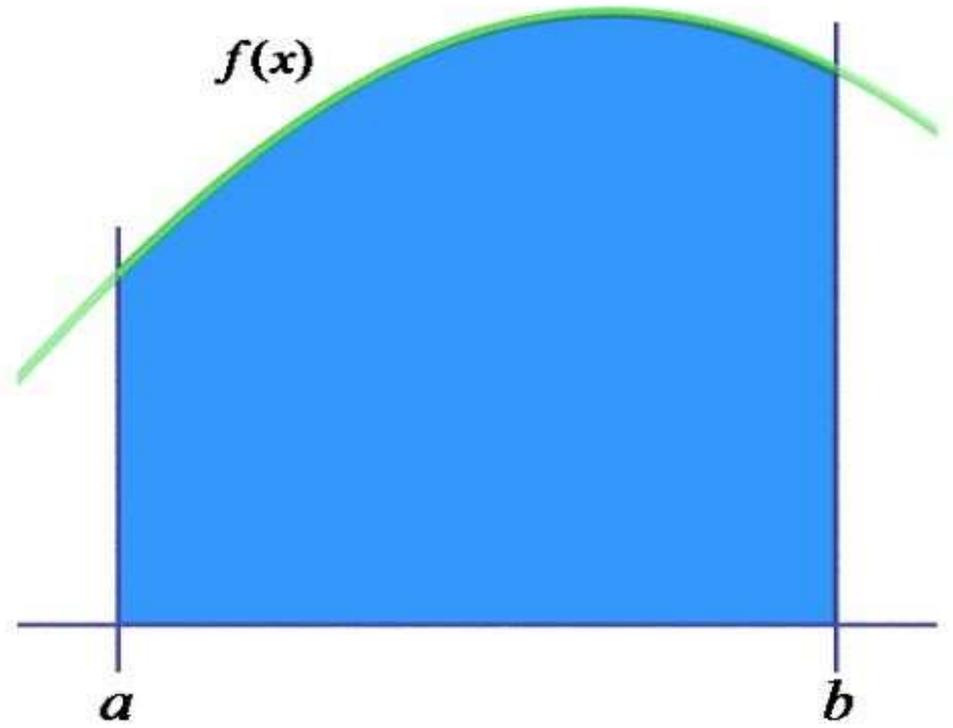
Планиметр

Планиметр начала XIX века – основное вычислительное устройство – конус.



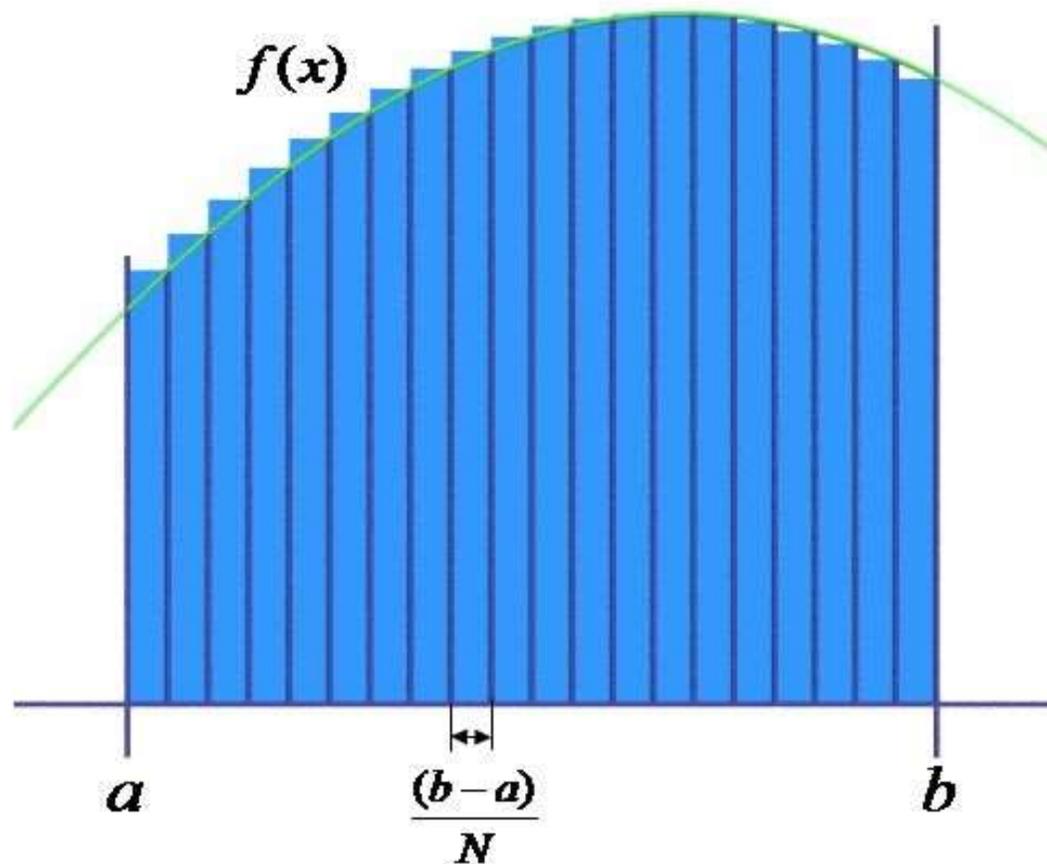
Планиметр

Принцип действия планиметра сводится к следующему: при движении прямолинейного ориентированного отрезка $[a, b]$ в плоскости площадь «обметенной» (заштрихованной) им фигуры равна произведению длины отрезка $[a, b]$ на длину дуги, которую описывает средняя точка отрезка.



Планиметр

Как определяется площадь под кривой: интервал $[a, b]$ делится на N равных частей длины $\frac{(b-a)}{N}$.



Планиметр

Площадь под кривой:

$$S = \frac{(b-a)}{N} \{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_N)\} \approx \int_a^b f(x) dx,$$

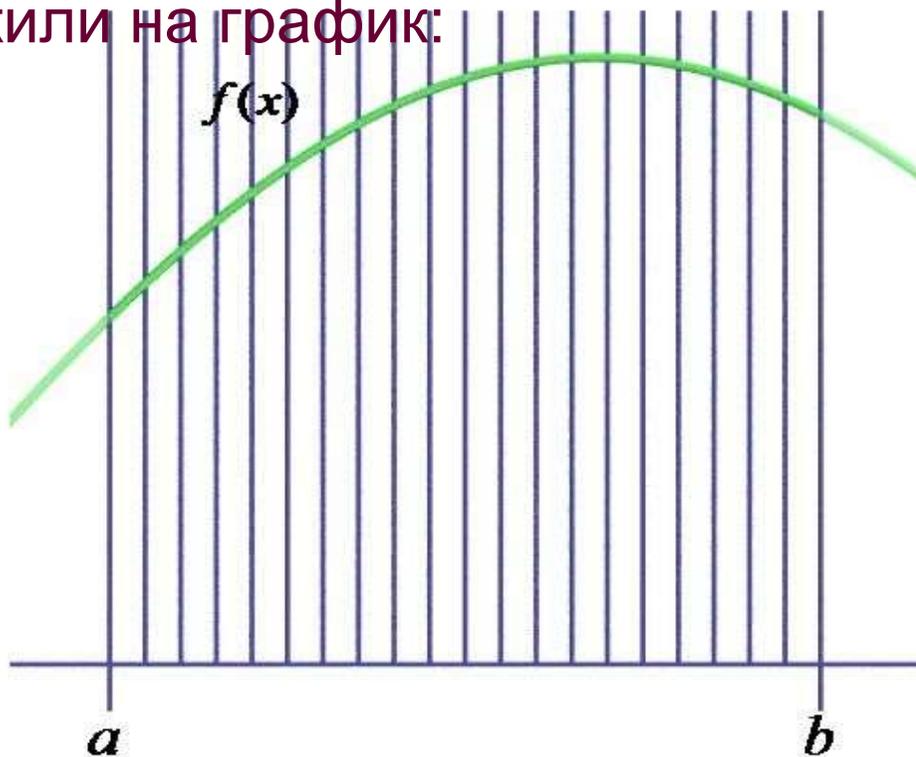
где

$$x_i = a + i \frac{(b-a)}{N}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Планиметр линейный

Первая идея механизировать эту процедуру заключалась в построении **волосяного планиметра**.

Изготавливаются раз и навсегда стеклянная пластина, на которой выгравировано вертикальные линии через регулярные промежутки, например, 0.25 см. Изначально эти линии были сделаны из конского волоса, отсюда и название ... После этого пластинку положили на график:



Планиметр линейный

Далее с помощью **компаса (циркуля)** измеряются высоты прямоугольников.

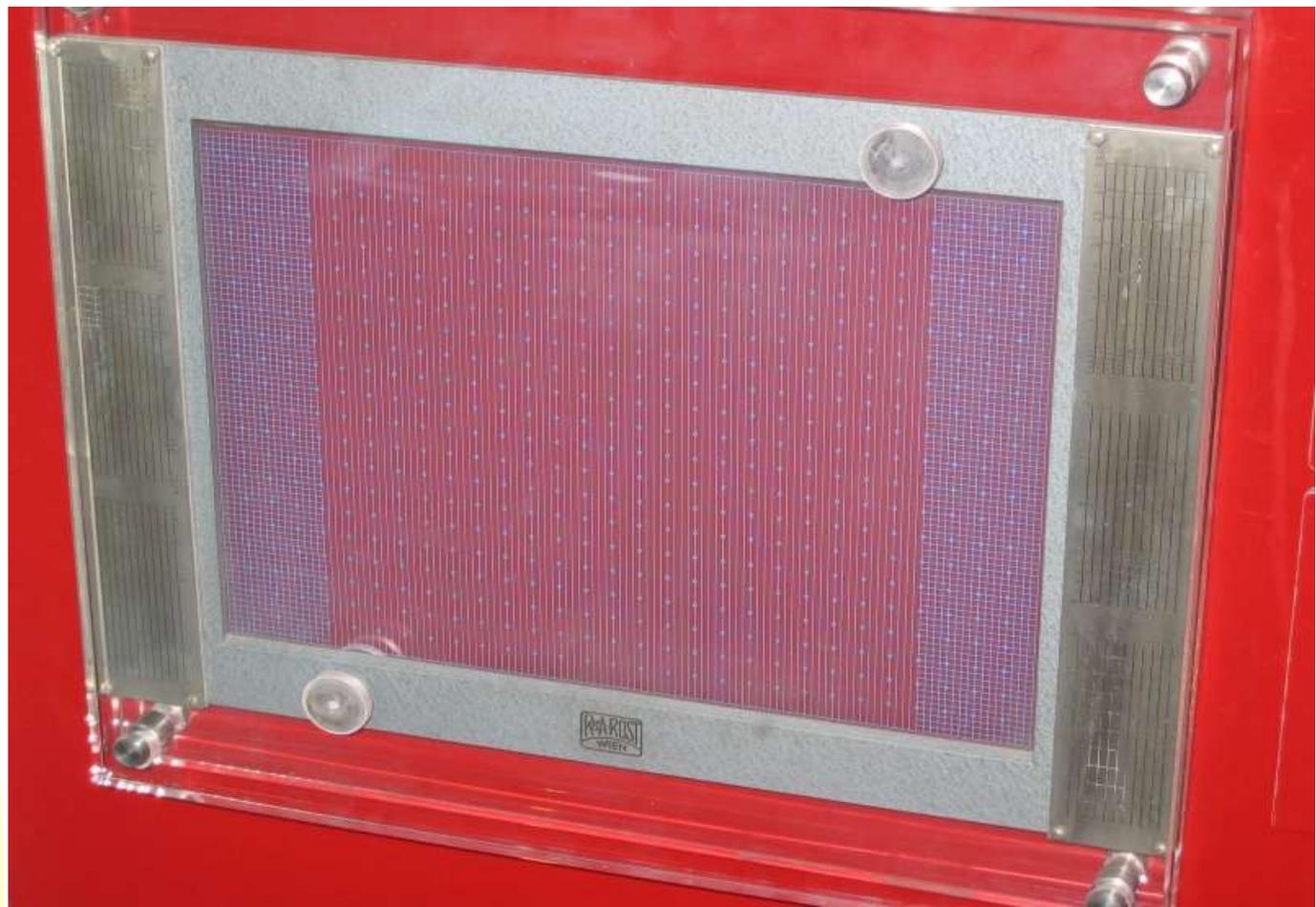


$$S = \{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_N)\}$$

Компас – геометрический инструмент для сравнения и определения расстояний. Латинский глагол compassare означало "Мера своим».

Планиметр линейный

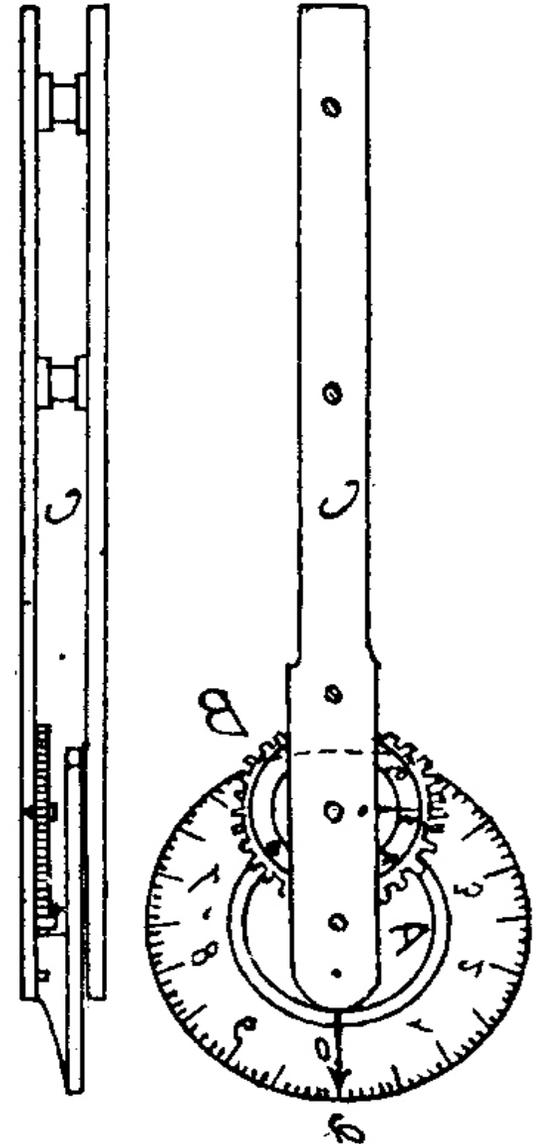
Первая идея механизировать эту процедуру заключалась в построении **волосяного планиметра**.



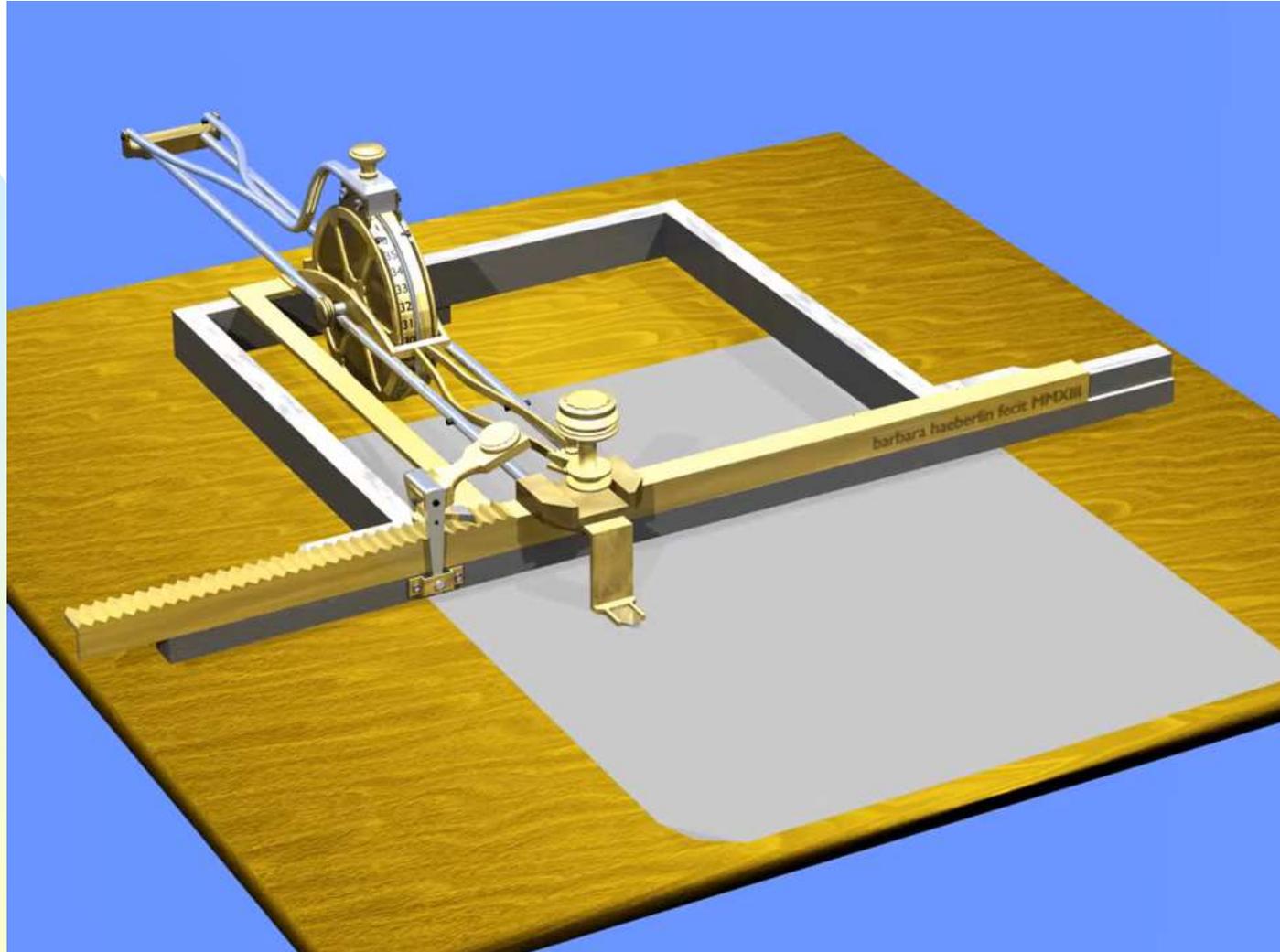
Планиметр линейный

Вторая идея – использовать колесо (курвиметр). Вместо компаса, вы можете использовать валик. Если колесо катится без скольжения по прямой линии, угол поворота колеса пропорционален пройденному пути.

$$S = \{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_N)\}$$

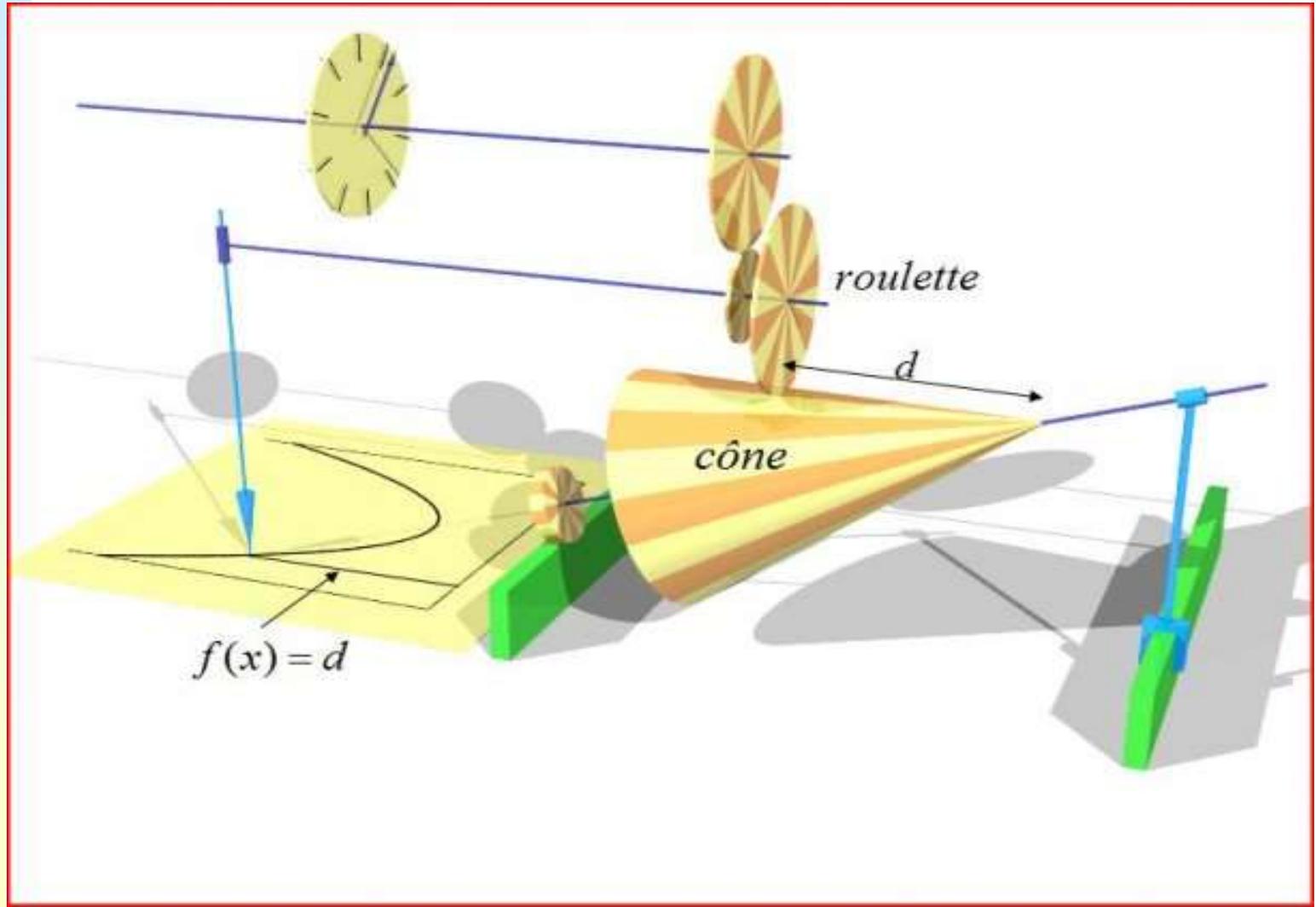


Планиметр линейный



Планиметр ортогональный

Третья идея – использовать конус.



Планиметр ортогональный

Третья идея – использовать конус.

Расстояние от вершины конуса до колесика $d = f(x)$, $x \in [a, b]$

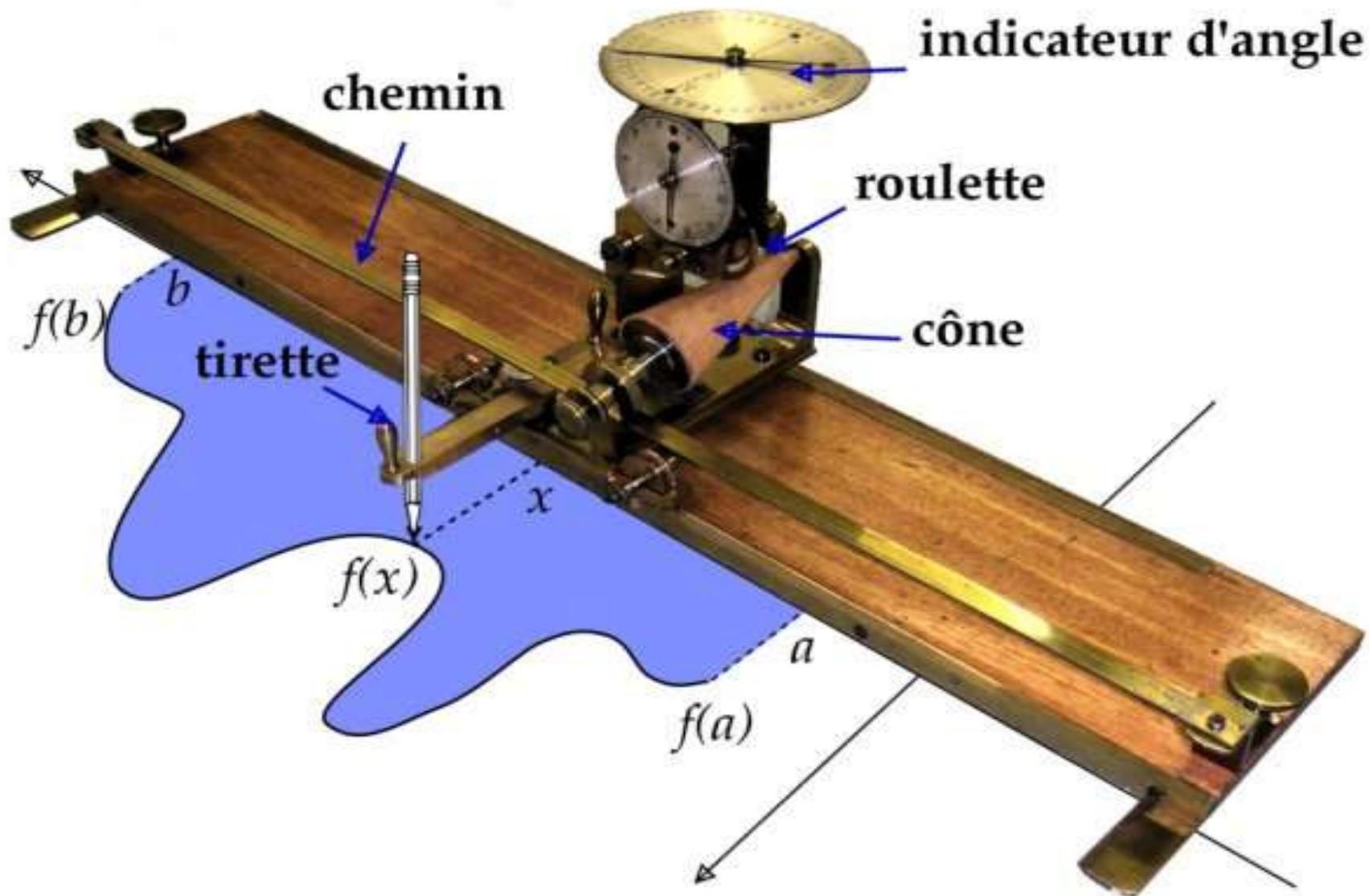
Движение по интервалу $[x, x + dx]$ поворачивает конус на угол пропорциональный dx , а колесико повернется на угол $f(x)dx$.

После обхода фигуры поворот колесика будет пропорциональным $\int_a^b f(x)dx$.

$$f(x) = 0.25 + 3(x - 0.5)^2, x \in [0,1]$$

$$\int_0^1 f(x)dx = 1/2.$$

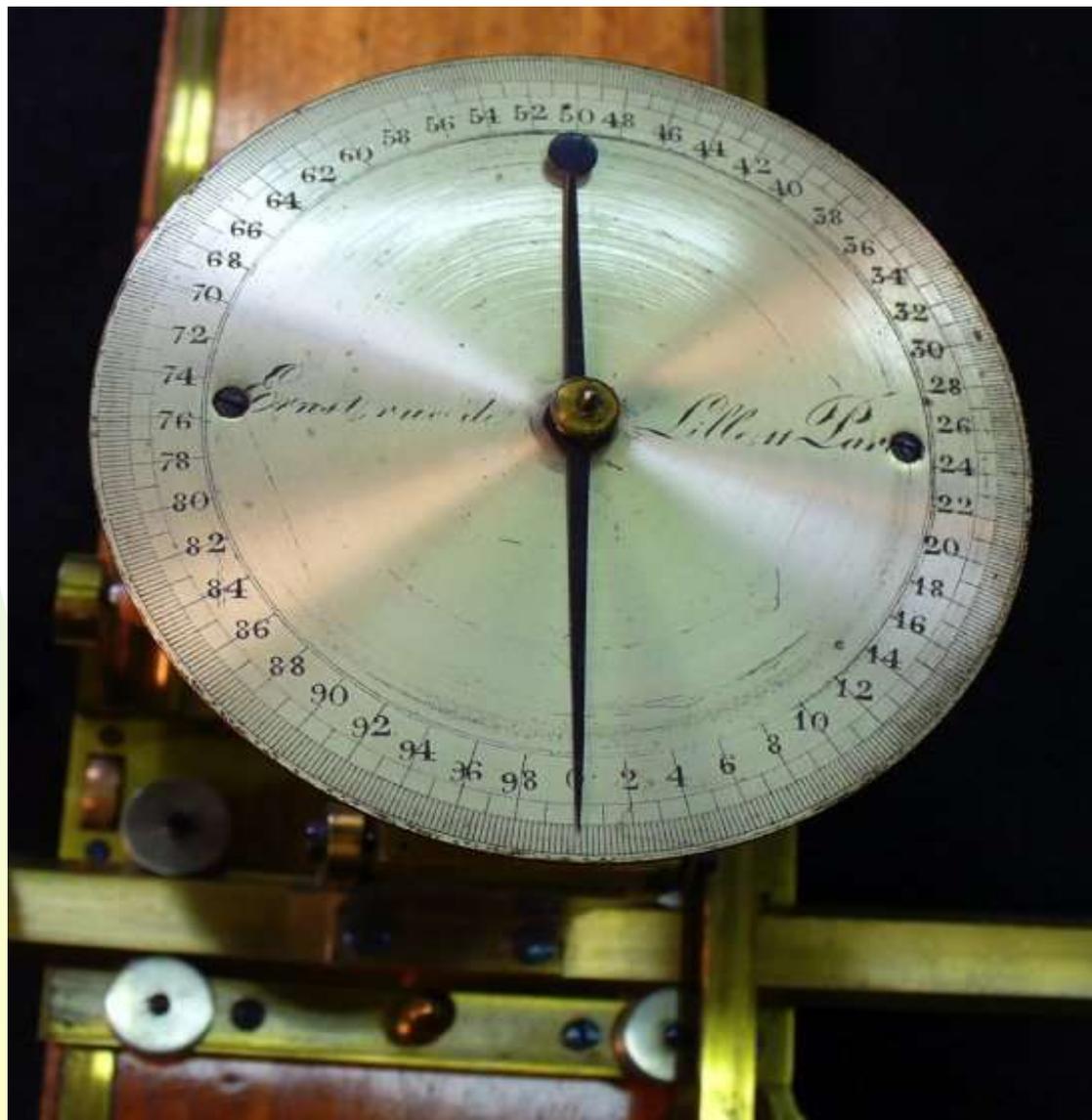
Планиметр ортогональный



Планиметр ортогональный

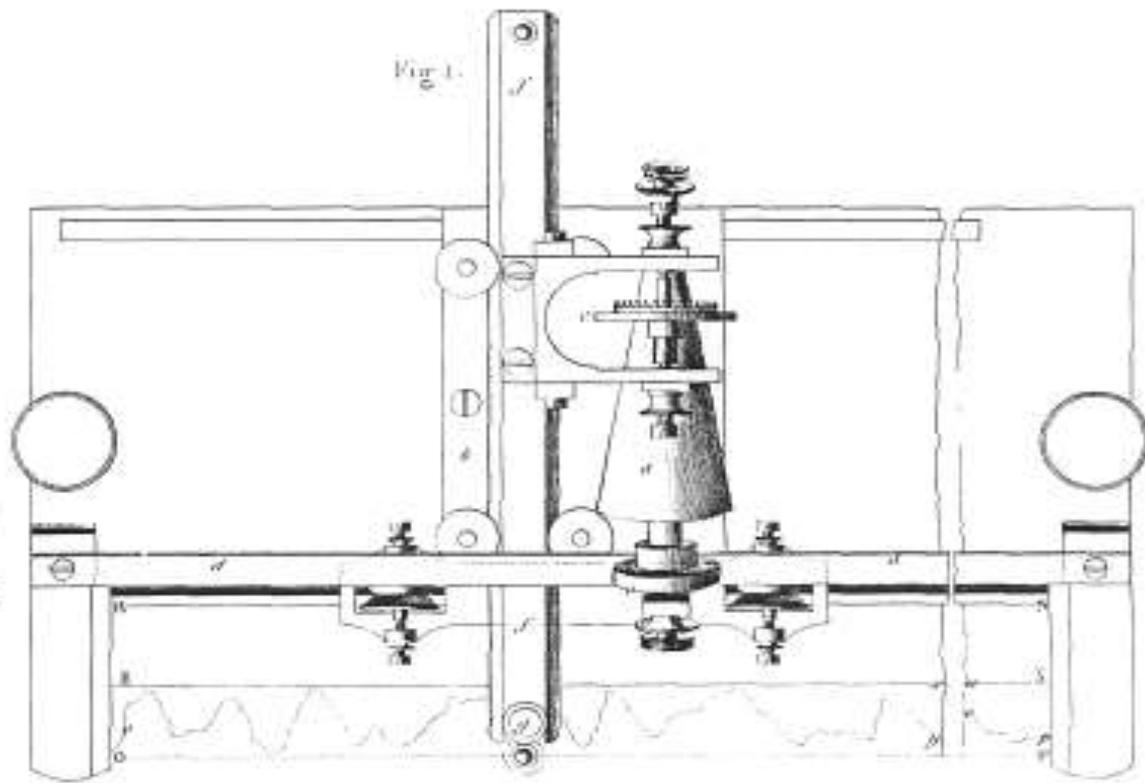
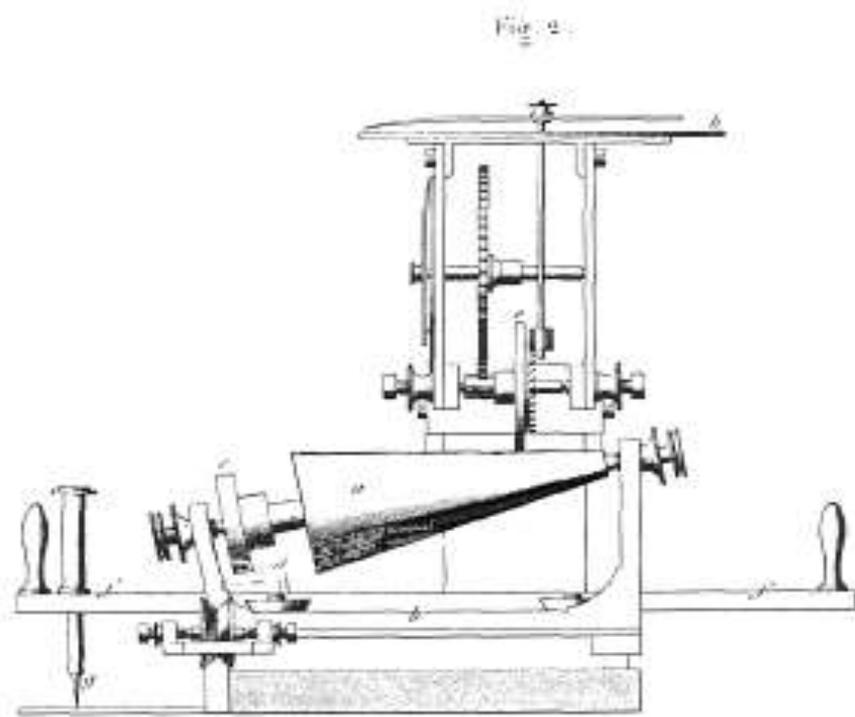
И
С
Т
О
Р
И
Я

И
Н
Ф
О
Р
М
А
Т
И
К
И



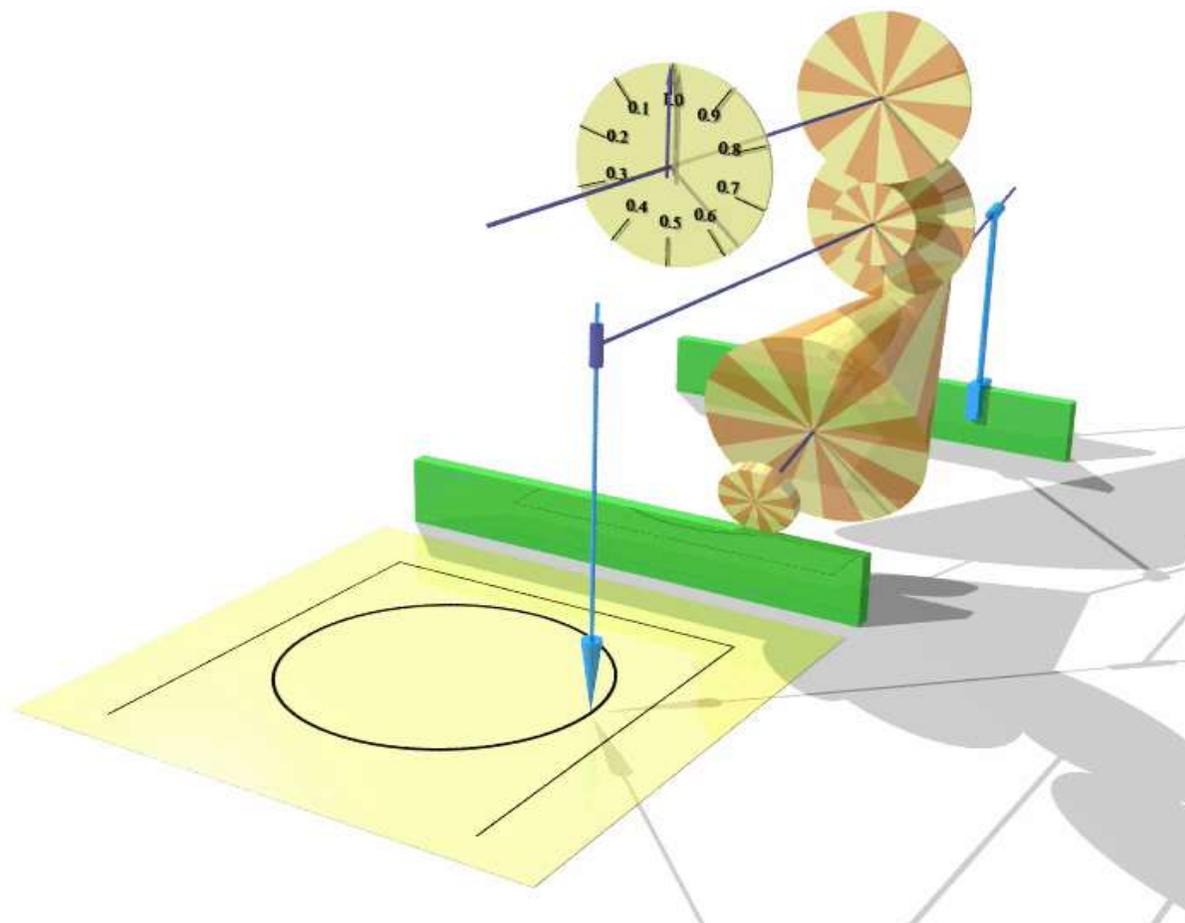
Планиметр ортогональный

И
С
Т
О
Р
И
Я



К
И

Планиметр ортогональный



Планиметр ортогональный

■ Линейные (ортогональные) планиметры были изобретены независимо друг от друга и почти одновременно разными людьми в первой трети XIX века.

■ Первым автором инструмента считают баварского инженера Иогана Германа (Johann Martin Herman), высказавшего идею его устройства в 1814 г. Независимо от этого инструмент был изобретен в 1824 г. флорентийским профессором Тито Гонелла (Tito Gonnella), а в 1827 г. - швейцарским инженером Иоханом Оппикофером (Johannes Oppikofer).

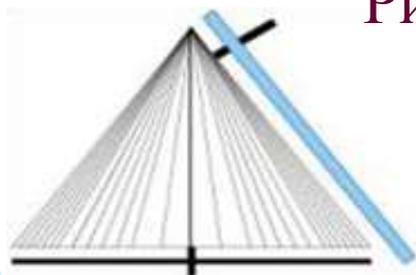
■ Изобретение планиметров Германа, Гоннеллы и Оппикофера остались почти незамеченными, несмотря на публикации Гоннеллы в 1825 году и 1841 году золотую медаль выставки 1851 года.

Планиметр Иогана Германа

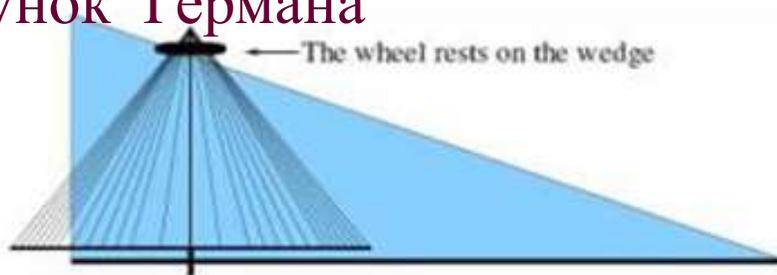
И
С
Т
О
Р
И
Я

И
Н
Ф
О
Р
М
А
Т
И
К
И

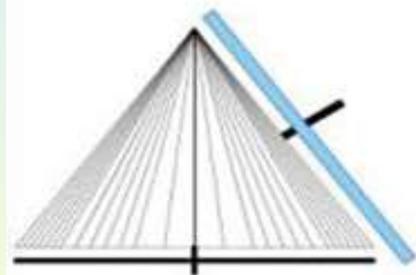
Рисунок Германа



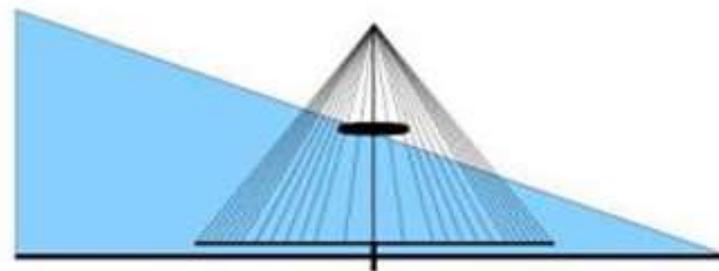
End View



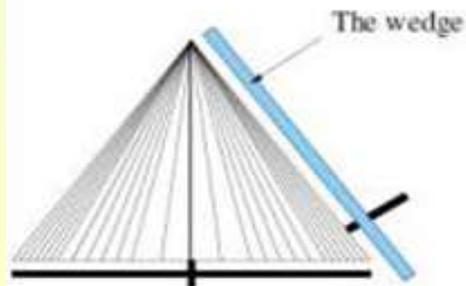
Side View



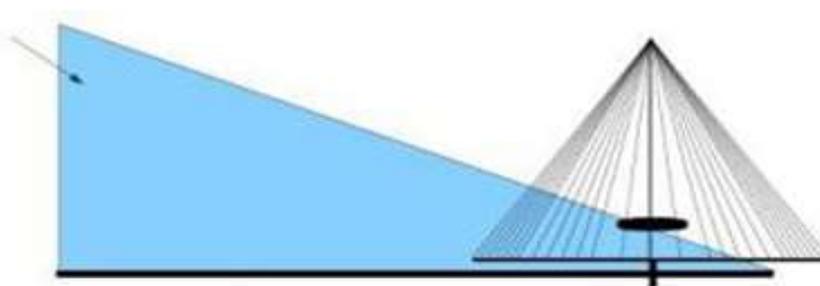
End View



Side View



End View



Side View

Планиметр Иогана Германа

- На схеме Германа показан конус (желтый треугольник), который вращается пропорционально перемещению указателя вала. Перо движется и конус перемещается вдоль дорожки (синий прямоугольник). Это тянет за руль клина (показаны синим цветом на обоих рисунках), из-за чего колеса для перемещения вверх и вниз по конусу. Так как конус и колесо образуют переменную передачу, скорость вращения колеса зависит как от скорости изменения колес и смещения колес вдоль дорожки.
- Так вычисляется площадь области.

Планиметр Тито Гоннеллы

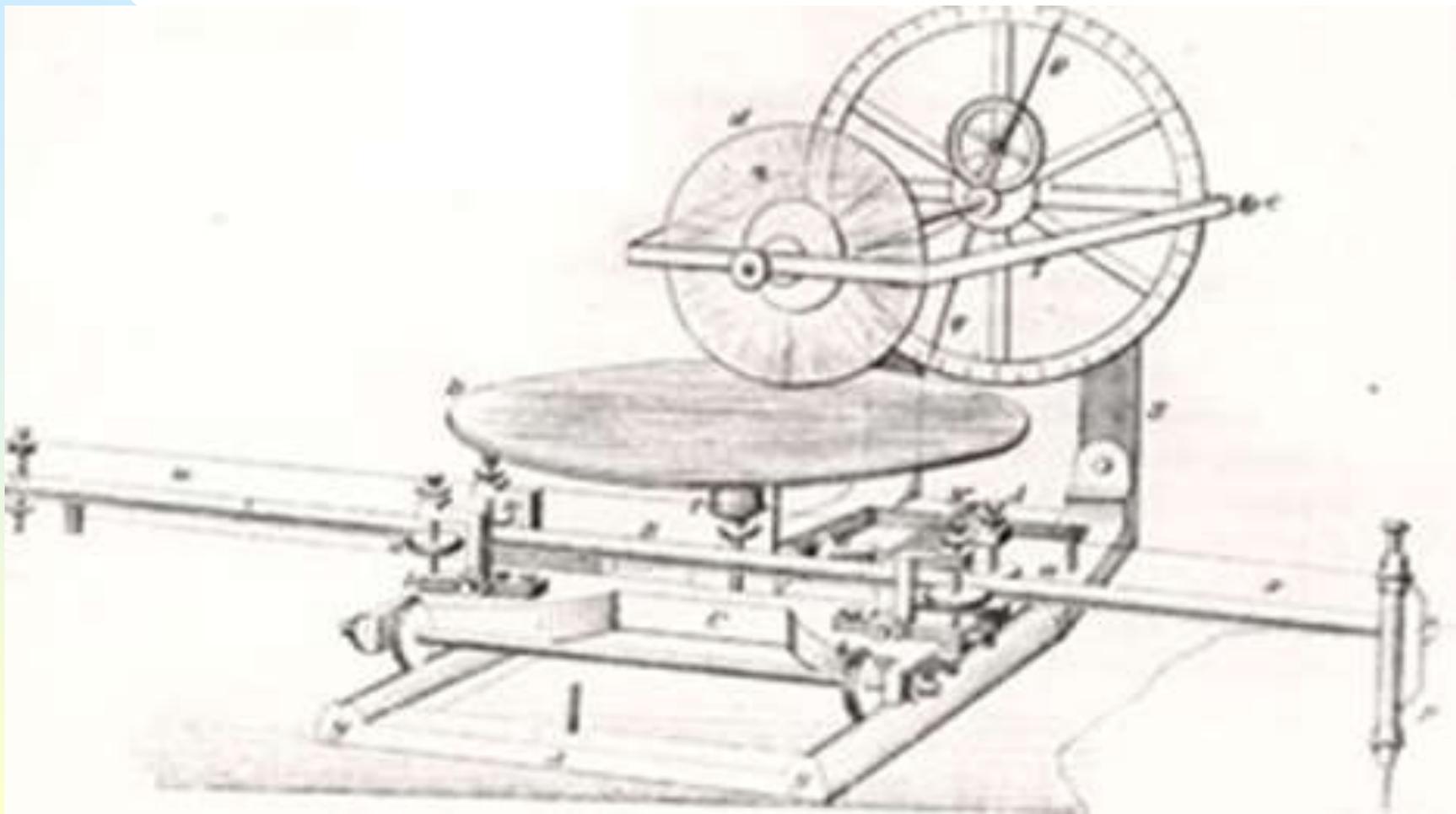
Итальянский ученый и изобретатель Гоннелла Тито (Tito Gonnella), профессор математики и механики в флорентийской *Accademia di Belle Arti*, в первую очередь известен как изобретатель (в 1824) одного из первых линейных планиметров в мире для измерения площади, фигуры ограниченной замкнутой кривой.

Улучшенная версия планиметра Гоннеллы была представлена в Лондоне на Международной выставке 1851 года, где получила высшую награду. Гоннелла известен также как изобретатель телескопа-рефлектора (1841 год) и механических калькуляторов (разработанные в 1850-х годах).



История информатики

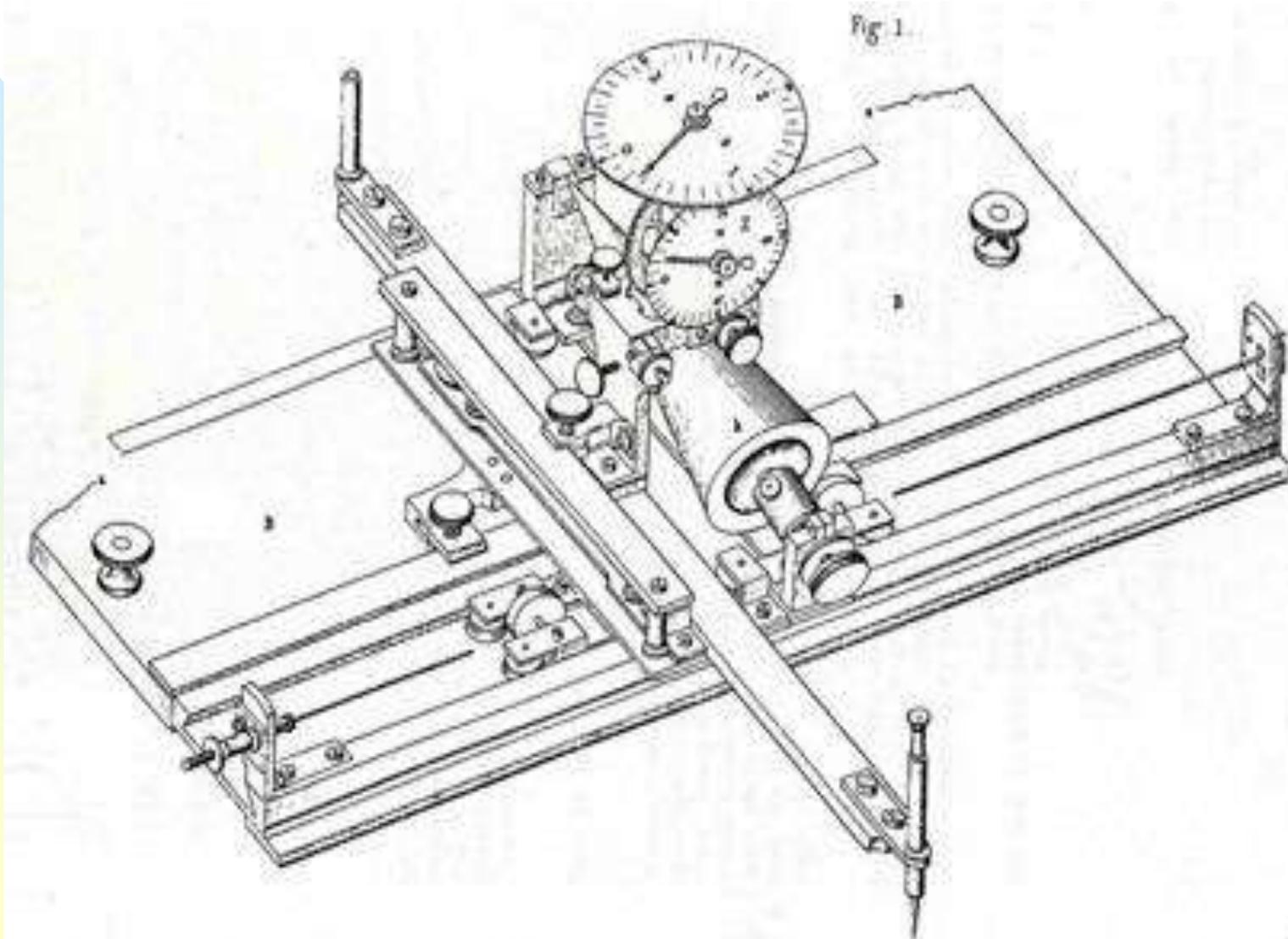
Планиметр Тито Гоннеллы



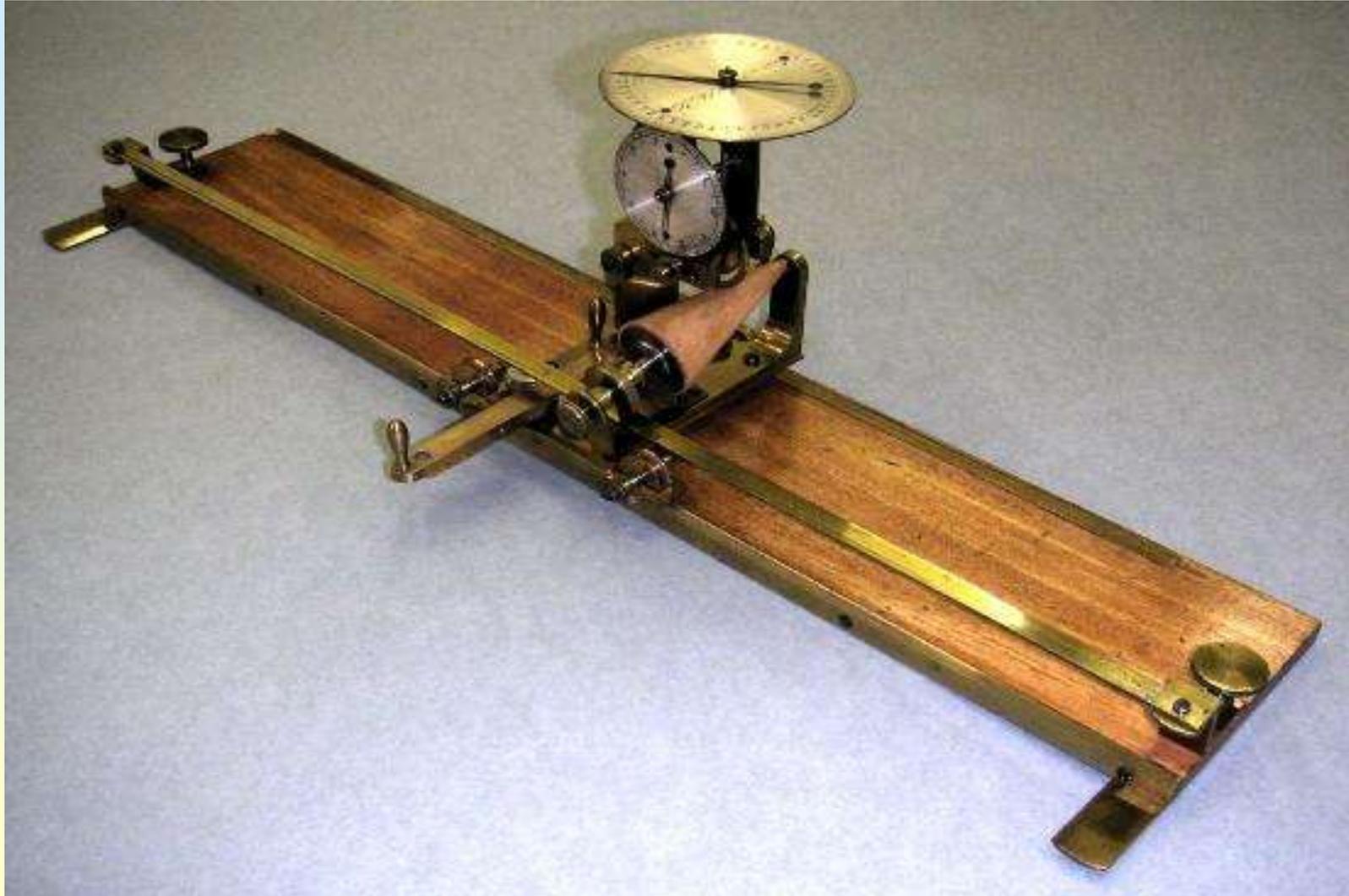
Планиметр Иоханна Оппикофера

- Изобретение Иоханна Оппикофера (1827 год) функционально повторяет прибор Гоннеллы, отличаясь только дизайном. Здесь в качестве переменной передачи используется конус (см. рис.).
- В 1849/50 годах швейцарский инженер Каспар Ветли (Wetli, 1822 - 1889) повторил изобретение планиметра.

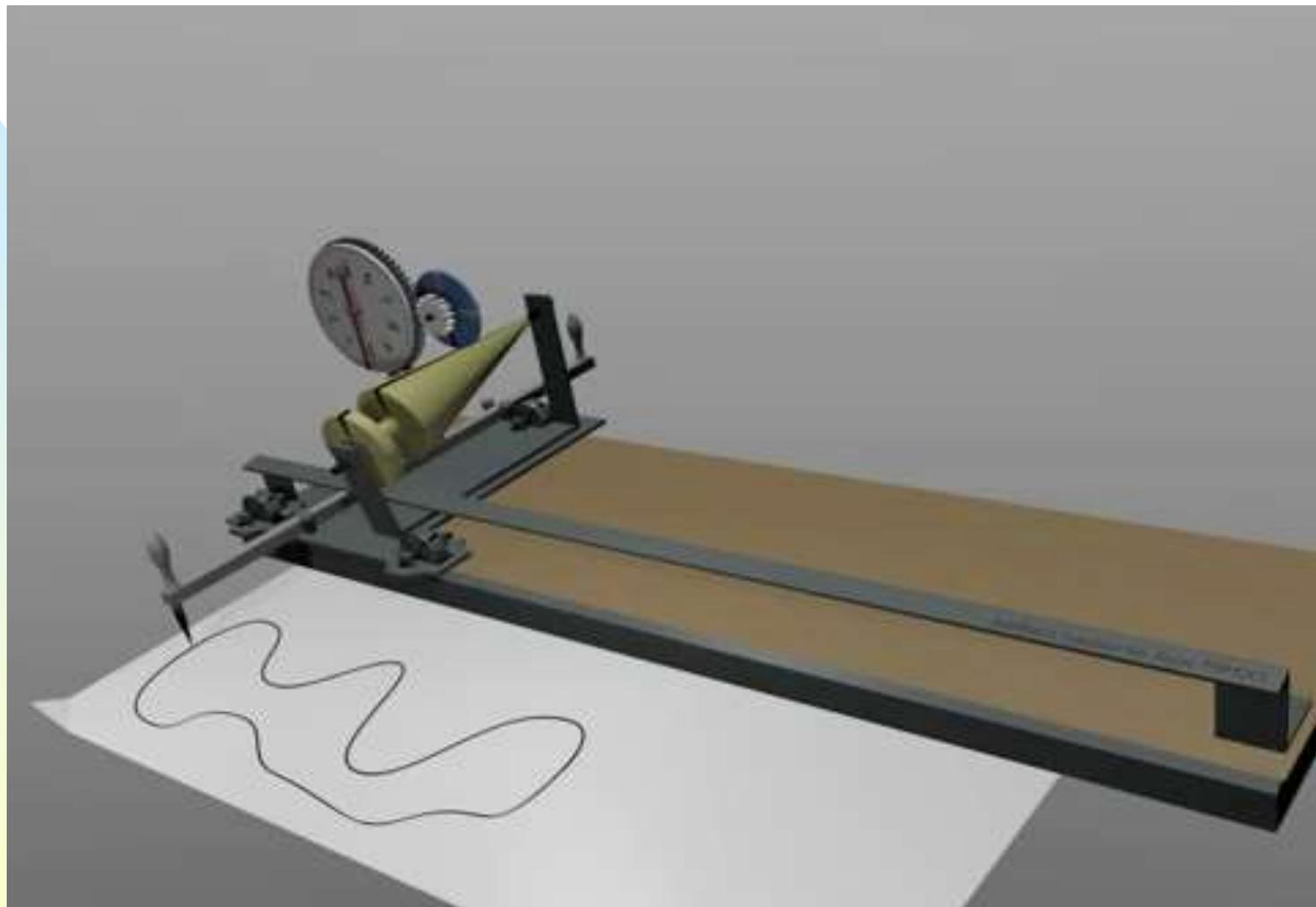
Планиметр Иоханна Оппикофера



Планиметр линейный



Планиметр линейный



Планиметр полярный (круговой)

Так же, почти одновременно и независимо друг от друга в разных странах, были изобретены и полярные планиметры. В одном и том же году, а именно в 1854 г., швейцарским ученым Якобом Амслером (Jacob Amsler, 1823 – 1912) был создан полярный планиметр, а нашим соотечественником Павлом Алексеевичем Зарубиным (1816 – 1886) - круговой планиметр.

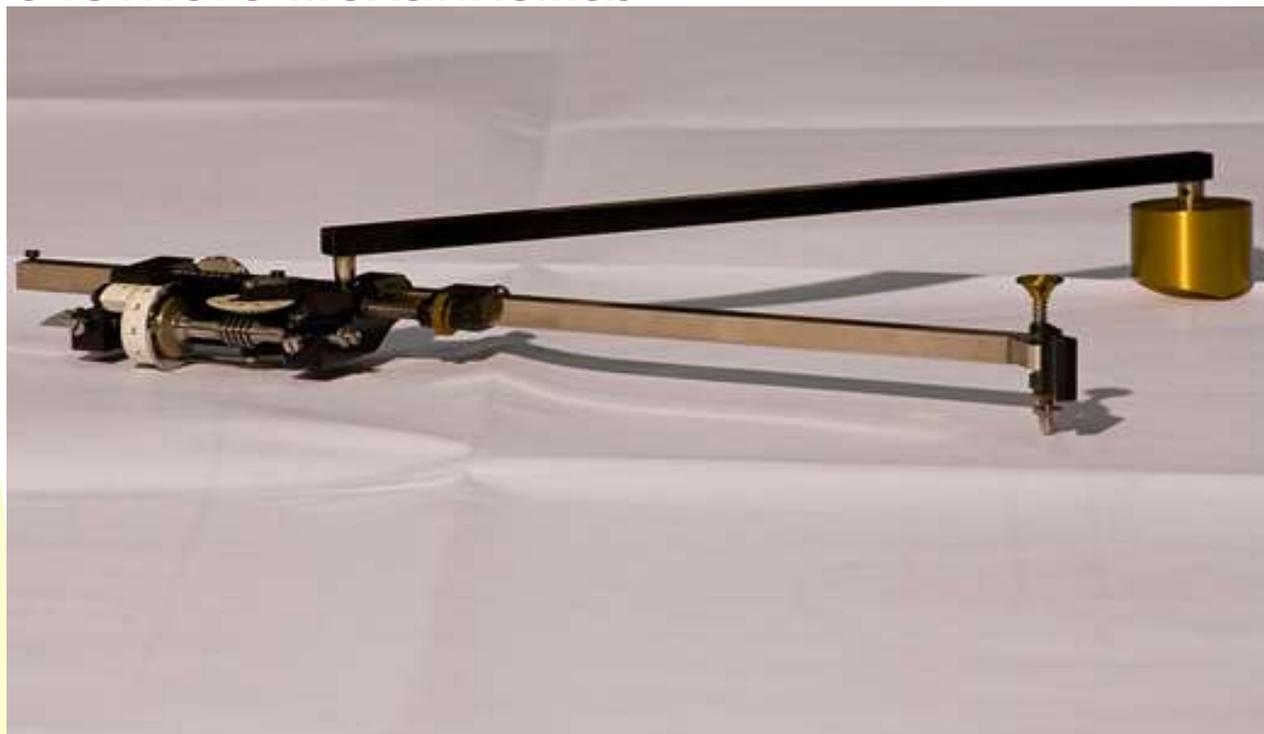


Планиметр полярный (круговой)

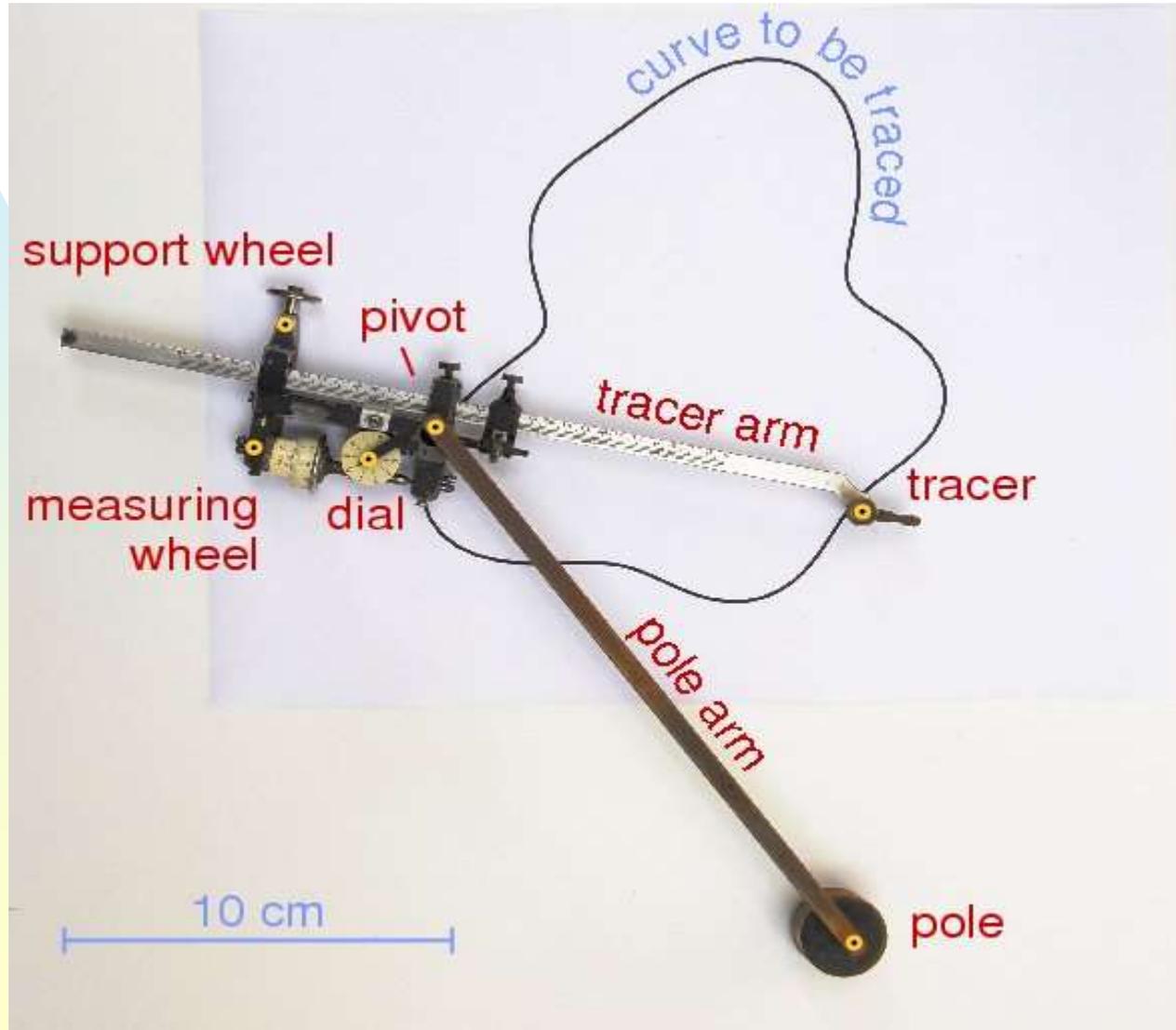
- Идея, заложенная в конструкцию этих приборов, состояла в замене ортогональной системы координат на полярную, что значительно упрощает конструкцию.
- Каждый планиметр состоит из двух рычагов, один из которых является обводным (выполняя функции обводимого отрезка на плане), на конце такого обводного рычага закреплен штифт (грифель) для контура фигуры, а другой рычаг движется по так называемой направляющей. В линейном планиметре это прямая, в полярном – окружность. Принцип действия и использование кругового планиметра Зарубина тот же, что и для полярного планиметра Амслера, но употребление проще и удобнее.

Планиметр полярный (круговой)

В массовое производство (даже и настоящее время) пошла лишь одна из возможных технических реализаций данного прибора — планиметр Амслера. Малая распространенность кругового планиметра обуславливается хрупкостью и сложностью его счетного механизма.



Планиметр полярный (круговой)



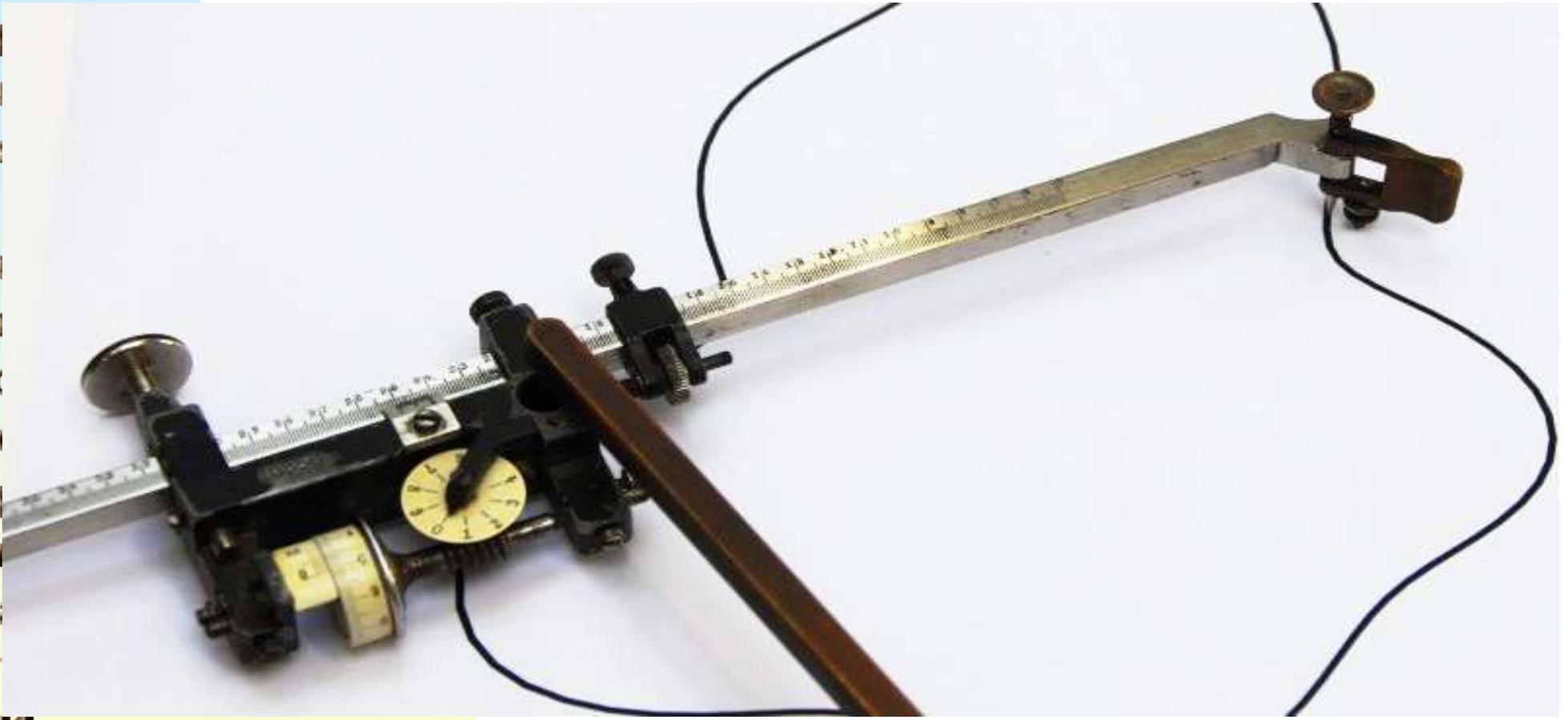
Планиметр полярный (круговой)

В полярных координатах: площадь, ограниченная графиком функции $g(\varphi)$ и лучами $\varphi = \varphi_1$, $\varphi = \varphi_2$, $\varphi_1 < \varphi_2$ вычисляется по формуле:

$$S = 1/2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} g^2(\varphi) d\varphi$$

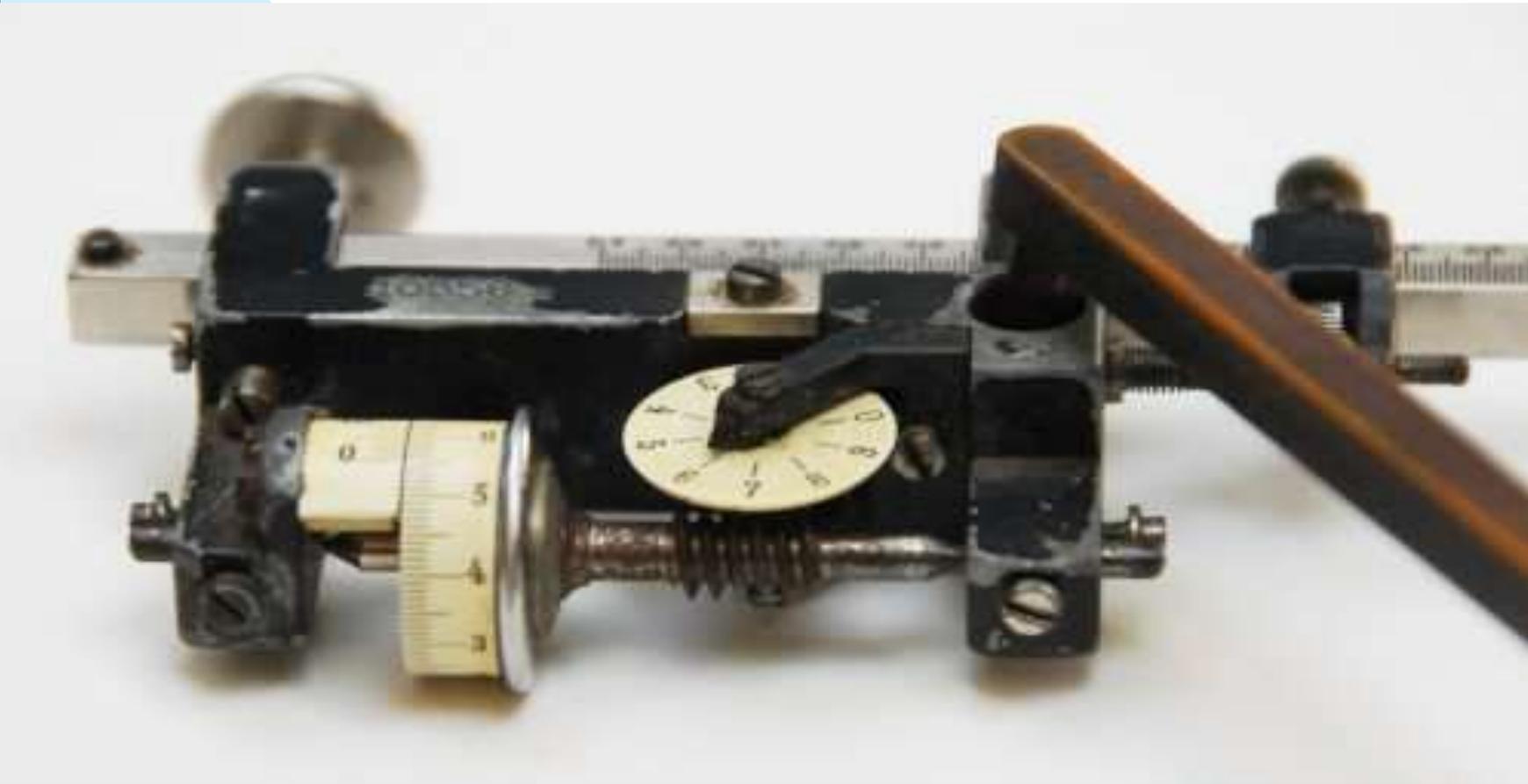
И
С
Т
О

Планиметр полярный (круговой)



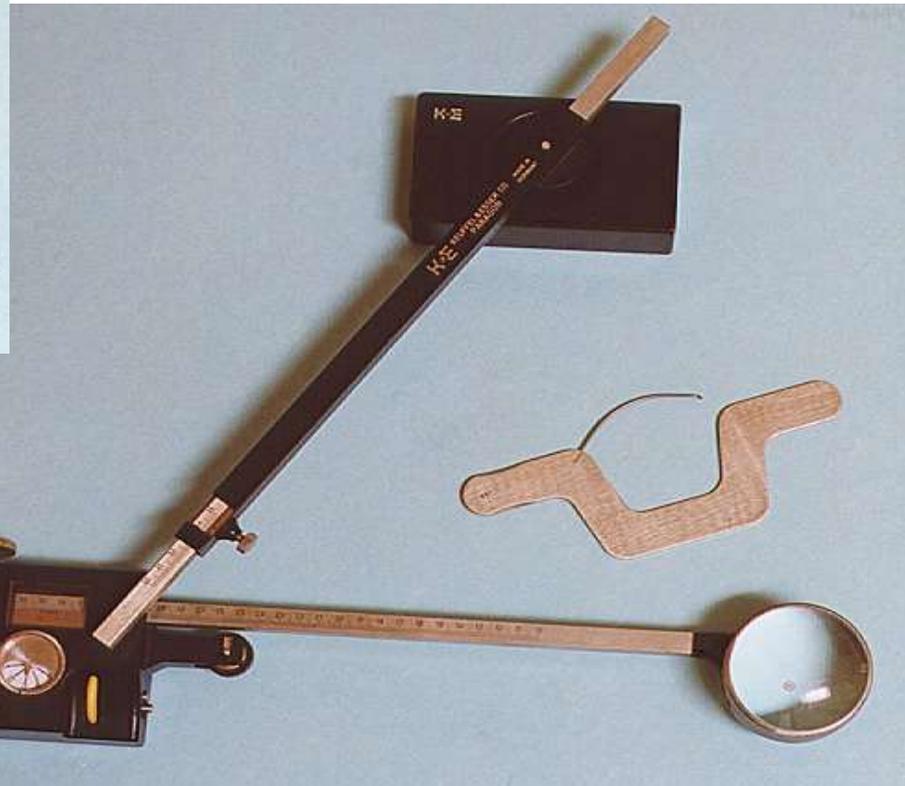
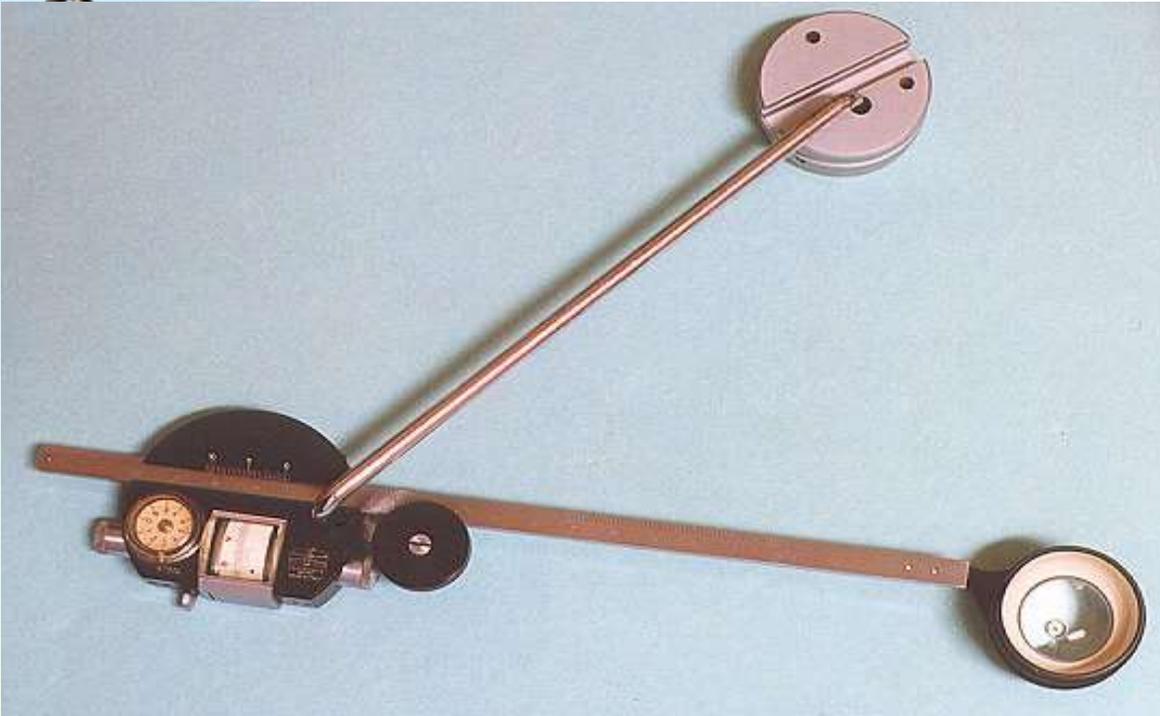
И
К
И

Планиметр полярный (круговой)



И
С
Т

Планиметр полярный (круговой)



М
а
т
и
к
и

Планиметры фирмы НР,
2000 года выпуска

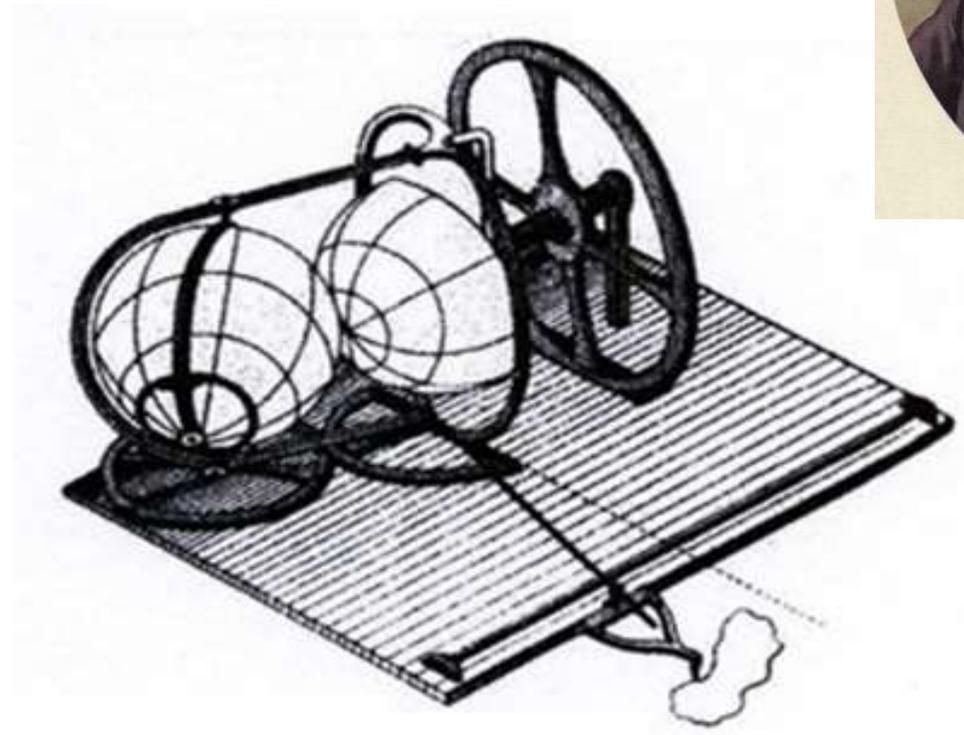
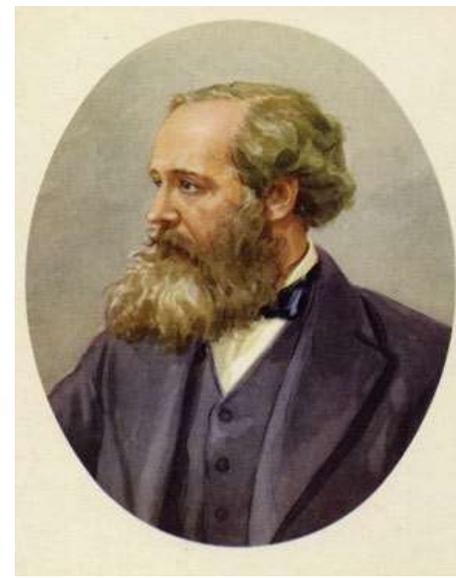
Планиметр Джеймс Клерк Максвелл

Знаменитый английский физик Джеймс Клерк Мэксвелл (*James Clerk Maxwell*, 1831 – 1879) в 1851 году на Выставке в Лондоне увидел линейный планиметр и сразу, как он пишет, задумался над его улучшением. Анализируя технические трудности передач двойного скольжения и вращения колеса и конуса, он обнаружил, сильные ограничения, налагаемые трением, которые сказываются на точности прибора.

Он приступил к разработке планиметра, в котором использовал только качение, а не сочетание качения и скольжения. Он находит способ идеальной прокатки, основанного на взаимном качении двух сфер с диаметром в соотношении $1/2$, или, что из конуса и цилиндра перпендикулярных осей.

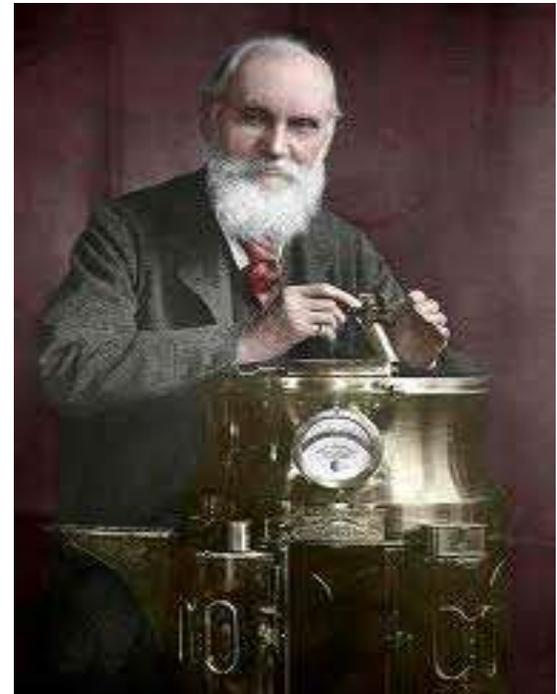
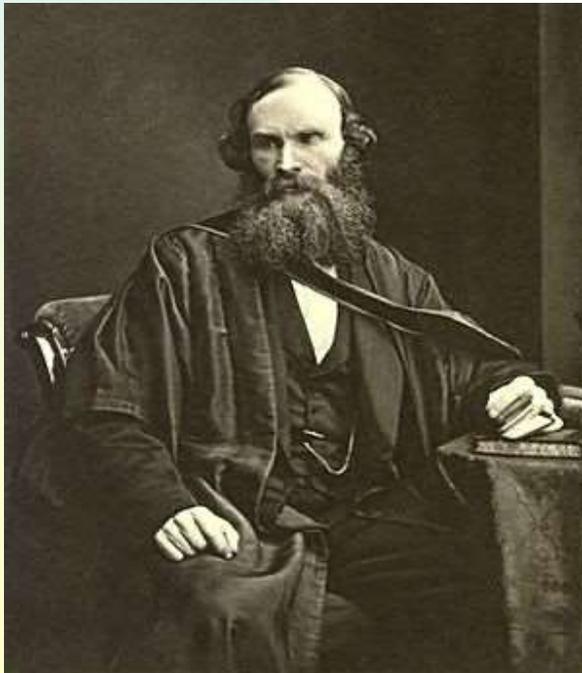
Вместо переменной передачи со скольжением конусов и колес, как делали другие изобретатели, прибор Максвелла использовал качение сферы.

Планиметр Джеймс Клерк Максвелл

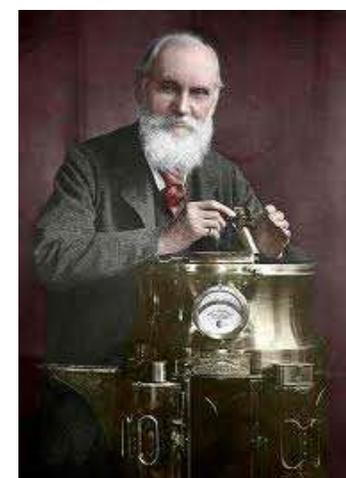


Интегратор

Джеймс Томсон (1822-1892) и его брат Уильям Томсон (1824-1907), впоследствии лорд Кельвин, следуя Максвеллу, создали в 1876 году универсальный интегратор на основе системы диск-сфера-цилиндр.



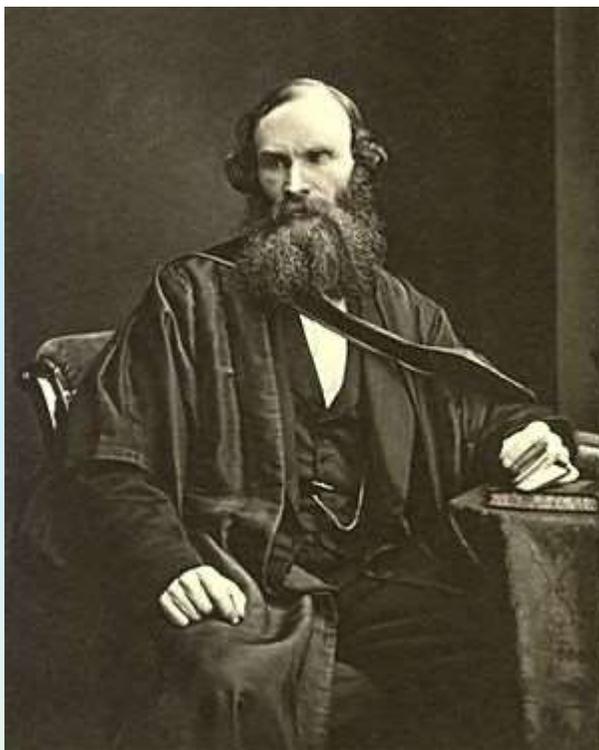
Наука - информатика



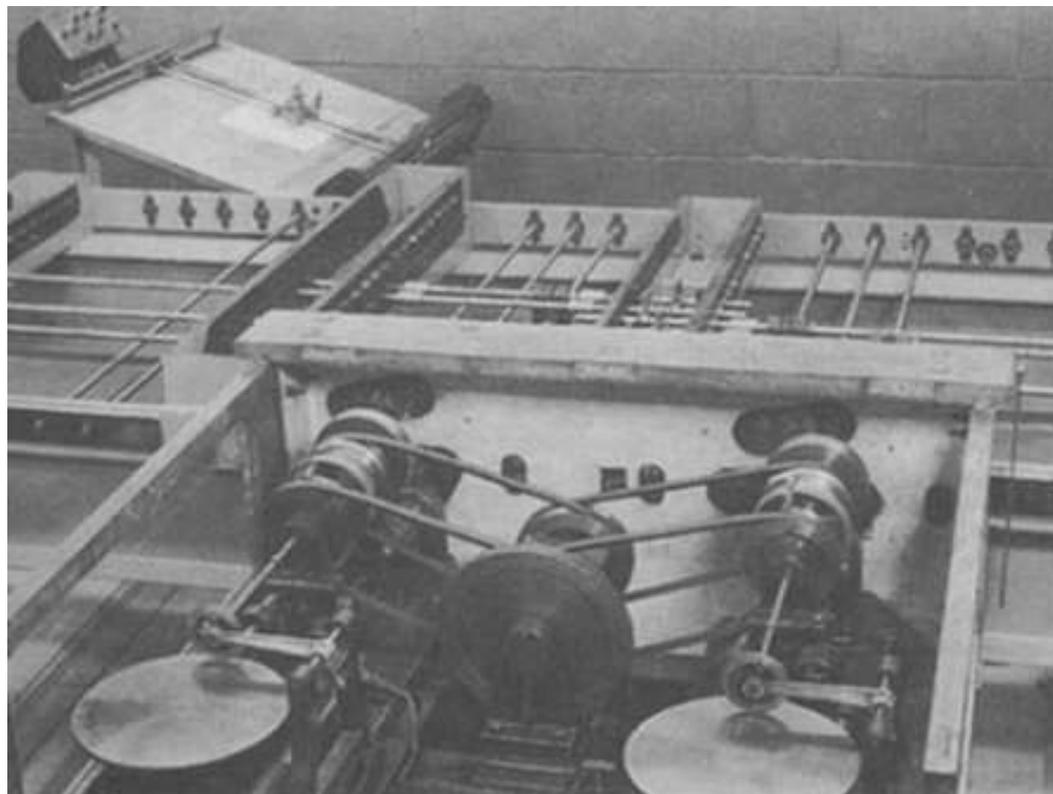
"В физической науке при изучении любого объекта первый и наиболее существенный шаг состоит в том, что бы найти принципы численной оценки и практические методы измерения некоторого качества, присущего этому объекту.

Я часто говорю, что когда вы можете измерить то, о чем вы говорите, и выразить это в числах, вы уже знаете кое-что об этом, но когда вы не можете измерить это, когда вы не можете выразить это в числах, ваше знание недостаточно и неудовлетворительно: оно может быть началом знания, но вы лишь слегка, мысленно продвинулись к научному пониманию вопроса, о чем бы не шла речь".

1883 г. Уильям Томсон, лорд Кельвин.



Аналоговые машины



1876 год - Интегратор Джеймса Томсона

Интегратор Джеймса

Прибор Томсона представляет собой фрикционную передачу с передаточным числом, могущем плавно изменяться. Вращение диска передается цилиндру посредством шара, прижимающегося собственным весом к диску и цилиндру одновременно. Скорость вращения цилиндра при постоянной скорости вращения диска будет пропорциональна расстоянию центра шара от диска.

Если сделать это расстояние пропорциональным значению подынтегральной функции y в данный момент, а угол поворота диска - пропорциональным значению независимой переменной x , то угол поворота цилиндра будет пропорционален интегралу от заданной функции.



Интегратор

В интеграторе Джеймса 1876 года, состоящим из механических дисков, сферы и цилиндра, диск, наклонен на 45° по отношению к горизонтальной плоскости и вращается вокруг оси, перпендикулярной к его плоскости. По горизонтальной оси цилиндр может двигаться параллельно плоскости диска. Движение диска, таким образом, передается в цилиндр через сферу.

Интегратор

Вращение диска передается цилиндру посредством сферы, прижимаемой к диску и цилиндру одновременно. Скорость вращения цилиндра при постоянной скорости вращения диска будет пропорциональна расстоянию от центра сферы до оси диска. Если это расстояние пропорционально значению подынтегральной функции

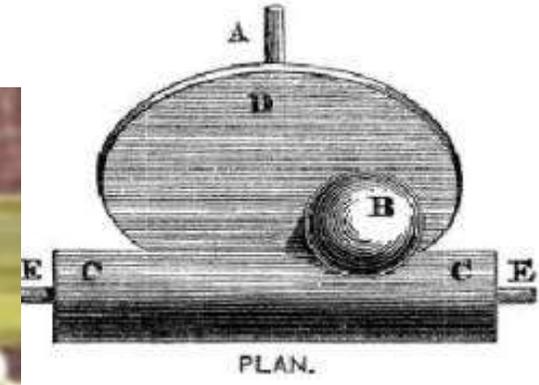
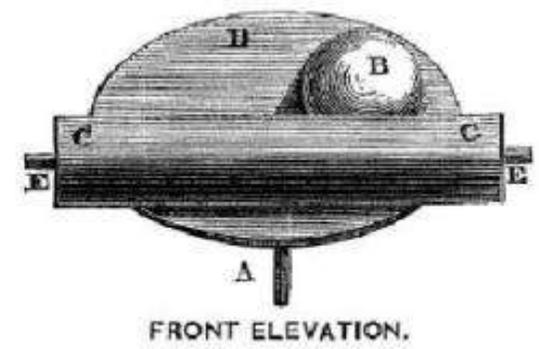
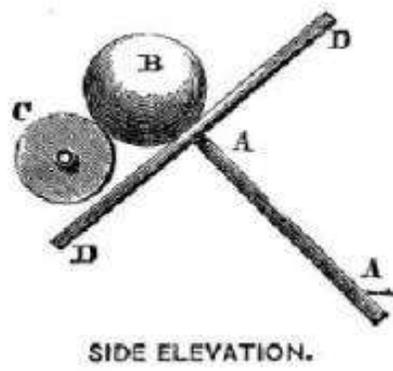
$$y = f(x),$$

а угол поворота диска пропорциональным значению независимой переменной dx , так угол поворота цилиндра будет пропорционален

$$\int f(x)dx.$$

И
С
Т
О
Р
И
Я
М
А
Т
Е
М
А
Т
И
К
И

Интегратор



Интегратор

- С 1867 по 1876 год, Уильям Томсон входил в комитет *Британской ассоциации содействия развитию науки*.
- Эта организация содействовала развитию гармонического анализа приливных движений по наблюдениям, которые регистрировались мареографами на южном побережье Англии, у берегов Франции, а также в Рамсгейте, Ливерпуле, Бомбее и в Форт-Пойнт, штат Калифорния.
- Джеймс и Уильям приняли решение создать анализатор гармоник.

Интегратор

Томсон адаптирует свой интегратор для вычисления интеграла от произведения двух функций

$$\int f(x)g(x)dx,$$

что необходимо для гармонического анализа – расчет Фурье-компонент. Для вычисления этого интеграла с помощью интегратора угол поворота диска должен быть равен

$$\int g(x)dx,$$

а смещение сферы относительно центра диска равным $f(x)$.

Интегратор

Уильям Томсон соединяет интеграторы последовательно так, что каждый из них вычисляет конкретную гармонику по записанным данным о движении приливов и отливов.

Интегратор, таким образом, избегая «тяжелых арифметических вычислений», производит подсчет интегралов, необходимых для анализа функций на гармонические составляющие, реализуя «метод Фурье».

Интегратор

Первый гармонический анализатор, не смотря на то, что он не достаточно точно прогнозировал приливы и отливы, сразу же был введен в эксплуатацию в Метеорологическое бюро, где Джеймс предложил его использовать для указания суточных колебаний температуры и атмосферного давления и компоненты скорости ветра, магнитных сил и электрического потенциала воздуха.

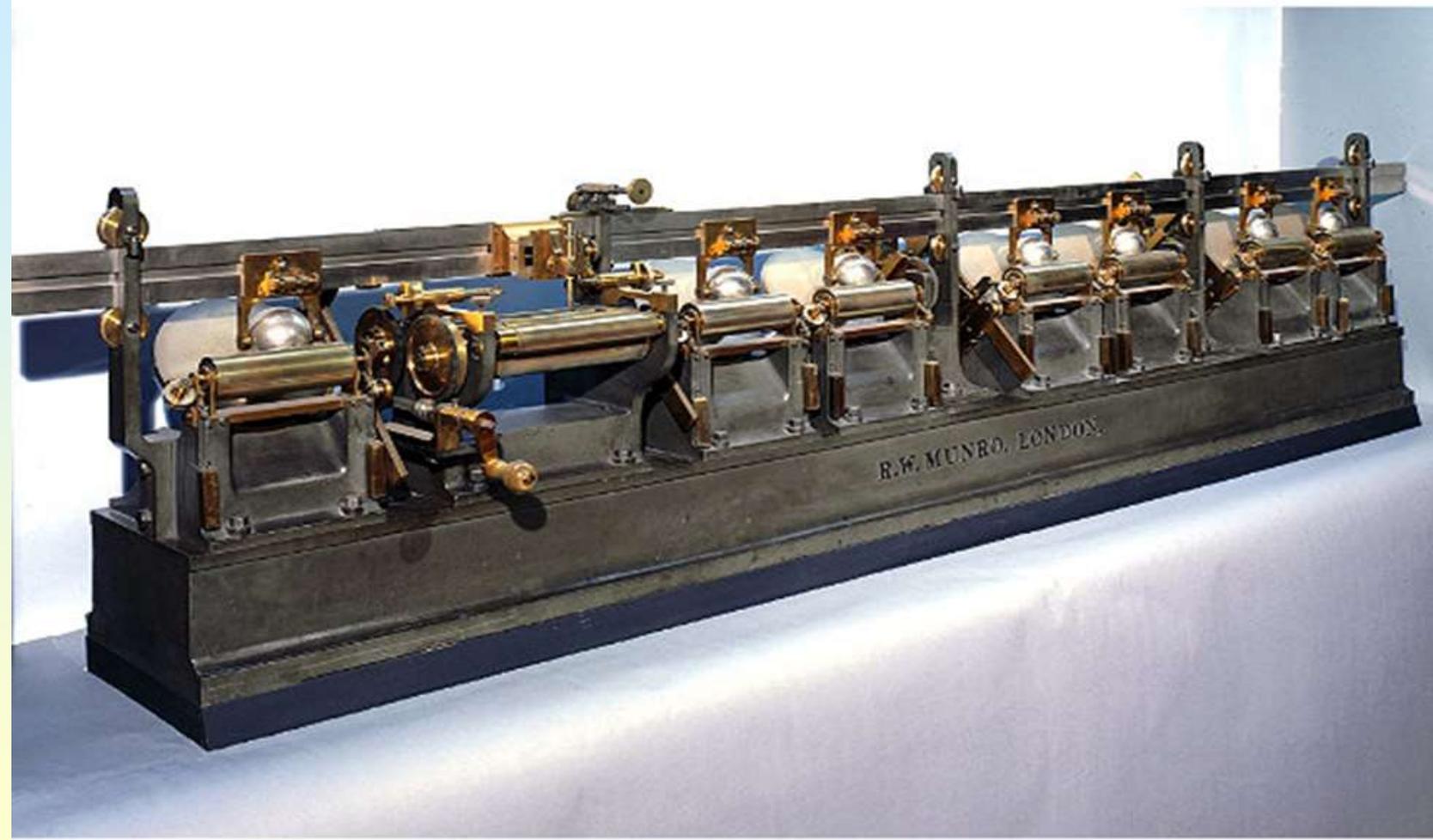
И
С
Т
О
Р
И
Я

И
Н
Ф
О
Р
М
А
Т
И
К
И

Интегратор нейрокомпьютер



Интегратор гармонический анализатор



Интегратор

Томсон показал принципиальную возможность автоматического решения дифференциальных уравнений путем соединения нескольких интеграторов, однако его идеи не нашли дальнейшего применения и долгое время (до 1904 года, А.Н. Крылов) не делалось попыток построения приборов для интегрирования дифференциальных уравнений.

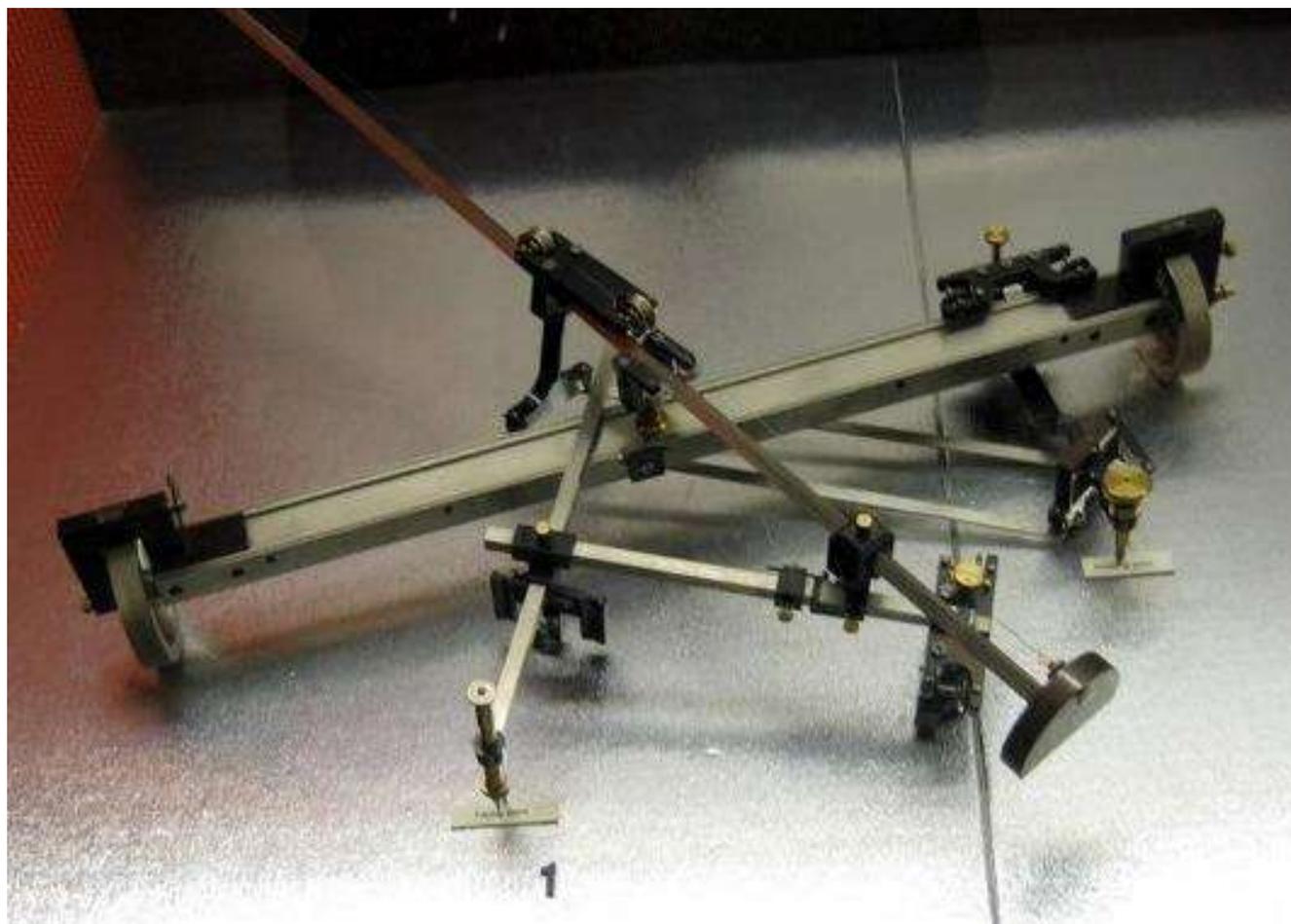
Интеграф

Другой подход к построению прибора, вычисляющего площадь фигуры ограниченной функцией $f(x)$ предложил польский (русский) ученый Бруно Абданк-Абаканович (1851-1900). Он изобрел в 1876 году механизм, названный им «Интеграфом» (intégraphe), основанный на использовании переменного шага винта. Прибор моделирует свойство интеграла от функции – в каждой точке интегральной кривой, наклон касательной равен значению исходной функции.



Интеграф

Он сделал несколько прототипов, и начал их производство во Франции в 1880 году.



Интеграф

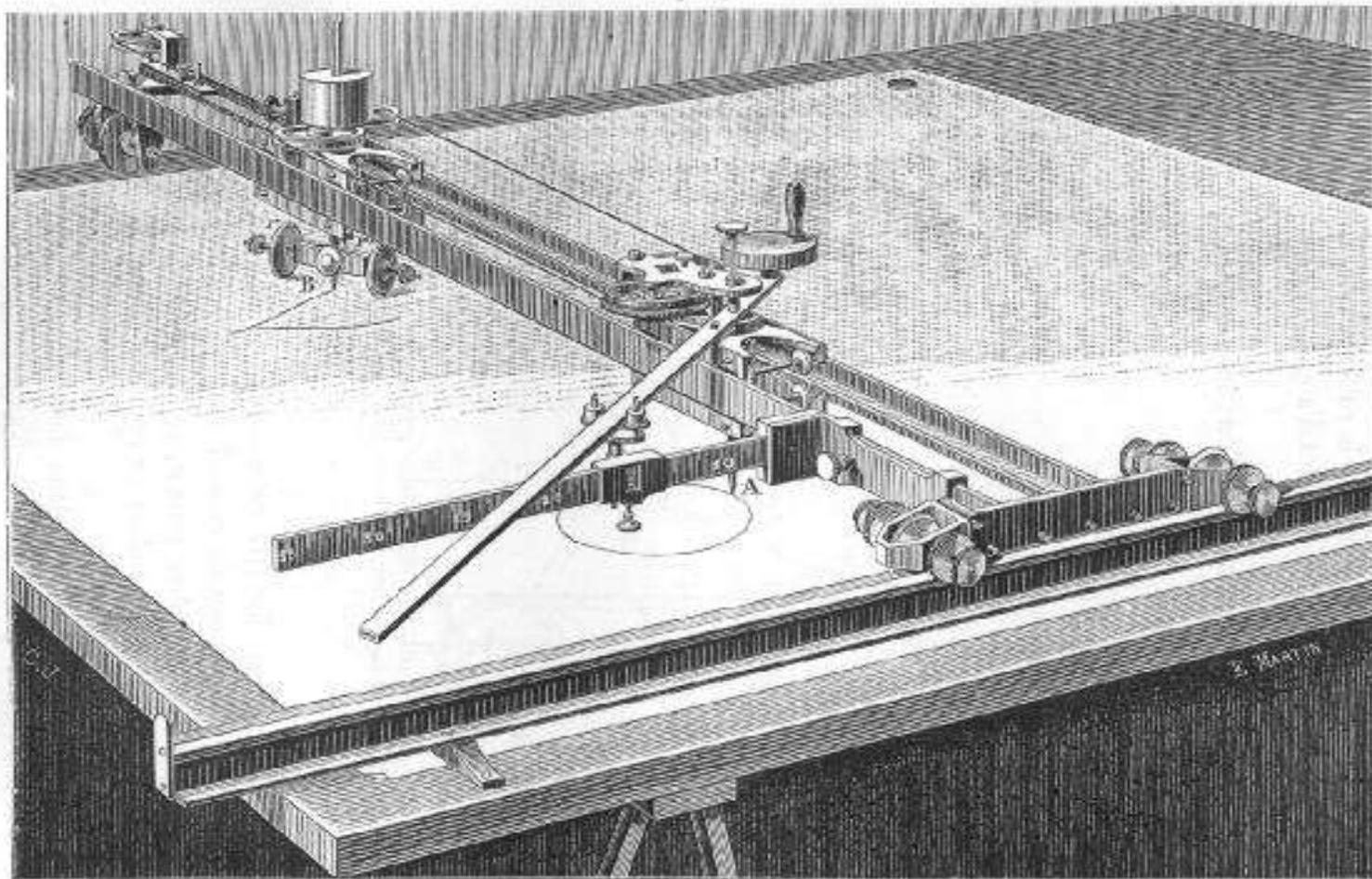
Интеграф состоит из нескольких линеек, соединенных между собой шарнирами идвигающихся на металлической раме, которая катится по бумаге на четырех цилиндрических колесах. К рычагам приделаны два штифта: один водится по начерченной на бумаге кривой (построенной по точкам), выражаемой вообще уравнением

$$y = f(x).$$

Другой штифт, снабженный карандашом, вычерчивает интеграл этой функции, так что ординаты кривой, полученной Интеграфом, дают величины

$$y = \int f(x) dx.$$

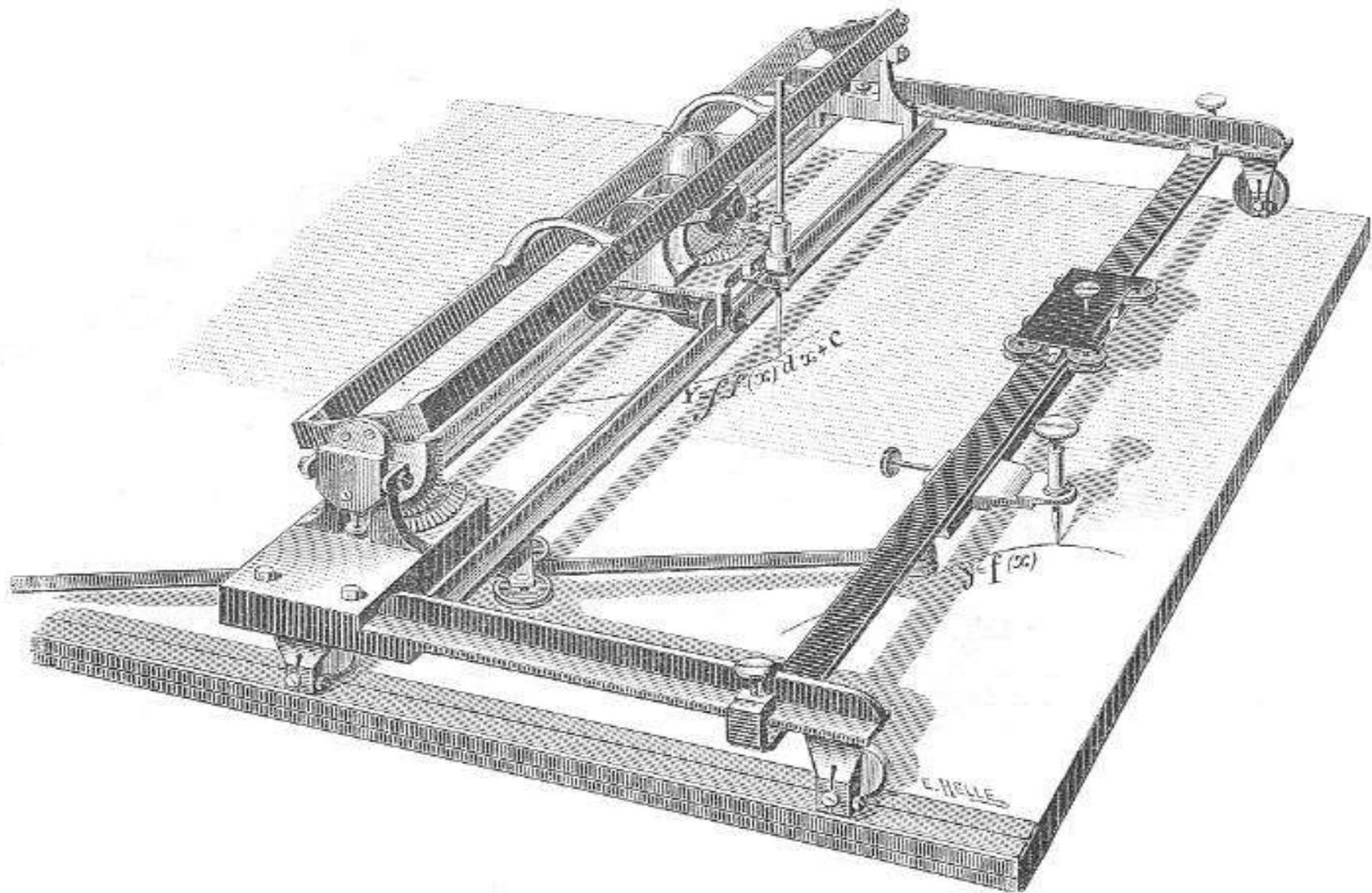
Интеграф с нитевой передачей



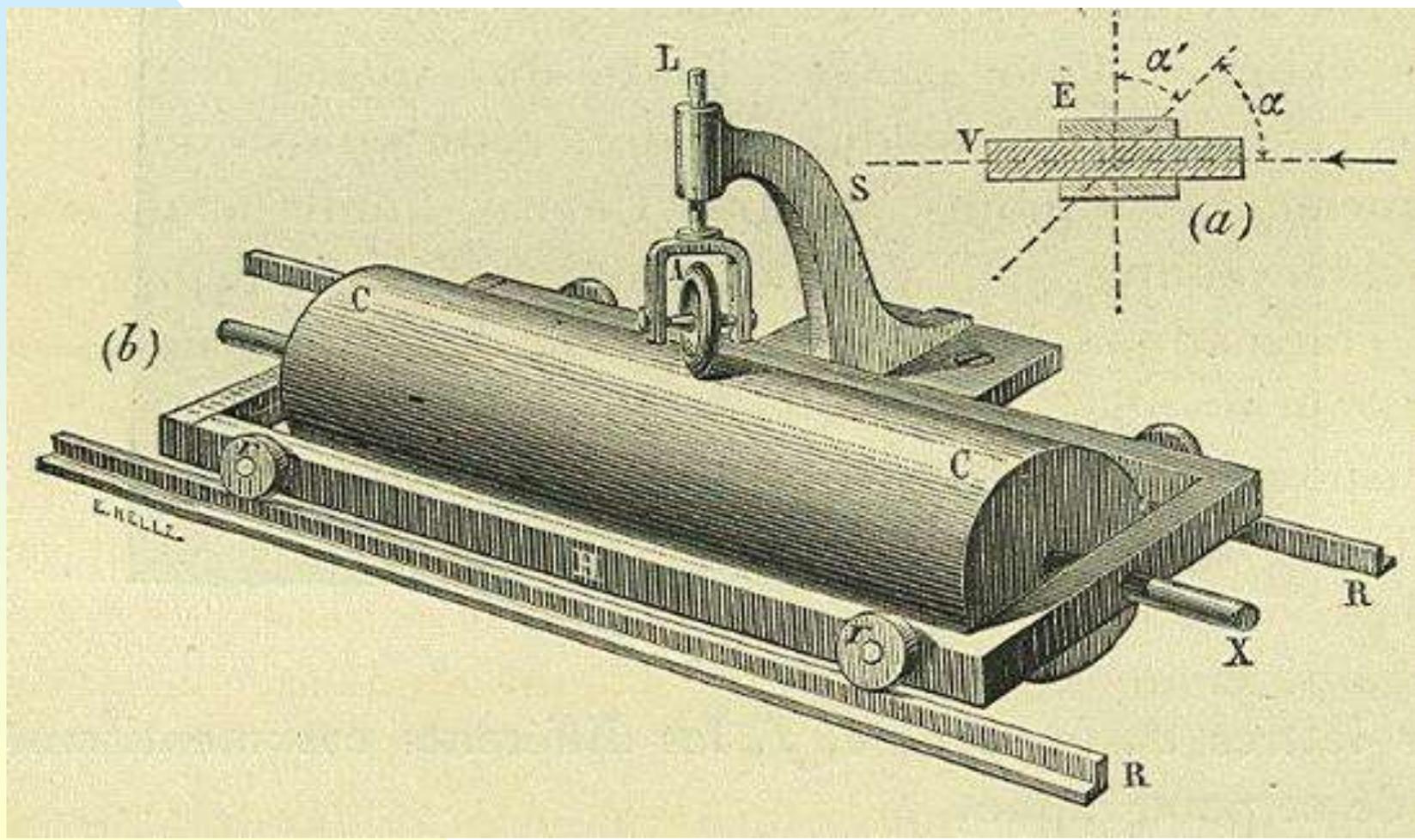
Интеграф с нитевой передачей



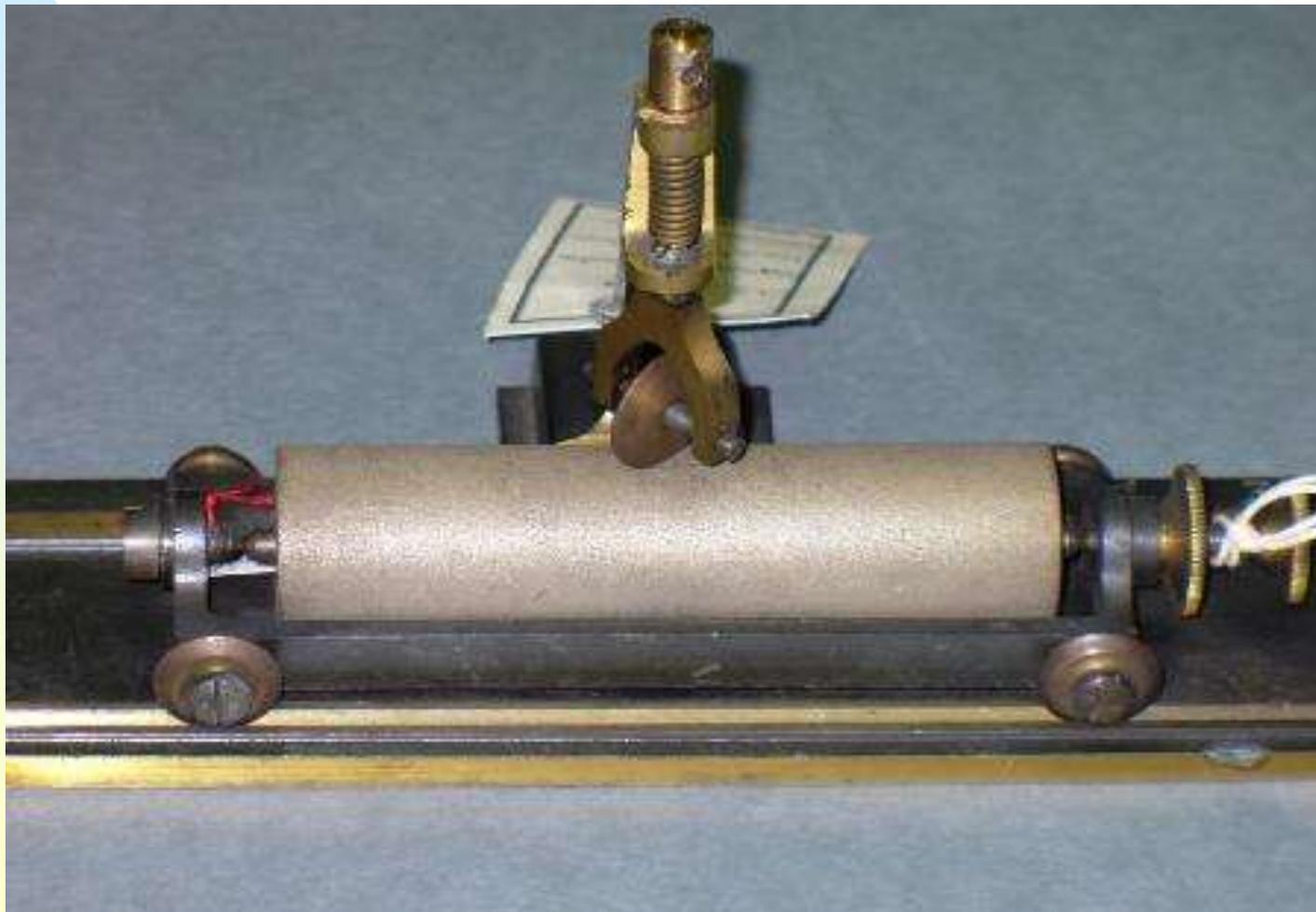
Интеграф линейный



Интеграф непрерывный

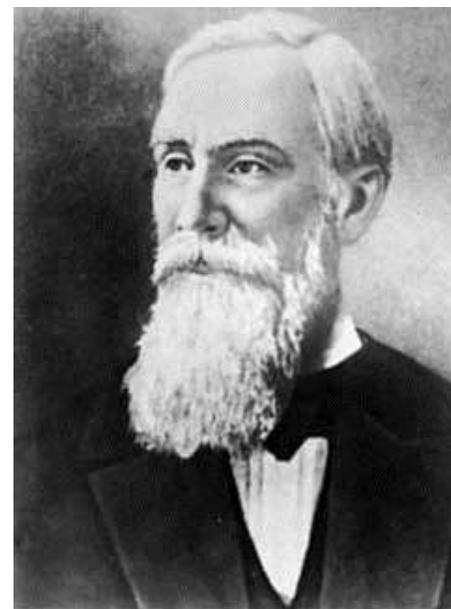
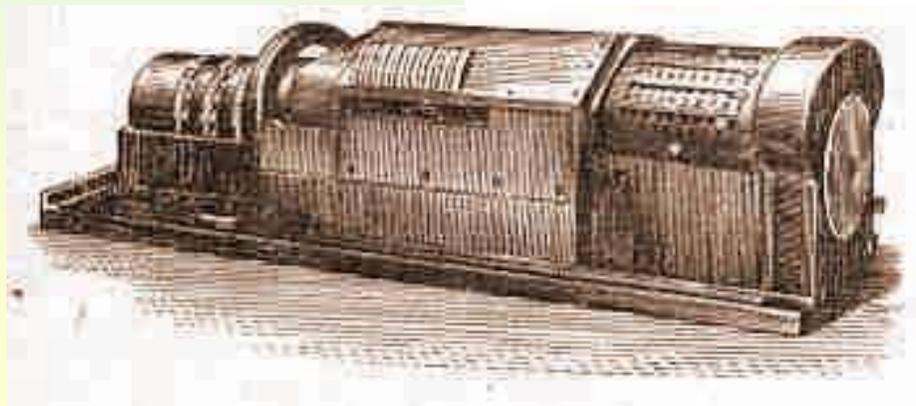


Интеграф непрерывный



Вычисления значений полиномов

П. Л. Чебышевым были исследованы механизмы счетных машин. Он решил, что наиболее сложные и ненадежные решения возникают при дискретном переносе между разрядами и предложил эпициклический механизм с плавным переносом, который впоследствии был использован американской фирмой «Мерчент» в серийных вычислительных машинах, выпускавшихся до 50-х годов XX столетия.



Аналоговая машина

- Первая механическая вычислительная машина для решения дифференциальных уравнений при проектировании кораблей была построена А. Н. Крыловым в 1904.
- В основу её была положена идея интеграфа — аналогового интегрирующего прибора, разработанного польским математиком Абданк-Абакановичем (1878) для получения интеграла произвольной функции, вычерченной на плоском графике.

Алексей Николаевич Крылов

И
с
т
о
р
и
я

и
н
ф
о
р
м
а
т
и
к
и

Выдающийся русский математик, механик, инженер-кораблестроитель, академик *А.Н.Крылов* предложил конструкцию электромеханической машины для интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, которая была построена в 1912 году.



Алексей Николаевич Крылов

А. Н. Крылов знаменит своими работами по гидродинамике, в том числе и по теории движения корабля на мелководье (он был первым, кто смог объяснить и рассчитать значительное увеличение гидродинамического сопротивления при небольших глубинах) и теорией единичных волн.



А. Крылов



А. Н. Крылов с дочерью Анной, ставшей впоследствии женой П. Л. Капицы.
1904 год

Алексей Николаевич Крылов

В начале XX в. (в 1906 г.), выдающийся русский математик, механик и инженер-кораблестроитель академик **А.Н. Крылов**, озабоченный тем, что в современных курсах математического анализа доказывается существование решения какой-либо проблемы и теоретическая возможность получения его с любой степенью точности, но при этом не уделяется внимания получению такого решения с точностью, необходимой для практических целей, решил исправить это положение.

Алексей Николаевич Крылов

■ Им был составлен курс о приближенных вычислениях, приемах и способах: вычисление корней численных уравнений, и определенных интегралов, пользование тригонометрическими рядами и приближенное решение дифференциальных уравнений.

Алексей Николаевич Крылов

А. Н. Крылов изобрел прибор для фотозаписи качки корабля (1913 г.), планометр-топорик (1908 г.), создал полную теорию разработки и оценки точности планиметров.

Он построил прибор для решения обыкновенных дифференциальных уравнений (1911 г.).

Использовалась для управления огнем Владивостокской крепости (Ворошиловская батарея) в 1934-37 гг.

Алексей Николаевич Крылов

Так, современники указывают, что на базе морского компаса, хронометра и лага (прибора для измерения скорости корабля) Крылов создал прибор, автоматически вычерчивающий на карте путь, проходимый кораблем, гироскопический успокоитель качки (раньше Сперри), полную теорию гироскопа.

Алексей Николаевич Крылов

Книга «Лекции о приближенных вычислениях» была первым в мировой литературе курсом такого направления и послужила образцом для последующих, вышедших после нее курсов других авторов.

Этот классический курс выдержал пять изданий (три из них при жизни автора).

Алексей Николаевич Крылов

В главе IV описывается также общая теория и конструкция механических приборов для вычисления определенных интегралов.

Это механические приборы, в которых исходные данные и результаты представляются не в цифровой форме, а в виде линейных или угловых перемещений частей этих приборов.

Алексей Николаевич Крылов

А. Н. Крылов, по скромности, не уточнял, какие алгоритмы численного решения или какие части счетно-решающего аналогового устройства разработаны лично им, но очень скрупулезно отмечал источники, послужившие прототипом для них или натолкнувшие его на те или иные выводы.

Англия.

Алексей Николаевич Крылов

■ Им были разработаны или улучшены многие алгоритмы вычислений в области корабельных наук и баллистики, в 1896 г. он представил полную теорию качки корабля (3-мерный случай).

■ Свободно владея несколькими языками, он полностью перевел с латыни «Математические начала натуральной философии» И. Ньютона (в 1915—1916 гг.), сделав при этом 207 примечаний.

■ Из переписки Наполеона он выбрал и перевел места, относящиеся к науке. Не мешало бы их издать отдельной брошюрой для наших правителей и законодателей.

Алексей Николаевич Крылов

Ссылаясь на **Фурье** и **Больцмана**, А. Н. Крылов напомнил, что единство законов природы выражается в том, что разные явления описываются одними и теми же дифференциальными уравнениями, и, найдя решения уравнений, мы сразу решаем задачи для целого ряда наук.

Алексей Николаевич Крылов

■ Тот факт, что различные физические явления описываются одинаковыми математическими уравнениями, отмечался многими учеными: Фурье, Больцманом, Гексли и др.

■ А. Н. Крылов сформулировал это явление достаточно точно, но не дал заключения о возможности создания на его основе вычислительной машины.

■ Такой вывод сделал другой русский академик **Н.Н. Павловский** в 1918 г.



Николай Николаевич Павловский

В 1918 году им была предложена идея гидравлического и электрического интеграторов.

В 1919 году создал метод исследования природных явлений при помощи аналого–математического моделирования и дал ему полное теоретическое обоснование.

Он смог установить соответствие переменных величин в гидравлической задаче их аналогам в электрической и получить решение, измеряя электрическую величину (напряжение), которая является аналогом давления воды в гидравлической задаче.

Он же успешно применил новое средство вычислительной техники — аналоговую вычислительную машину(АВМ), которая была создана для реализации разработанного метода.

Этот метод успешно развивался и действовал до 1960–х годов, когда он был вытеснен цифровым моделированием на ЭВМ.

Николай Николаевич Павловский

- Н. Н. Павловский разработал метод электрогидродинамических аналогий (метод ЭГДА) для исследования движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями.
- Огромное научное и практическое значение этого метода привлекло к нему внимание многих специалистов и способствовало его быстрому развитию. Лабораторные работы по методу ЭГДА вошли в программы курсов гидравлики, гидромеханики, гидрогеологии в высших учебных заведениях' СССР. Институты, проектные и строительные организации применяют его при фильтрационных расчетах самых разнообразных сооружений, охватывая им все более сложные задачи.

История и Метод электрогидродинамических аналогий

Для приближенного решения уравнения **Лапласа**, которым описываются фильтрация подземных вод, потенциальное обтекание тел потоком несжимаемой жидкости, стационарный поток тепла в нагреваемой металлической пластинке, установившийся электрический поток в электролитической ванне и т. д., можно создать электрическую модель с электролитической ванной. И если область решения и граничные условия будут такими же, как для плоской задачи фильтрации воды под плотиной, то можно установить соответствие переменных величин в гидравлической задаче их аналогам в электрической и получить решение, измеряя электрическую величину (напряжение), которая является аналогом давления воды в гидравлической задаче.

История информатики

Метод электрогидродинамических аналогий

- В развитии метода ЭГДА большую роль сыграла работа ленинградского математика С. А. Гершгорина, который предложил заменить электролитический (токопроводящий) слой раствора в ванне сеткой из сопротивлений.
- Это было аналоговой моделью замены дифференциального уравнения Лапласа конечноразностной схемой. Точность такой модели теперь зависела и от шага сетки. Точность можно было увеличить, сгущая сетку в местах больших градиентов искомой функции (вводя как бы «электрическую лупу»).

История и формирование

Метод электрогидродинамических аналогий

- Дальнейшее развитие электроинтеграторов сеточного типа осуществлялось коллективом под руководством проф., д.т.н. **Л. И. Гутенмахера**.
- В серии были выпущены электроинтеграторы ЭИ-12 для решения уравнений эллиптического типа с переменными коэффициентами и ЭИ-22 с конденсаторами в узлах сетки для решения параболических задач.

История информатики

Метод электрогидродинамических аналогий

Большое значение имели работы советского математика С. А. Гершгорина (1927), заложившие основы построения сеточных моделей. В 1936 в СССР под руководством И. С. Брука были построены механический интегратор и электрический расчётный стол для определения стационарных режимов энергетических систем.

В 40-х гг. была начата разработка электромеханического ПУАЗО на переменном токе и первых электронных ламповых интеграторов (Л. И. Гутенмахер). Работы, проведённые под руководством Гутенмахера (1945—46), привели к созданию первых электронных аналоговых машин с повторением решения.

В 1949 в СССР под руководством В. Б. Ушакова, В. А. Трапезникова, В. А. Котельникова, С. А. Лебедева был построен ряд АВМ на постоянном токе.

История Метод электрогидродинамических аналогий

В конце 40-х — начале 50-х годов Л. И. Гутенмахером, Н. С. Николаевым, Н. В. Корольковым, В. Б. Ушаковым и Г. М. Петровым создаются электроинтеграторы на активных четырехполюсниках для моделирования обыкновенных линейных и нелинейных уравнений. Появление этих интеграторов позволило исследовать методом математического и полунатурного (с включением в контур моделирования реальных приборов автоматического управления, например автопилотов) моделирования сложные динамические системы. В частности, стала возможной замена некоторых летных исследований наиболее опасных режимов полета новых самолетов их полунатурным моделированием.

История и метод электрогидродинамических аналогий

Особенности представления исходных величин и построения отдельных решающих элементов в значительной мере определяют сравнительно большую скорость работы АВМ, простоту программирования и набора задач, ограничивая, однако, область применения и точность получаемого результата. АВМ отличается также малой универсальностью (алгоритмическая ограниченность) — при переходе от решения задач одного класса к другому требуется изменять структуру машины и число решающих элементов.

История информатики

Метод электрогидродинамических аналогий

- **Пуазо**, прибор управления артиллерийским зенитным огнем, совокупность приборов и устройств, предназначенных для определения и передачи на орудия данных для стрельбы по подвижным воздушным целям. В систему **Пуазо** входят: прибор определения координат целей (оптический дальномер); вычислительное устройство (центр, прибор — ЦП); синхронная передача на орудия исходных данных для стрельбы; агрегат электропитания ЦП и синхронной передачи. При стрельбе координаты движущейся цели (азимут, угол места, высота) непрерывно поступают на ЦП, где в результате расчёта определяются исходные данные для стрельбы (упрежденный азимут, угол возвышения, дистанционная установка взрывателя).
- **Пуазо** входят в состав зенитных артиллерийских комплексов.

Буш Вэннивер Vannevar Bush (1890-1974)

В науке США его роль сопоставима с той, какую сыграли в России Ломоносов, Менделеев или Курчатов.

Это Вэннивер Буш задумал и основал *Национальный фонд науки США* (NCF – National Science Foundation), который совмещает функции академии наук и министерства науки и технологии.

Вэннивер Буш родился 11 марта 1890 года в городке Эверетт (шт.Массачусетс). В 1913 году получил в колледже Тафтса (Tufts College) степени бакалавра и магистра. Начал работать в General Electric в отделении тестирования электрооборудования.



Буш Вэннивер

В 1914-15 годах Буш служил в береговой инспекции ВМС США в подразделении обнаружения подводных лодок и одновременно преподавал математику в колледже Тафтса. В 1923 году он уже профессор MIT. С 1928 по 1930 год профессор Буш с группой своих сотрудников разрабатывает "анализатор сетей", позволяющий моделировать системы электропередачи. Одновременно идет разработка "дифференциального анализатора", в котором была воплощена идея универсальной машины для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.



1930 год
Дифференциальный анализатор Буша- это успешная попытка создать компьютер, способный выполнять громоздкие научные вычисления.

Дифференциальный анализатор Буша

- Задача решения дифференциальных уравнений второго порядка с переменными коэффициентами, широко применяемых в таких областях, как баллистика и астрономия, теория систем и т.д.
- Эта задача может быть решена с помощью последовательности простых механизмов, представляющих вращающиеся перпендикулярно друг другу диски разного диаметра.
- Один такой механизм способен непрерывно решать простейшее дифференциальное уравнение, передавая полученный интеграл на вход следующего подобного механизма.

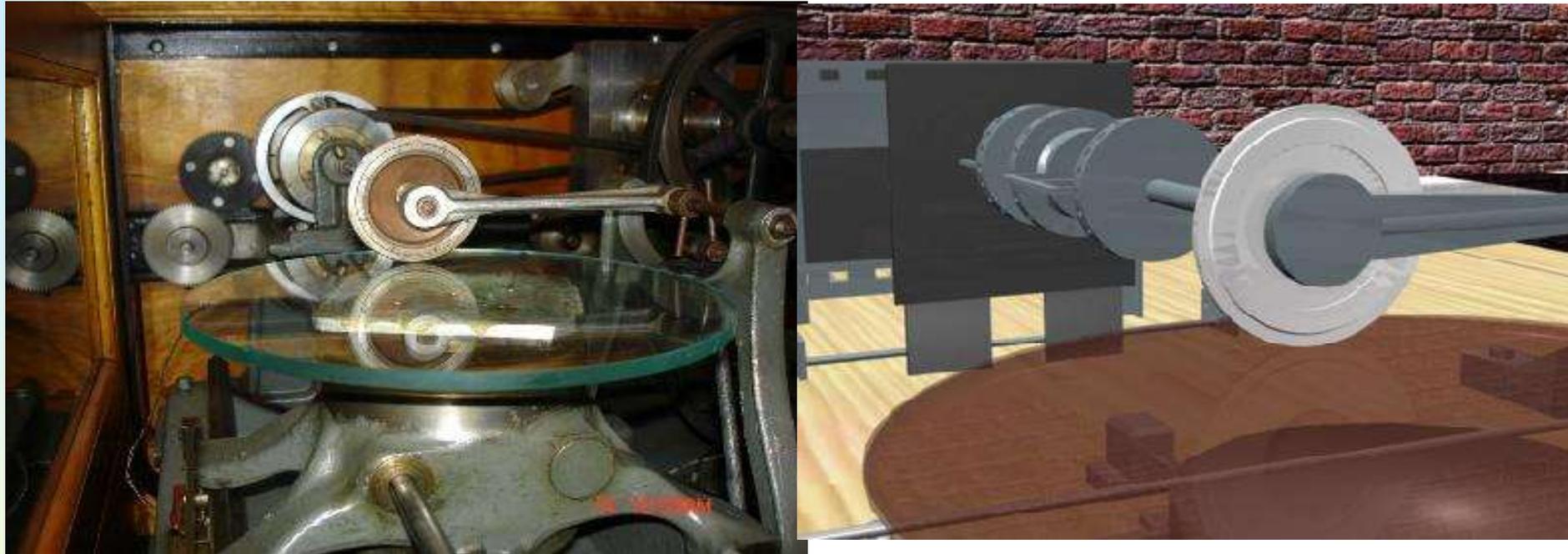
Дифференциальный анализатор Буша

- Этот механизм был придуман братьями Джеймсом и Уильямом Томпсонами, но не был до конца реализован.
- Такая механическая система при этом могла выступать аналогом любого другого процесса, описываемого дифференциальными уравнениями.
- Например, точки прицеливания оружейного ствола, расчета электрических сетей или обнаружения подводных лодок. Именно для этих целей использовалась усовершенствованная американским инженером Вэниваром Бушем в тридцатых годах прошлого столетия схема механического вычислителя Кельвина-Томпсона, названная им "Дифференциальный анализатор".

Дифференциальный анализатор Буша



Дифференциальный анализатор Буша



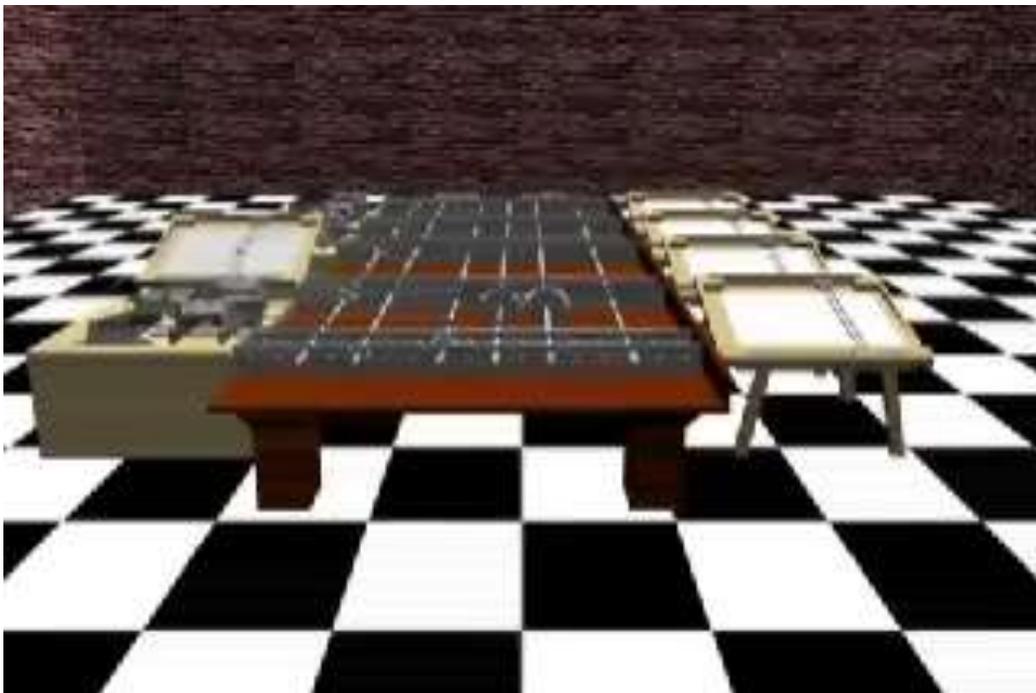
Реальные (слева) и анимированные колеса и диск интегратора.

Буш в принципе повторил идею Крылова, основанную на использовании «интеграфа»: графический ввод/вывод информации.

Дифференциальный анализатор Буша



Дифференциальный анализатор Буша

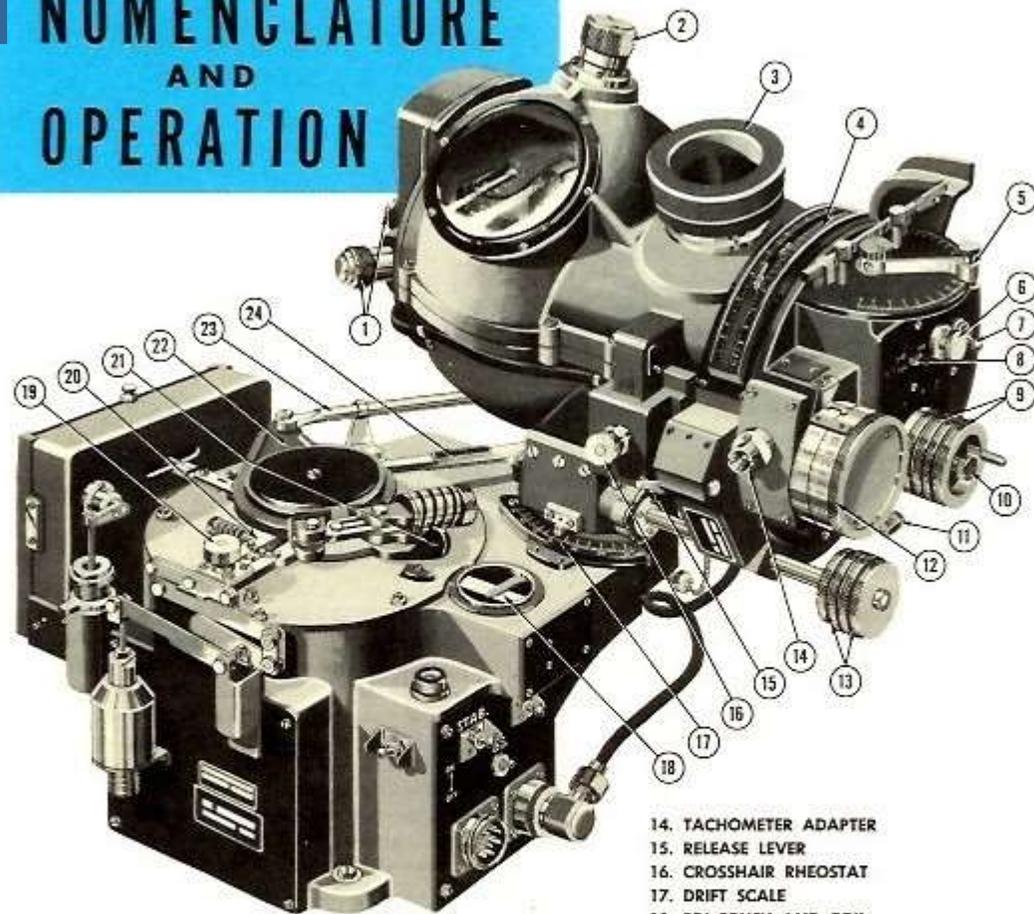


История информатики

Дифференциальный анализатор

В 1931 году в США принят на вооружение бомбовый прицел Карла Нордена (Carl Norden).

NOMENCLATURE AND OPERATION



- 1. LEVELING KNOBS
- 2. CAGING KNOB
- 3. EYEPIECE
- 4. INDEX WINDOW
- 5. TRAIL ARM AND TRAIL PLATE
- 6. EXTENDED VISION KNOB
- 7. RATE MOTOR SWITCH
- 8. DISC SPEED GEAR SHIFT
- 9. RATE AND DISPLACEMENT KNOBS
- 10. MIRROR DRIVE CLUTCH
- 11. SEARCH KNOB
- 12. DISC SPEED DRUM
- 13. TURN AND DRIFT KNOBS

- 14. TACHOMETER ADAPTER
- 15. RELEASE LEVER
- 16. CROSSHAIR RHEOSTAT
- 17. DRIFT SCALE
- 18. PDI BRUSH AND COIL
- 19. AUTOPILOT CLUTCH ENGAGING KNOB
- 20. AUTOPILOT CLUTCH
- 21. BOMBSIGHT CLUTCH ENGAGING LEVER
- 22. BOMBSIGHT CLUTCH
- 23. BOMBSIGHT CONNECTING ROD
- 24. AUTOPILOT CONNECTING ROD

The bombsight has 2 main parts, sighthead and stabilizer. The sighthead pivots on the stabilizer and is locked to it by the dovetail locking pin. The sighthead is connected to the directional gyro in the stabilizer through the bombsight connecting rod and the bombsight clutch.

Дифференциальный анализатор

Прицел содержал электромеханический дифференциатор, вычисляющий необходимую поправку.

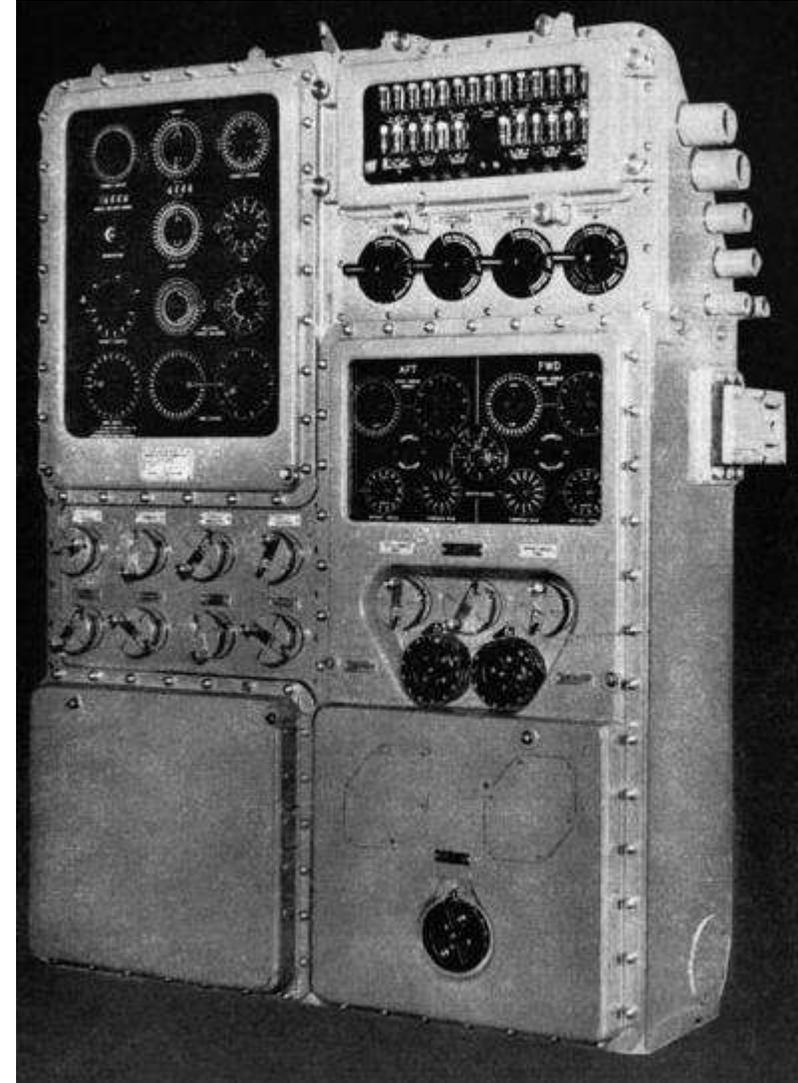
Все входные данные прицел Нордена получал непосредственно с датчиков, без вмешательства человека, цель сопровождалась автоматически, по достижении точки сброса прицел подавал команду на бомбометание, сводя ошибки штурмана практически к нулю



История информатики

Дифференциальный анализатор

US Navy Mk III Torpedo Data Computer, аналоговый компьютер для управления торпедным огнём. Использовался на американских субмаринах во время Второй мировой войны



Исаак Семёнович Брук

В 1939 году разработал аналоговую машину - механический интегратор (дифференциальный анализатор), позволяющую решать дифференциальные уравнения до 6-го порядка.

Брук значительно усовершенствовал анализаторы, разработанные Крыловым и Бушем, сконструировав ряд моделей, в том числе и полностью электронную аналоговую машину ЭДА (1947), позволявшую решать дифференциальные уравнения до 20-го порядка.

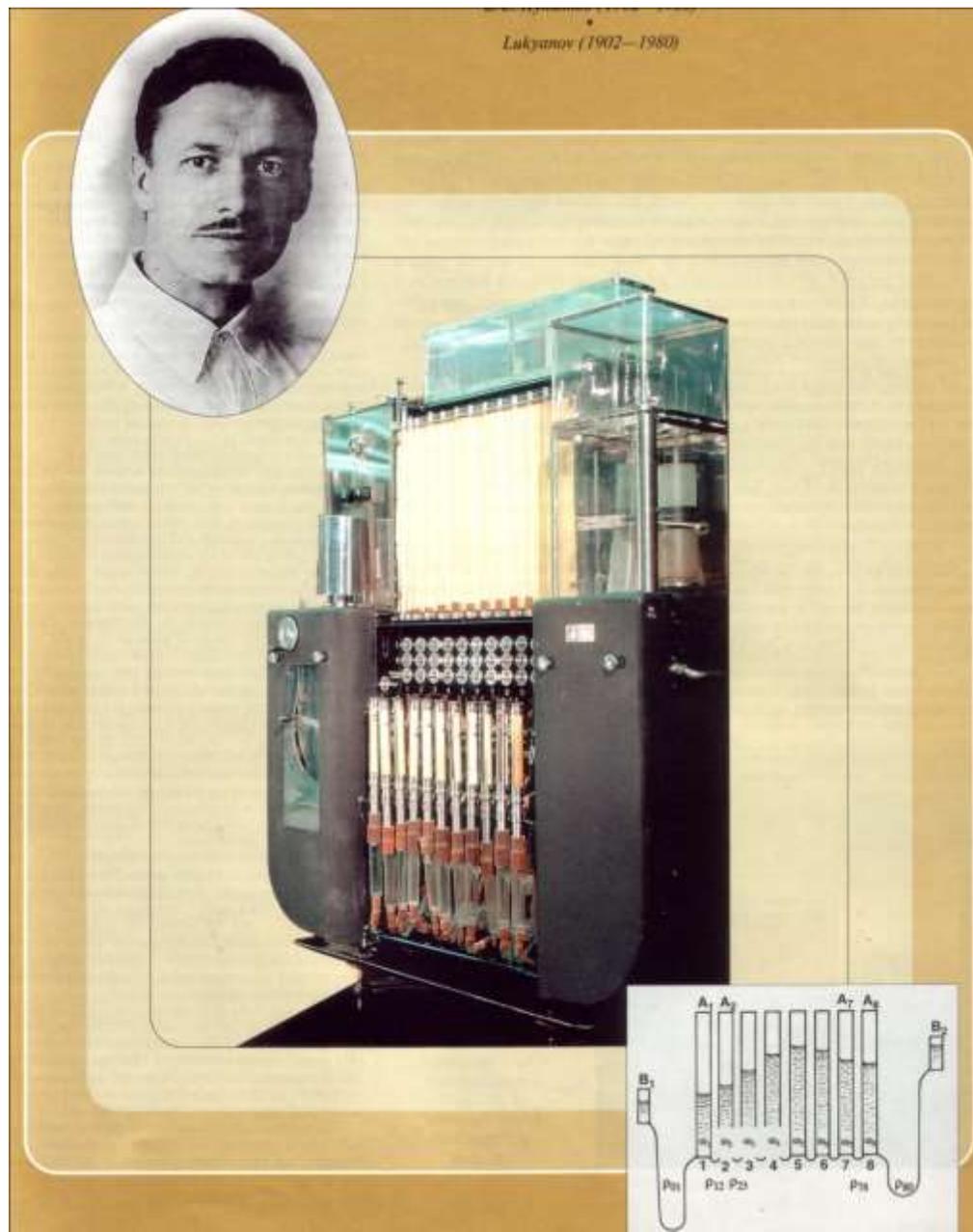


История и биография и информатики Лукьянов Владимир Сергеевич (1902-1980).

В 1936 г. построил гидроинтегратор.

Его исследования вывели нашу страну на ведущие позиции в области аналоговых средств вычислительной техники. Гидравлический интегратор Лукьянова - первая в мире вычислительная машина для решения дифференциальных уравнений в частных производных - на протяжении полувека был единственным средством вычислений, связанных с широким кругом задач математической физики.

с 1955 г. - серийное производство.



Гидроинтегратор Лукьянова



Гидроинтегратор Лукьянова

Лукьянов сумел обобщить идеи великих ученых Крылова, Павловского и Кирпичева: модель - вот высшая степень наглядности математической истины.

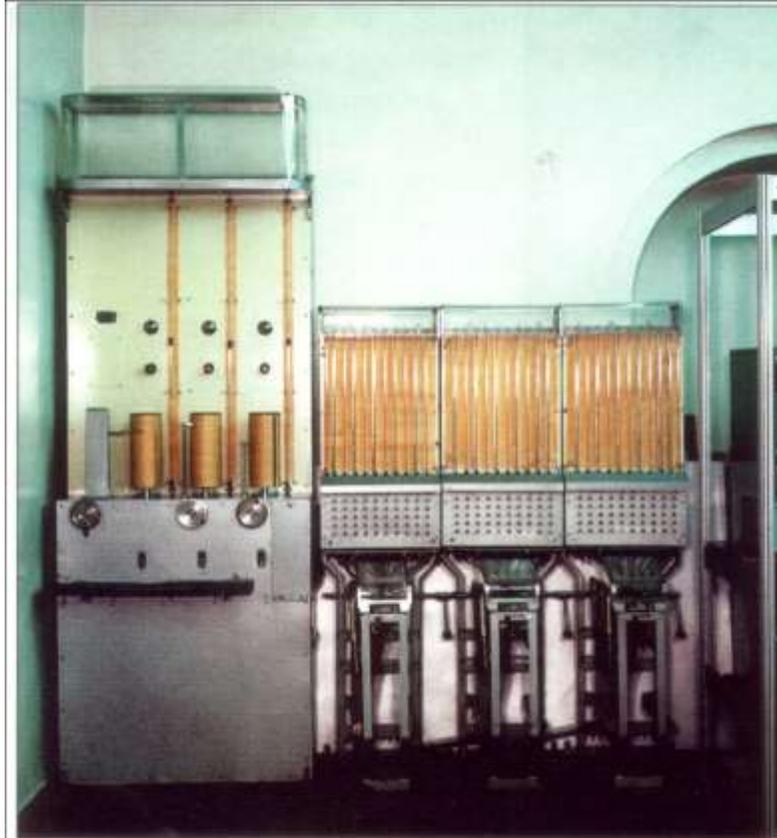
Проведя исследования и убедившись, что законы течения воды и распространения тепла во многом сходны, он сделал вывод - вода может выступать в роли модели теплового процесса.

В 1934 году Лукьянов предложил принципиально новый способ механизации расчетов неустановившихся процессов - метод гидравлических аналогий и спустя год создал тепловую гидромодель для демонстрации метода. Это примитивное устройство, сделанное из кровельного железа, жести и стеклянных трубок, успешно разрешило задачу исследования температурных режимов бетона.

Гидроинтегратор Лукьянова



Лукьянов Владимир Сергеевич (1902-1980).



*Одномерный гидроинтегратор I-ИГЛ-1-3
в экспозиции
Политехнического
музея*

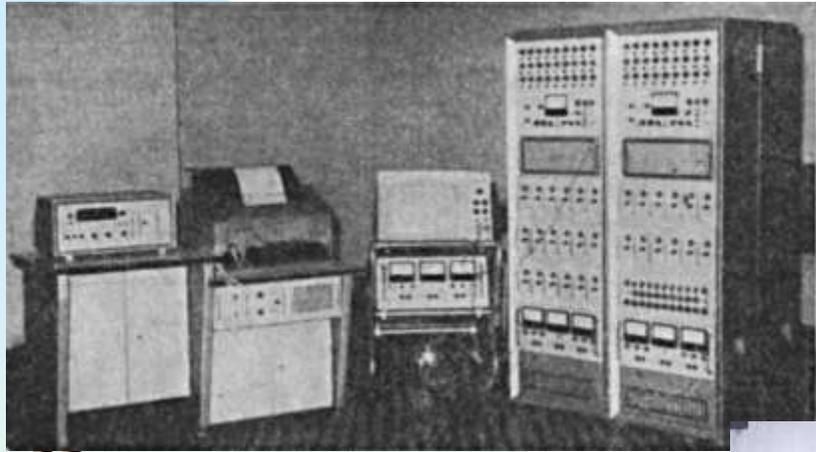
*One-dimensional
hydrointegrator
I-HIL-1-3
in the exposition
of Polytechnic
Museum*

$$e \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \mathcal{E},$$

где

- T — искомая функция, например, температура напор, концентрация;
- x, τ — независимые переменные, например, пространственная координата x и время t ;
- e, a — известные положительные функции от x , а иногда и от T и τ , например, физические характеристики среды;
- \mathcal{E} — известная функция от x, τ , а иногда и от T , например, внутренние источники.

Аналоговые машины



Польский ELWAT.



Аналоговые функциональные блоки

Все функциональные блоки аналоговых вычислительных машин можно разделить на ряд групп:

- линейные — выполняют такие математические операции как интегрирование, суммирование, перемена знака, умножение на константу.
- нелинейные (функциональные преобразователи) — соответствуют нелинейной зависимости функции от нескольких переменных.
- логические — устройства непрерывной, дискретной логики, релейные переключающие схемы. Вместе эти устройства образуют устройство параллельной логики

Аналоговые функциональные блоки



Аналоговая ЭВМ «Newmark», 1960 года выпуска. Состоит из пяти блоков, использовалась для вычисления дифференциальных уравнений. Сейчас находится в Кембриджском технологическом музее

Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС, ПАВ)

- Альтернативой ПЛИС являются: программируемые логические контроллеры (ПЛК), базовые матричные кристаллы (БМК), требующие заводского производственного процесса для программирования; ASIC — специализированные заказные большие интегральные схемы (БИС), которые при мелкосерийном и единичном производстве существенно дороже; специализированные компьютеры, процессоры (например, цифровой сигнальный процессор) или микроконтроллеры, которые из-за программного способа реализации алгоритмов в работе медленнее ПЛИС.

Нейрокомпьютер

«Марк-1» (MARK 1) — первый в мире нейрокомпьютер, если не считать Томсона, созданн в 1958 году Фрэнком Розенблаттом.

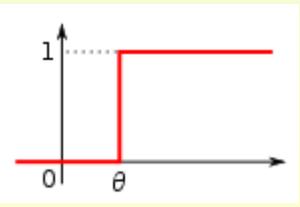
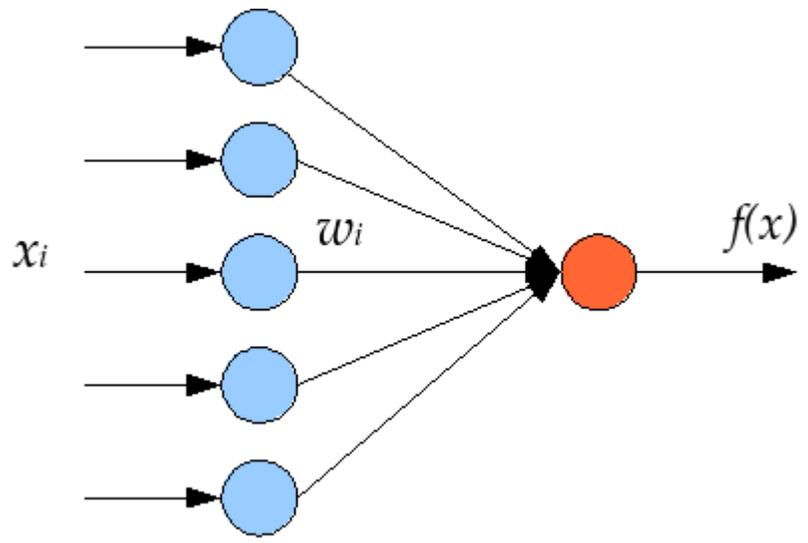
Эта машина основана на понятии перцептрона. Перцептрон — это одна из первых моделей нейросетей. Несмотря на свою простоту, перцептрон способен обучаться и решать довольно сложные задачи.



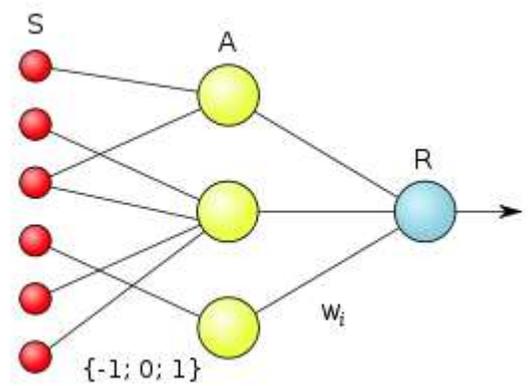
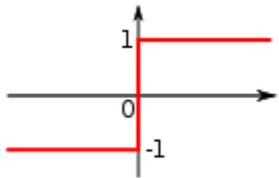
Нейрокомпьютер

Схема Перцептрона.

Несмотря на свою простоту, перцептрон способен обучаться и решать довольно сложные задачи.

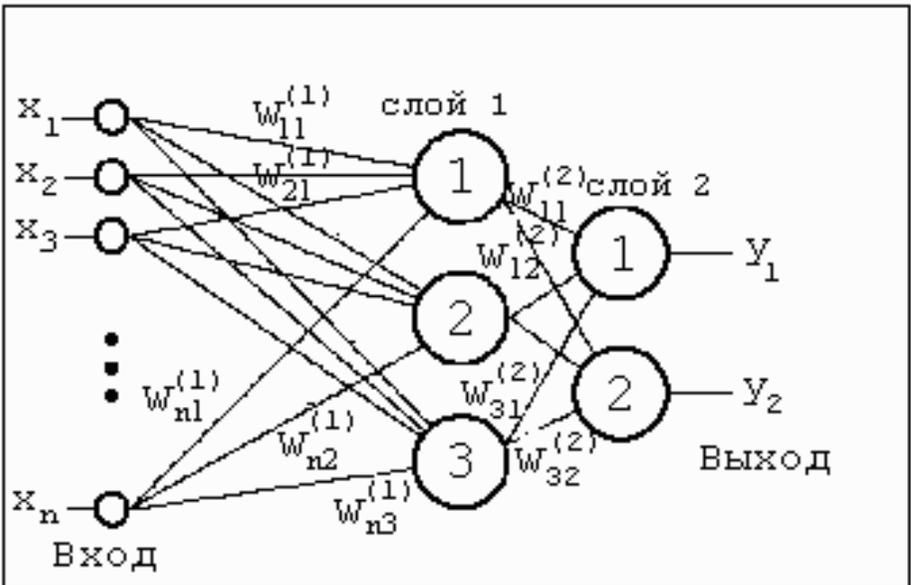
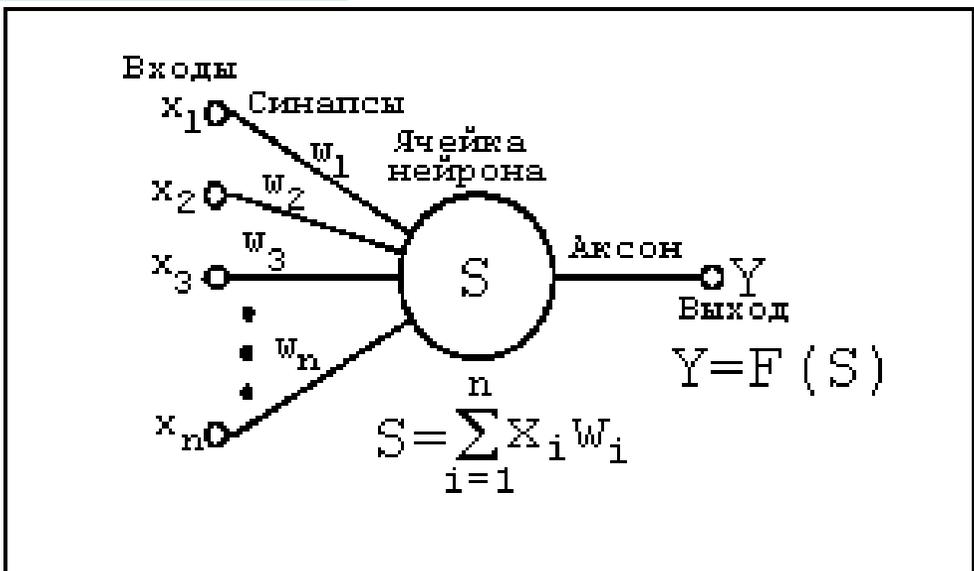


S и A



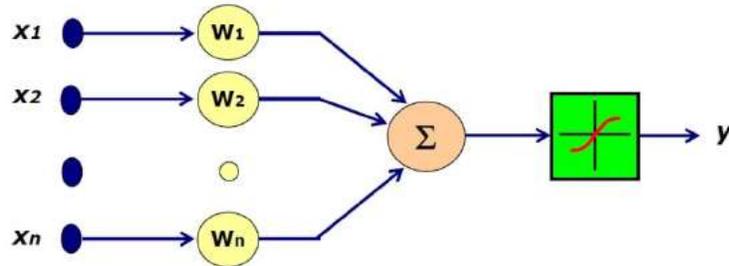
Нейрокомпьютер

Пример синапса и пример сети



Нейрокомпьютер

Искусственный нейрон



- веса W_1, W_2, \dots, W_n ;
- порог (смещение) T ;
- функция активации f ;

- выход нейрона: $y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i - T\right)$

□ Виды функции активации

- пороговая

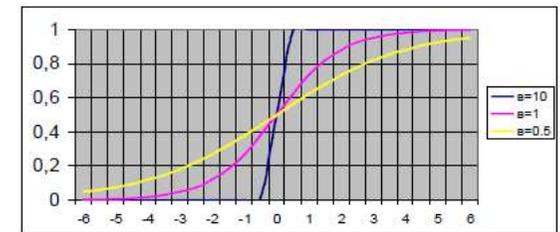
$$y = f(u) = \begin{cases} 1, & u > 0 \\ 0, & u \leq 0 \end{cases}$$

- кусочно-линейная

$$y = f(u) = \begin{cases} 1, & u > 1 \\ u, & -1 < u \leq 1 \\ -1, & u \leq -1 \end{cases}$$

- сигмоидальная

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-\beta u}} \quad f(u) = th(\beta u) = \frac{e^{\beta u} - e^{-\beta u}}{e^{\beta u} + e^{-\beta u}}$$



Нейрокомпьютер

Управление в реальном времени:

самолетами и ракетами,

технологическими процессами непрерывного производства (металлургического, химического и др.).

Распознавание образов:

человеческих лиц,

букв и иероглифов,

сигналов радара и сонара,

отпечатков пальцев в криминалистике,

элементарных частиц и происходящих с ними физических процессов (эксперименты на ускорителях или наблюдение за космическими лучами),

заболеваний по симптомам (в медицине),

местностей, где следует искать полезные ископаемые (в геологии, по косвенным признакам).

Нейрокомпьютер

Прогнозы:

погоды,
курса акций (и других финансовых показателей),
исхода лечения,
политических событий (результатов выборов, международных отношений и др.),
поведения противника (реального или потенциального) в военном конфликте и в экономической конкуренции,
устойчивости супружеских отношений.

Оптимизация — поиск наилучших вариантов:

при конструировании технических устройств,
при выборе экономической стратегии,
при подборе команды (от сотрудников предприятия до спортсменов и участников полярных экспедиций),
при лечении больного.

Обработка сигналов при наличии больших шумов.

Нейрокомпьютер

Точность у них была небольшая, зато быстродействие отменное, и параллелизм достигался высокий.

Да и возраст у них почтенный — еще в 1876 году в трудах Королевского Научного общества Томпсоном были описаны параллельные аналоговые системы с обратной связью.

Квантовый компьютер

Упрощённая схема вычисления на квантовом компьютере выглядит так: берется система **кубитов**, на которой записывается начальное состояние. Затем состояние системы или её подсистем изменяется посредством унитарных преобразований, выполняющих те или иные логические операции. В конце измеряется значение, и это результат работы компьютера.

