

Билет 47

Автор1, ..., АвторN

20 июня 2020 г.

Содержание

0.1	Билет 47: Признак Лейбница. Оценка суммы знакопередающего ряда. Примеры (ряд Лейбница и его перестановка)	1
-----	--	---

0.1. Билет 47: Признак Лейбница. Оценка суммы знакопередающего ряда. Примеры (ряд Лейбница и его перестановка)

Знакопередающийся ряд: $\sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{n-1} a_n, a_n \geq 0$

Теорема 0.1 (Признак Лейбница).

Если a_n монотонно убывают стремятся к 0, то ряд $\sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{n-1} a_n$ сходится. Важно заметить, что условие стремления a_n к 0 важно (см. необходимое условие сходимости ряда). Данный признак можно так же вывести из признака Дирихле. Однако мы хотим произвести так же оценку на сумму знакопередающего ряда: $S_{2n} \leq S_n \leq S_{2n+1}$

Доказательство.

$S_{2n+2} = S_{2n} + a_{2n+1} - a_{2n+2} \geq S_{2n}$ $S_{2n+1} = S_{2n-1} - a_{2n} + a_{2n+1} \leq S_{2n-1}$. Получаем, что S с четными номерами растут, а с нечетными - убывают. Значит, мы можем расписать вложенную последовательность отрезков: $[0, S_1] \supset [S_2, S_3] \supset [S_4, S_5] \dots \supset [S_{2n}, S_{2n+1}]$.

Теперь рассмотрим длины отрезков: $S_{2n+1} - S_{2n} = a_{2n+1} \rightarrow 0$. Тогда последовательность отрезков стягивается. Тогда применим одноименную теорему: у этих отрезков есть общая точка S , которая является пределом их концов: $\lim S_{2n} = \lim S_{2n+1} = S$. Получили что частичные суммы сходятся к S , значит исходный ряд тоже сходится к S . Также можно заметить, что неравенство на сумму ряда выполняется, потому что точка S лежит во всех отрезках, в частности в отрезке $[S_{2n}, S_{2n+1}]$

□

Пример.

В качестве примера рассмотрим ряд Лейбница: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n}$
 $S_{2n} = (1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{2n-1}) - (\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{2n}) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2n} - 2(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{2n}) = H_{2n} - H_n =$
(сложили все дроби и дважды вычли четные), где H_n - гармонический ряд (смотри билет 6).
Подставим все в формулу для гармонических чисел: $= \ln(2n) + \gamma + o(1) - (\ln(n) + \gamma + o(1)) =$
 $\ln(2n) - \ln(n) + o(1) = \ln 2 + o(1)$. Тогда $S_{2n} \rightarrow \ln 2$. Тогда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n} = \ln 2$.
Рассмотрим перестановку ряда Лейбница: $(1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{4}) + (\frac{1}{3} - \frac{1}{6} - \frac{1}{8}) + \dots + (\frac{1}{2n-1} - \frac{1}{4n-2} - \frac{1}{4n}) + \dots$
Будем считать $S_{3n} = 1 + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{2n-1} - (\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{4n}) = 1 + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{2n-1} - \frac{1}{2}(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{2n}) =$
Последнее выражение в скобках это H_{2n} . Мы только что считали это в предыдущем примере.
Получаем: $= H_{2n} - \frac{1}{2}H_n = \frac{\ln 2}{2}$