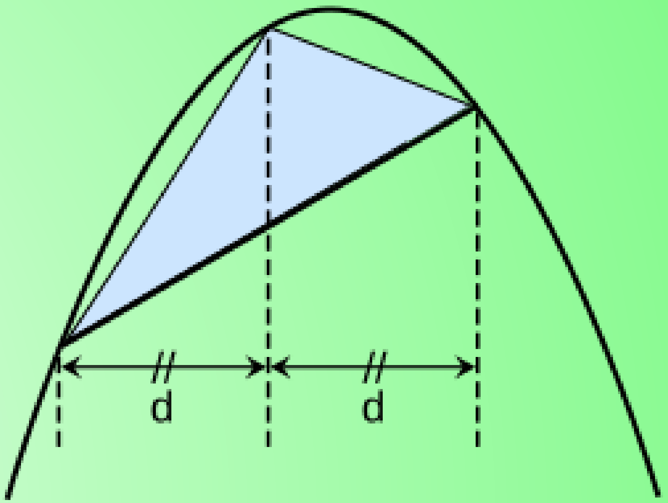

-1/12
Связь простых чисел со статистиками элементарных частиц
Перенормировка
истории

До изобретения математического анализа

- [287—212 годы до н.э.] В нескольких решённых Архимедом задачах на вычисление площади или объёма он использует, в современной терминологии, верхние и нижние интегральные суммы с неограниченно возрастающим числом членов. Из-за отсутствия понятия предела для обоснования результата использовался громоздкий метод исчерпывания (последовательного приближения кривой с помощью прямых линий).

$$1+\frac{1}{4}+\frac{1}{4^2}+\frac{1}{4^3}+\cdots=\frac{4}{3}$$

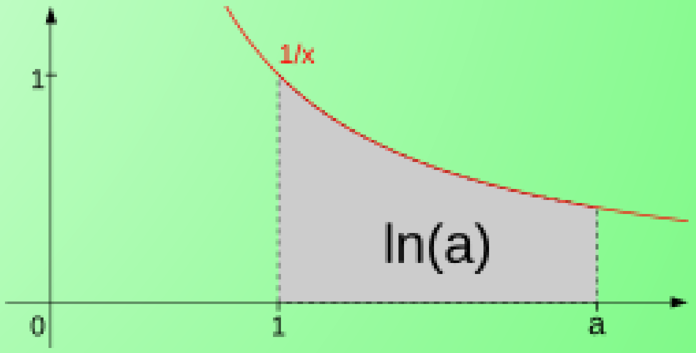


- [1500 год] Наибольшего успеха в XV—XVI веках добилась Керальская школа астрономии и математики (южная Индия). Для астрономических вычислений керальцы смогли впервые в истории найти разложение тригонометрических и иных функций в бесконечные ряды.

$$r\sin\frac{x}{r}=x-x\frac{x^2}{(2^2+2)r^2}+x\frac{x^2}{(2^2+2)r^2}*x\frac{x^2}{(4^2+4)r^2}-\cdots$$

- [1647 год] Грегуар де Сен-Венсан обнаружил связь логарифма и площади под гиперболой. В 1650 году, исходя из геометрических соображений, итальянский математик Пьетро Менголи опубликовал в трактате «*Новые арифметические квадратуры*» разложение натурального логарифма двух.

$$\ln 2=\frac{1}{1*2}+\frac{1}{3*4}+\frac{1}{5*6}+\cdots=\eta(1)$$



Революция в математике – изобретение математического анализа

- [1674 год] Как универсальный инструмент исследования функций и численных расчётов бесконечные ряды использовали Исаак Ньютон и Готфрид Вильгельм Лейбниц, создатели математического анализа. К концу XVII века стали известны разложения в ряды всех элементарных функций. Лейбниц и Грегори открыли первое в Европе разложение числа пи (ряд Лейбница).

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \cdots$$

- [1744 год] Огромный вклад в теорию рядов внёс Леонард Эйлер. Он первым сумел найти сумму ряда обратных квадратов, разработал методы улучшения сходимости рядов, начал исследование тригонометрических рядов, предложил понятие обобщённой суммы ряда, пригодное для расходящихся рядов. Само понятие «аналитической функции» было связано с возможностью её представления в виде степенного ряда.

$$1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{6^2} + \cdots = \frac{\pi^2}{6} = \zeta(2)$$

- [1859 год] Бернхард Риман опубликовал работу «О числе простых чисел, не превышающих данной величины». Он ввёл ζ(s) и расширил её область определения на комплексные числа, что позволило ему сформулировать знаменитую гипотезу Римана.

$$\zeta(s) = 0 \cap s \neq -2n, n \in \mathbb{N} \Rightarrow \operatorname{Re} s = \frac{1}{2}$$

- [1947] Тео Овербек обнаружил, что поведение коллоидных растворов не вполне согласуется с существующей теорией, и попросил своего коллегу Казимира исследовать эту проблему.

Аналитическое продолжение функции Римана в квантовой физике

- [1948 год] Казимир пришёл к выводу, что отклонения от предсказываемого теорией поведения может быть объяснено, если учитывать влияние флуктуаций вакуума на межмолекулярные взаимодействия. Это и натолкнуло его на вопрос, какое воздействие могут оказать флуктуации вакуума на две параллельные зеркальные поверхности, что привело к знаменитому предсказанию о существовании между последними притягивающей силы. Казимир в одиночку сформулировал теорию, предсказывающую наличие силы между нейтральными проводящими пластинами.
- Эксперименты до 1997 года качественно наблюдали силу, что косвенно подтверждало выводы Казимира, однако однозначно утверждать о том, что это именно эффект Казимира, возможности не было ввиду низкой точности оборудования и отсутствия возможности проверить зависимость количественно.
- [1997 год] Стив Ламоро из Университета Вашингтона в Сиэтле измерил эффект Казимира, используя кварцевые пластины. В его опытах наблюдалось согласие эксперимента с теоретической зависимостью Казимира с точностью 5%, однако теоретически это могло быть объяснено и другими явлениями.
- [2011 год] Группа ученых из Гонконгского университета науки и технологии создала микросхему, в которой, за счет необычной структуры, эффект Казимира используется в обратном виде – наноструктуры отталкиваются, а не притягиваются друг к другу. Это открыло дорогу к использованию эффекта Казимира на практике, к примеру, для предотвращения слипания частей микроэлектронных систем. За счёт того, что эффект Казимара проявлялся в разных формах под различными углами в зависимости от относительного расположения поверхностей, учёные наконец-то смогли отбросить все прочие гипотезы, теоретически объясняющие этот эффект. Формула Казимира полностью описывала экспериментальные данные с точностью до 1%.