



Проблемы и методы психофизики

А.Н. Гусев, ф-т психологии МГУ, каф.
психологии личности
angusev@mail.ru



Д.Н. Менделеев:

“Наука начинается там, где
начинают измерять”.

Психофизика. Проблемы измерения ощущений

df Психофизика – отрасль общей психологии, изучающая отношения между величиной физических раздражителей той или иной модальности и интенсивностью соответствующих ощущений. Психофизика в **широком смысле** слова.

- Два основных раздела психофизики:
 1. **Психофизика-1:** измерение сенсорной чувствительности – пороговые проблемы.
 2. **Психофизика-2:** изучение сенсорных шкал (психофизических функций) – шкалирование.

Два подхода к измерению ощущений – прямое и косвенное измерения

- Прямое, непосредственное измерение величины ощущения невозможно. Традиция Густава Фехнера (1801-1887.)
- Измерение (оценка) величины ощущения можно осуществить прямо, непосредственно. Традиция Стэнли Стивенса (1906-1973).
- Два подхода к психологическому шкалированию – прямое и косвенное.

Различные подходы к шкалированию. Геометрическая интерпретация.



- **Нульмерное:** поиск граничных точек на шкале.
- **Одномерное:** шкала одного признака.
- **Многомерное:** расположение объектов в пространстве нескольких шкал.

Основной психофизический закон. Г.Т. Фехнер.

- Можно ли психофизическую зависимость $S \Leftrightarrow I$ выразить строго количественно?
- Первая попытка: Г.Т. Фехнер - "Элементы психофизики" (Elemente der Psychophysik. Lpz., 1860).



Как измерять ощущения? Косвенно!



- Г.Т.Фехнер - шкала **ЕЗР**:

1. Вводится нулевая точка на оси ощущений – абсолютный порог.
2. Вводится единица измерения на оси ощущений – ЕЗР – величина ощущения едва заметного различия.
3. Измеряем расстояние на оси ощущений в количестве ЕЗР.

Что для этого нужно уметь измерять?

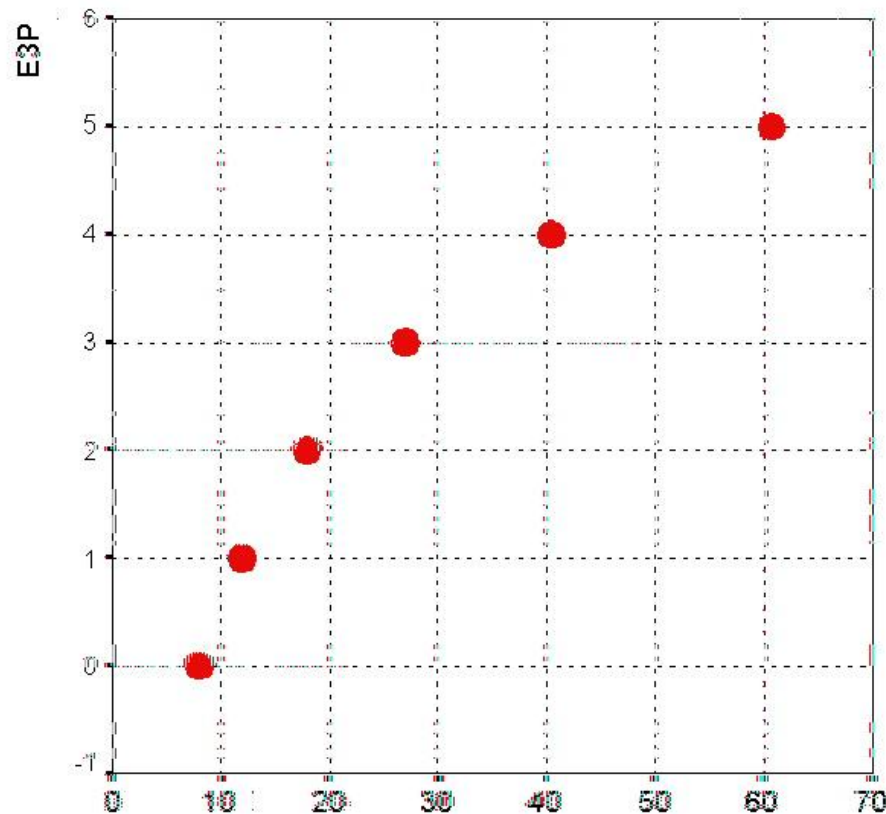
- Г.Т. Фехнер:

1. Величину абсолютного порога.
2. Величину разностного порога.
3. Создаются 3 классических метода измерения порогов:
 - 1) метод минимальных изменений;
 - 2) метод средней ошибки;
 - 3) метод постоянных раздражителей.

Основной психофизический закон. Г.Т. Фехнер.

$$S = k \cdot \log I$$

Сила ощущения
изменяется
пропорционально
логарифму
интенсивности
стимула.



Интенсивность стимула

Как измерять ощущения? Прямо!

С. Стивенс: **шкалы прямых оценок:**

1. Человек способен прямо оценивать величину своих ощущений с помощью приписывания им чисел.
2. Разработаны особые процедуры измерения:
 - 1) Процедуры оценки величины.
 - 2) Процедуры установления величины.
- Доказывается, что это метрические шкалы – **шкалы отношений**: «соны», «мелы», «веги».



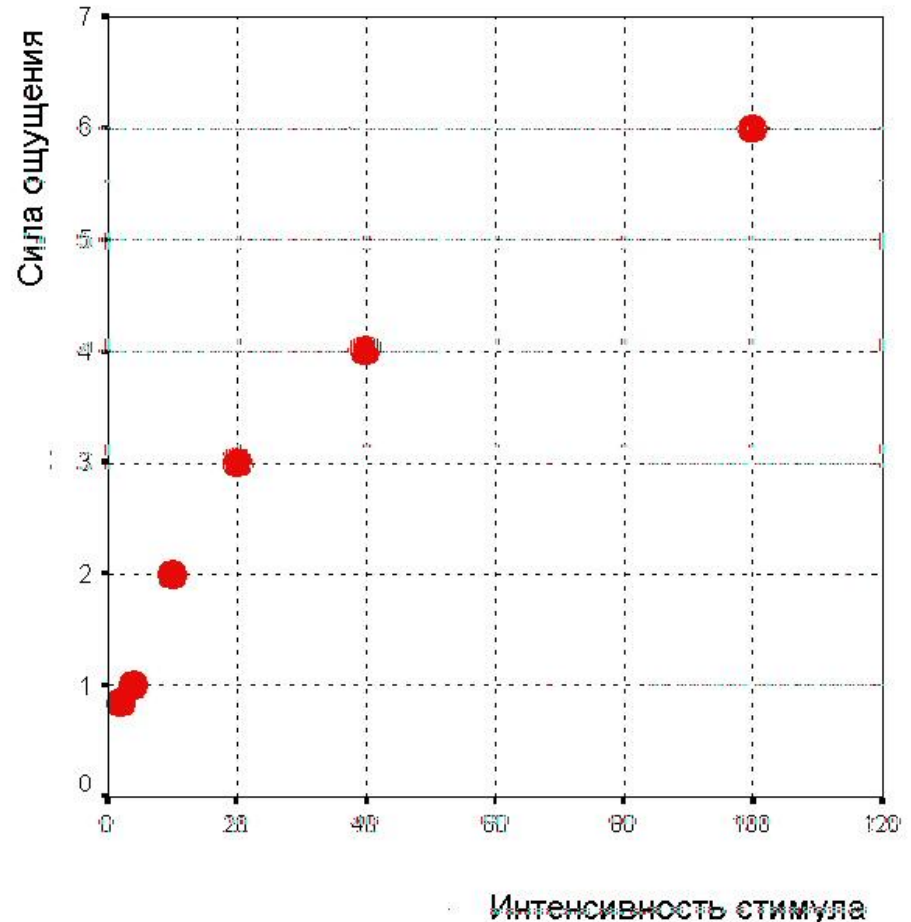
Scanned at the American
Institute of Physics

Стенли Стевенс
(1906 -1973 гг.)
Сторонник прямого
прямого подхода к
измерению ощущений.

Основной психофизический закон. С.С. Стивенс.

$$S = k \cdot I^b$$

Сила ощущения - это
степенная функция
от изменения
интенсивности
стимула.



Предшественники – П. Бугер, Э. Вебер



Пьер Бугер,
1698-1758 гг.

Эрнст Вебер,
1795-1878 гг.



Закон Бугера-Вебера:

$$\frac{\Delta S}{S} = k$$

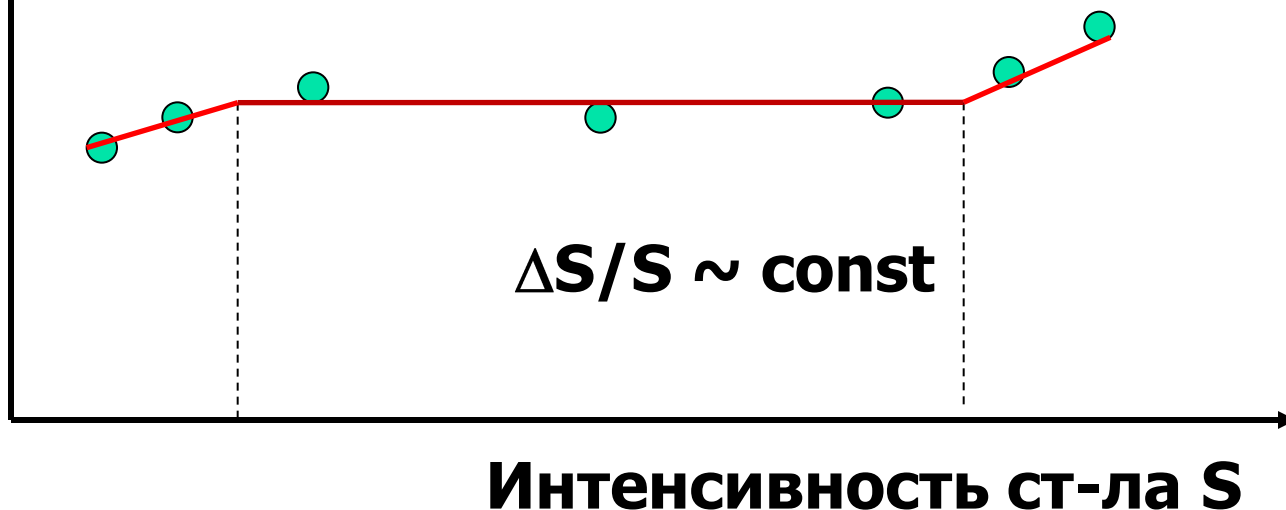
Если оценивать минимально воспринимаемые различия между двумя стимулами **S** и **S₁**, то относительная разница между ними - **$\Delta S/S = \text{const}$** .

Или: величина относительного порога различения - const.

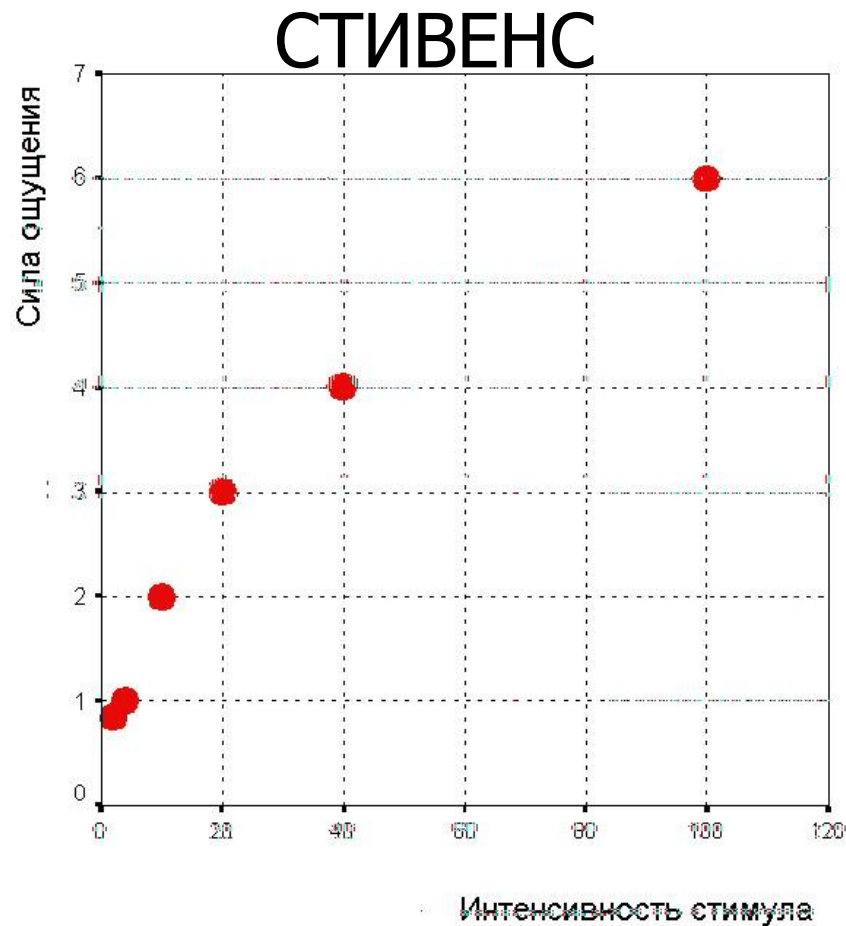
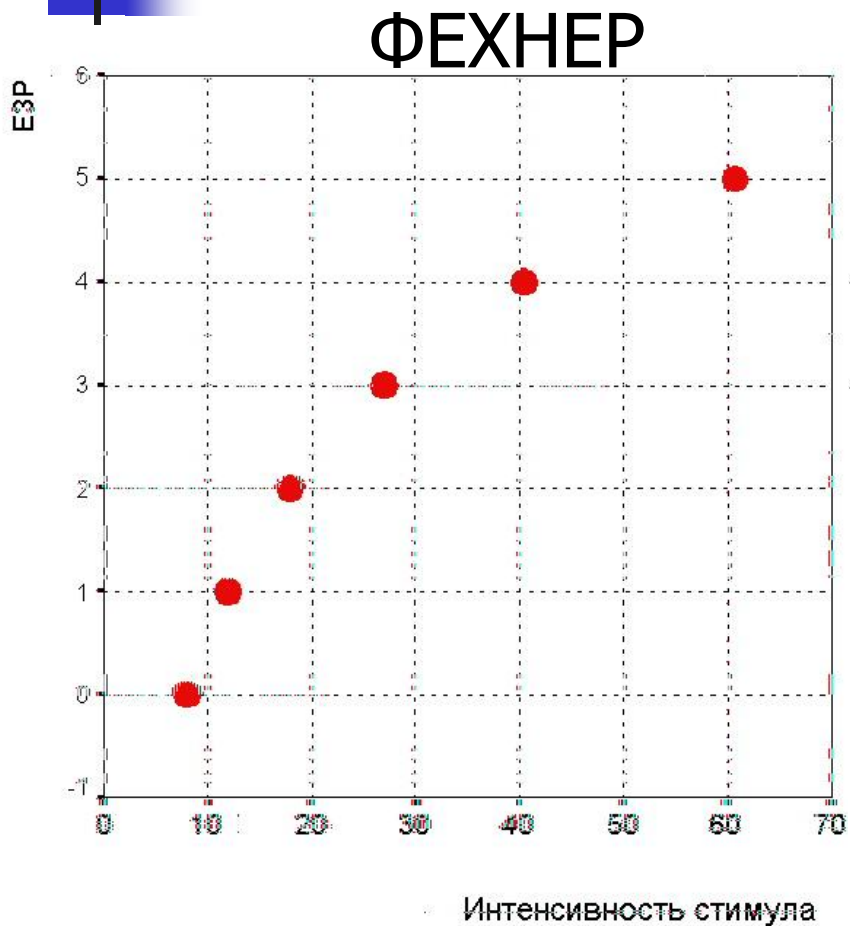
Что известно о константе Бугера-Вебера сегодня?

$\Delta S/S$

Чем меньше дробь Бугера-Вебера, тем выше различительная способность: от 0,3% для высоты звука до 25% для запаха.



Сравнение 2-х $\Psi\Phi$ законов: так ли велико различие?



Формальные основания законов

Фехнер

Стивенс

Принимается справедливость закона Бугера-Вебера:

$$\frac{\Delta S}{S} = k$$

Формальные основания законов

Фехнер	Стивенс
<p data-bbox="112 554 913 858">Вводится допущение (постулат) <i>о равенстве е.з.р.</i> (приращений ощущения) на всем шкалируемом континууме ощущений:</p> $\Delta R = c_1 \quad \text{а отсюда:}$ $\frac{\Delta S}{kS} = 1 = \frac{\Delta R}{c_1}$	<p data-bbox="985 554 1787 729">Вводится допущение (постулат) <i>о равенстве отношений е.з.р.</i> к величине ощущения:</p> $\frac{\Delta R}{R} = c_2 \quad \text{а отсюда:}$ $\frac{\Delta S}{kS} = \frac{\Delta R}{c_2 R}$

Формальные основания законов

Фехнер

Стивенс

Предполагается возможность *перехода к бесконечно малым*, т.е. *непрерывность* сенсорной оси и адекватность использования математических операций дифференцирования и интегрирования

$$\frac{dS}{kS} = \frac{dR}{c_1}$$

а затем:

$$\frac{c_1}{k} \int_S \frac{dS}{S} = \int_R dR$$

$$\frac{dS}{kS} = \frac{dR}{c_2 R}$$

а затем:

$$\frac{c_2}{k} \int_S \frac{dS}{S} = \int_R \frac{dR}{R}$$

Формальные основания законов

Вывод окончательной формулы:

$$\frac{c_1}{k} \ln S + c_3 = R$$

Далее, вводя допущение о нулевой величине S при пороговом R ($S_0=0$), получаем:

$$R = a \ln S - \ln S_0 \quad \text{или}$$

$$R = k \log \frac{S}{S_0}$$

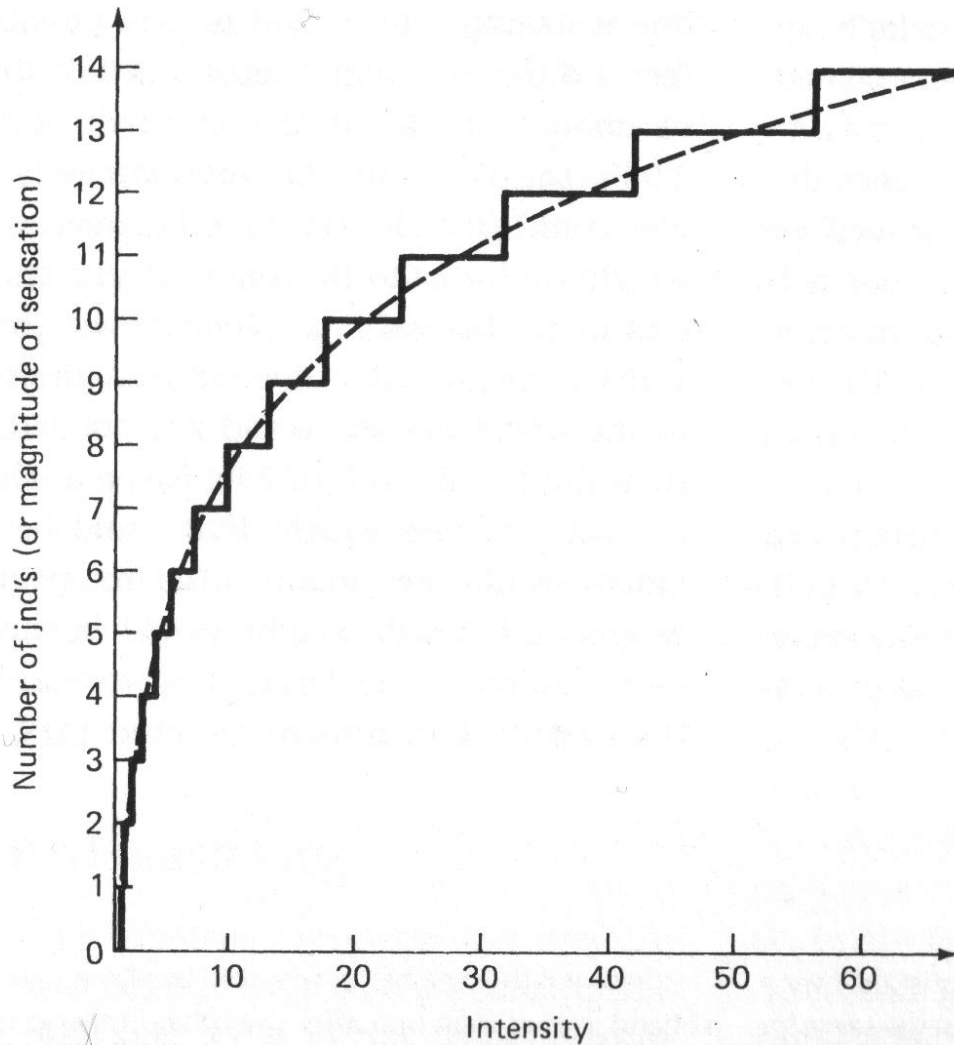
$$\frac{c_2}{k} \ln S + c_4 = \ln R \quad \text{или}$$

$$c_4 S^{\frac{c_2}{k}} = R + c_5$$

и наконец:

$$R = cS^n + d$$

Пример психофизической функции Фехнера – шкала е.з.р.



Методы прямой оценки С. Стивенса



- Процедура оценки:

1. Оценка величины (с модулем и без модуля)
2. Оценка отношения (мультипликация и фракционирование)

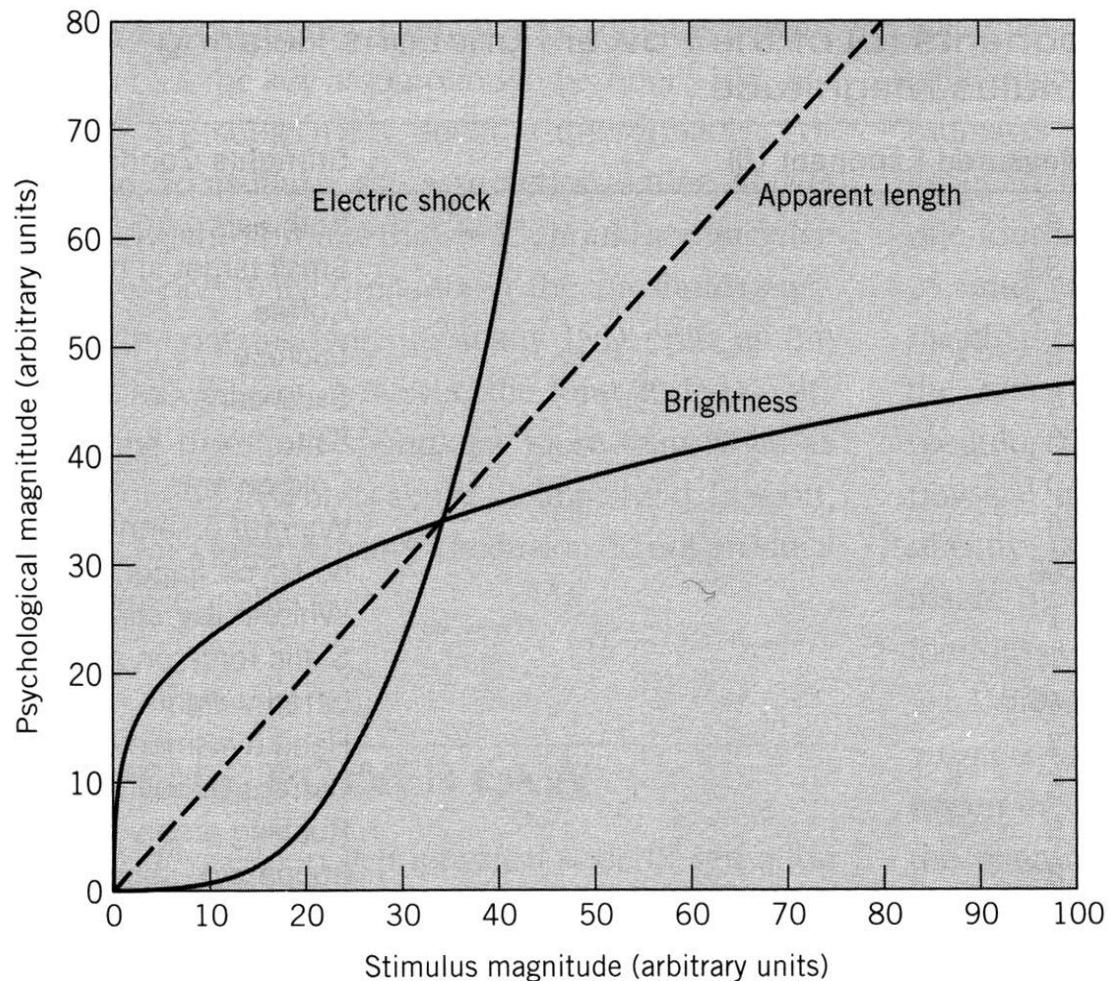
- Процедура установки:

1. Установка величины
2. Установка отношения.

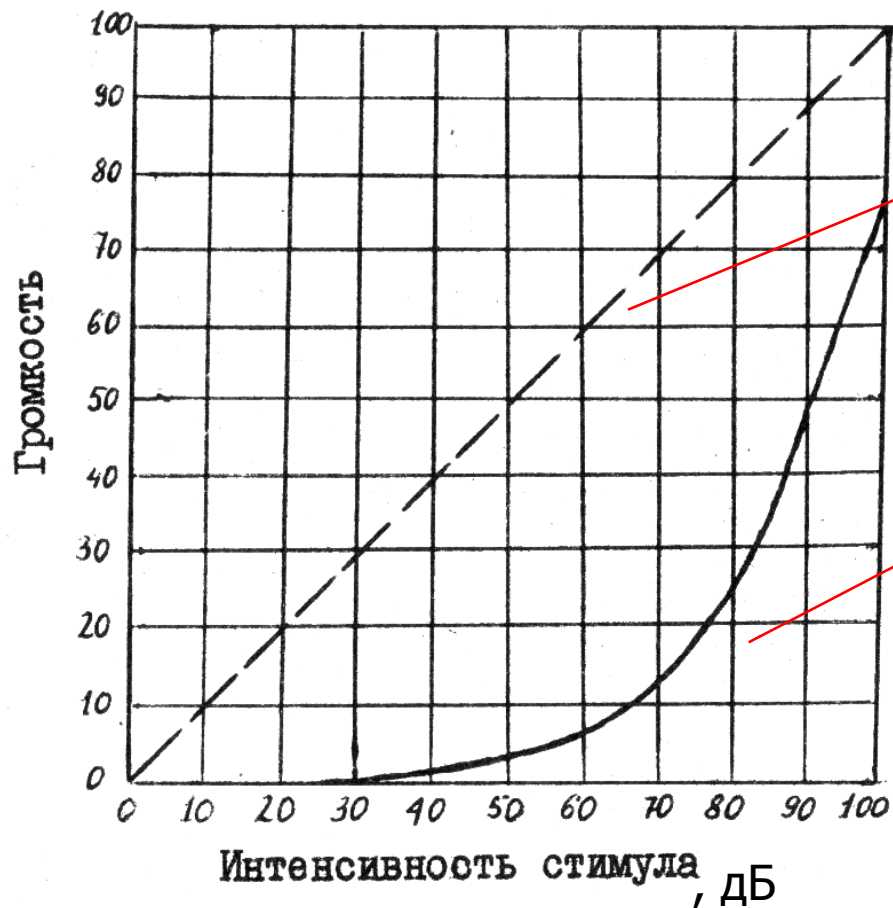
- Метод кросс-модальных сравнений

Примеры степенных психофизических функций

- Для разных модальностей крутизна психофизических функций различна.
- Это особенность наших ощущений.



Шкала громкости по Стивенсу и Фехнеру



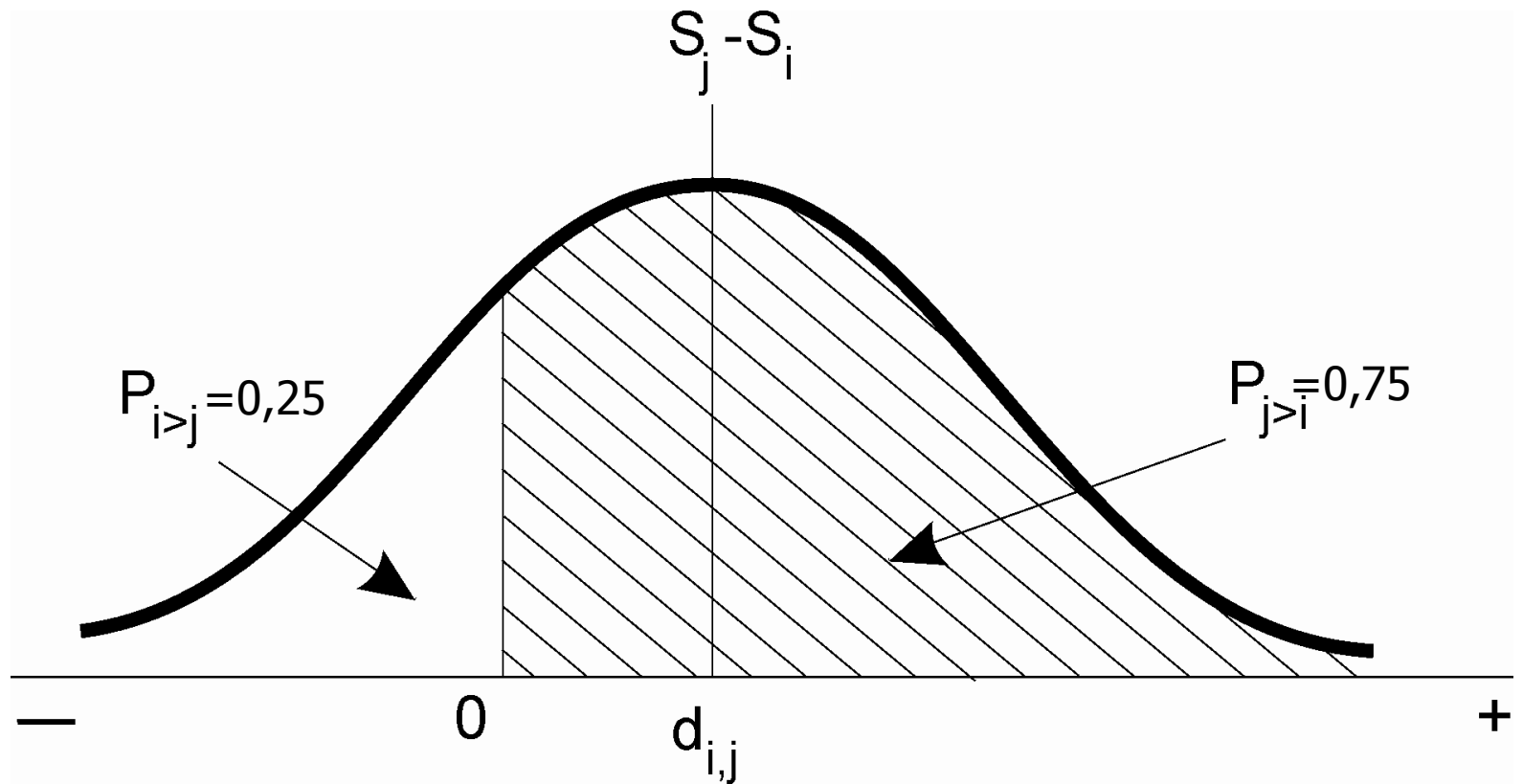
Так будет по Фехнеру,
метод е.з.р.

Так будет по Стивенсу,
метод оценки величины.
Шкала «сонов».

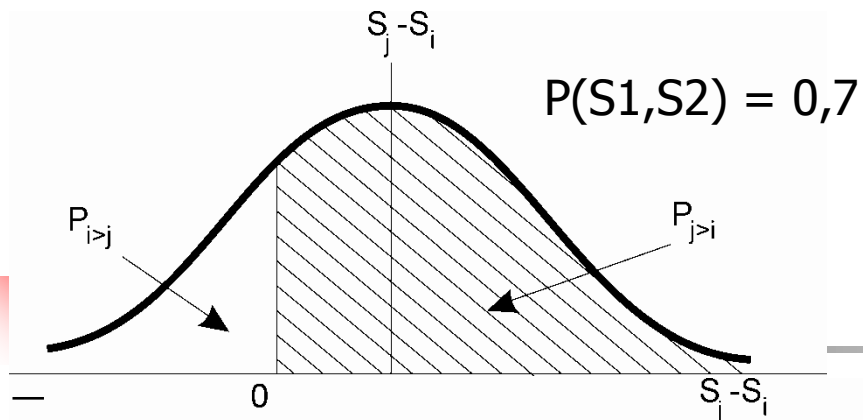
Подход к шкалированию Л. Терстоуна (1887-1955)

- Измерение субъективных характеристик стимулов, не имеющих прямых физических коррелятов - модель Луиса Терстоуна (1927).
- *«Большим преимуществом теории Терстоуна было то, что в качестве стимульных воздействий, вызывающих определенные ощущения, могут выступать не только вес или длины линий, которые испытуемым предлагается сравнивать, но также и вкусовые ощущения, или даже качества политиков перед выборами» (С. Линк, 1995, с. 86).*

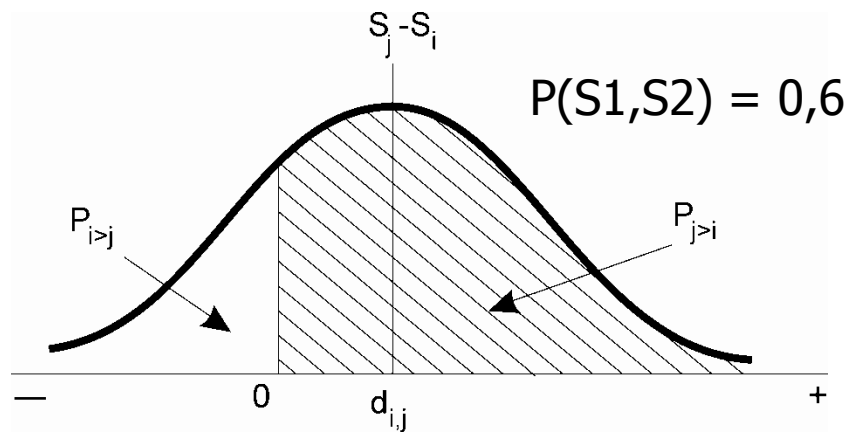
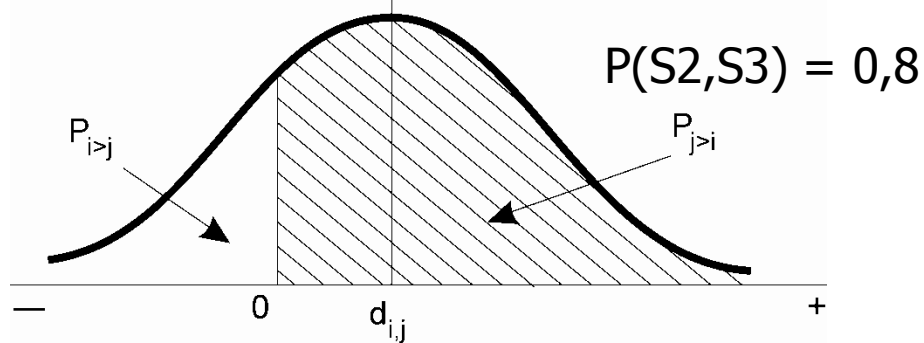
Модель Терстоуна

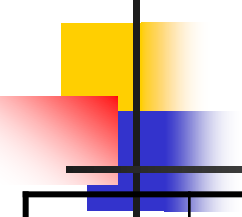


S_j – Жириновский, S_i – Зюганов



	S1	S2	S3
S1	*	3	4
S2	7	*	2
S3	6	8	*





	S1	S2	S3
S1	*	3	4
S2	7	*	2
S3	6	8	*



	S1	S2	S3
S1	*	0,3	0,4
S2	0,7	*	0,2
S3	0,6	0,8	*



	S1	S2	S3
S1	*	-0,52	-,025
S2	0,52	*	-,090
S3	0,25	0,09	*

$$S_j - S_i = 1,44 * z_{j,i}$$

Закон сравнительных суждений Л. Терстоуна

■ **Косвенное** шкалирование: **равно**

замечаемые различия соответствуют **равным** расстояниям на психологической шкале.

■ 3-н сравнительных суждений:

$$S_j - S_i = z_{j,i}(\sigma_j^2 + \sigma_i^2 - 2r_{i,j}\sigma_i\sigma_j)^{1/2}$$

или (при $\sigma = 1$ и $r_{i,j}=0$)

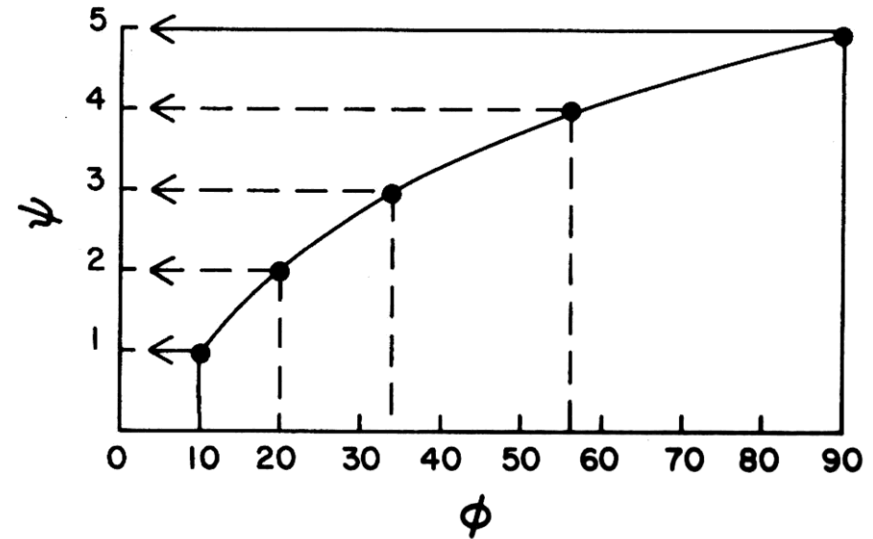
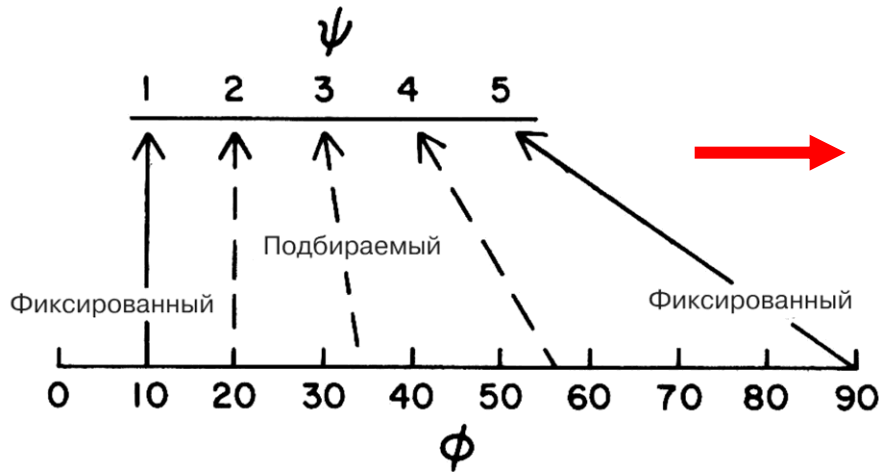
$$S_j - S_i = \sqrt{2} * z_{j,i}$$

Методы прямого шкалирования, приводящие к построению шкалы интервалов

■ Шкалы равных расстояний:

1. Метод равных сенсорных расстояний, метод деления отрезка пополам.
2. Метод категориального шкалирования: соотнесение стимулов с числовыми (1...10) или словесными («низкий», «средний» и «высокий») категориями. Вариант: метод кажущихся равными интервалов.

Метод деления отрезка пополам



Процедура построения (А) и шкала равных сенсорных расстояний,

полученная с помощью симультанного решения (Б).

ϕ – физическая величина стимула,

ψ - субъективная величина стимула. (По Гешхайдеру, 1998).

Специфика психологических измерений

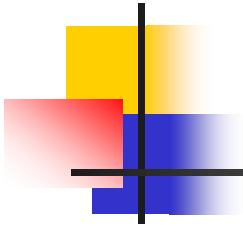
- **df** Процедура *присваивания* числовых значений измеряемому объекту *для представления* их свойств или качеств (Н. Кэмпбелл).

«Измерение заключается в присвоении чисел вещам таким образом, что некоторые *отношения* между ними (числами - А.Г.) соответствуют наблюдаемым отношениям и операциям над вещами, которым они присвоены, или которые с их помощью представляются» (Адамс, 1960).

Типы шкал – уровни психологических измерений

Шкала	Процедура измерения
Шкала наименований	Классификация объектов
Шкала порядка	Метод числовых и графических балльных оценок , метод ранжирования, соотнесение со стандартной шкалой и др.
Шкала интервалов	М-д парных сравнений, м-д равных сенсорных расстояний, м-ды категориального шкалирования
Шкала отношений	Стивенсовские методы: оценка отношений, установление заданного отношения (фракционирование и мультипликация), оценки величины и воспроизведение заданной величины.

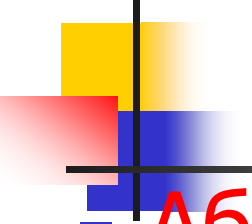
Порог и пороговая проблема



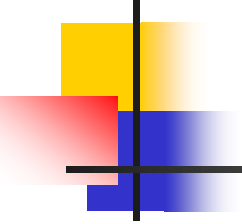
Психофизика I - изучение предельных сенсорных способностей человека или чувствительности органов чувств. **Обнаружение, опознание и различение** сенсорных сигналов.

Классическая и современная психофизика: объектная и субъектная ориентации.

Пороговая терминология

- 
- **Абсолютный порог** – минимальная интенсивность стимула, вызывающая едва заметное ощущение. **Сенсорная чувствительность** – величина, обратная абсолютному порогу. Горечь: 0,05 мг/1 л; свет: 40 км.
 - **Верхний абсолютный** или терминальный порог – максимальная величина стимула, еще приводящая к ощущению данной модальности.

Пороговая терминология

- 
-
- **Разностный (дифференциальный) порог** - минимальная разница интенсивностей двух сравниваемых стимулов. 1-15%: зрение, обоняние.

Субсенсорный диапазон и подпороговое восприятие

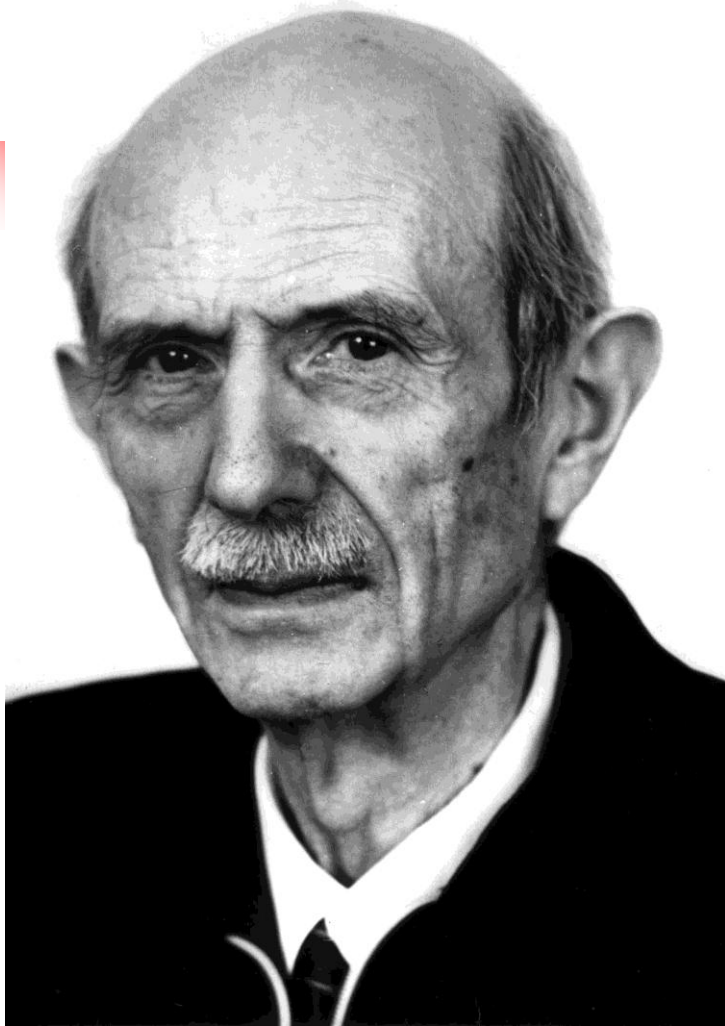
Субсенсорный диапазон – диапазон

сознательно не воспринимаемых стимулов, но оказывающих влияние на человека.

Объективная сенсометрия. Порог субъективной и порог физиологической реакций (В.Г. Гершуни, Е.Н. Соколов).

Подпороговое восприятие – влияние субъективно невоспринимаемого стимула на поведение человека. Методы исследования: мелькающие эмоциональные стимулы, семантическая установка.

Объективная сенсометрия



Гершуни
Григорий Викторович
(1905-1992 гг.)



Соколов
Евгений Николаевич
(1920-2008 гг.)

Классические методы измерения порогов: МЕТОД МИНИМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Измерение абсолютного порога

дБ	↓	↑	↓	↑	↓
36	да	да	да	да	да
34	да	да	да	да	да
32	да	да	да	да	да
30	да	да	да	нет	да
28	нет	да	да	нет	нет
26	нет	нет	нет	нет	нет
24	нет	нет	нет	нет	нет
22	нет	нет	нет	нет	нет
20	нет	нет	нет	нет	нет
AL	29	27	27	31	29

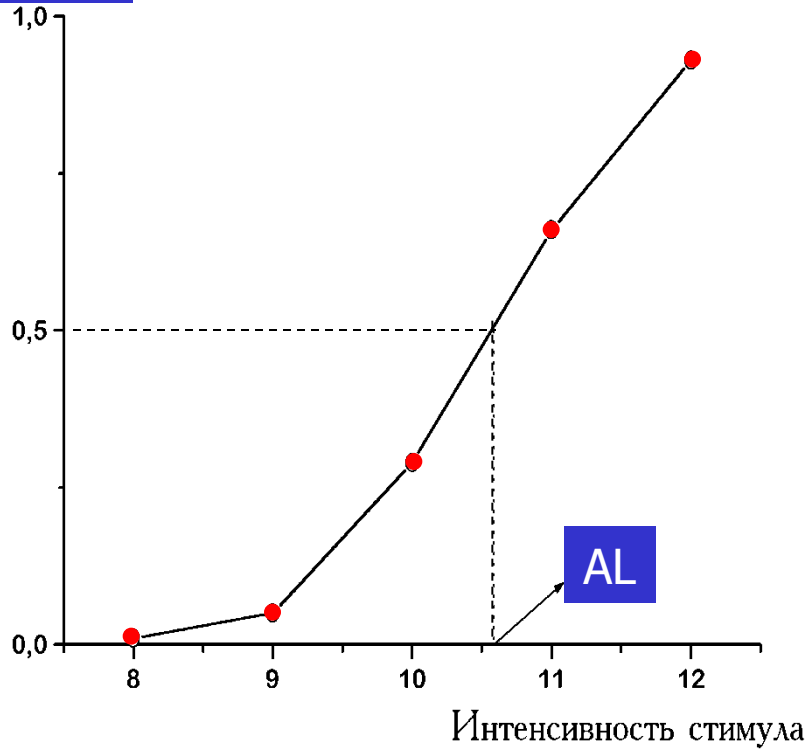
В целом по опыту:

$$AL = (29 + 27 + 27 + 31 + 29) / 5 = 28,6 \text{ дБ.}$$

Метод постоянных раздражителей – анализ психометрической кривой



P(«да»)



- Абсолютный порог – 50% точка на ПМК.

Метод средней ошибки (установки, подравнивания)

Эталонный



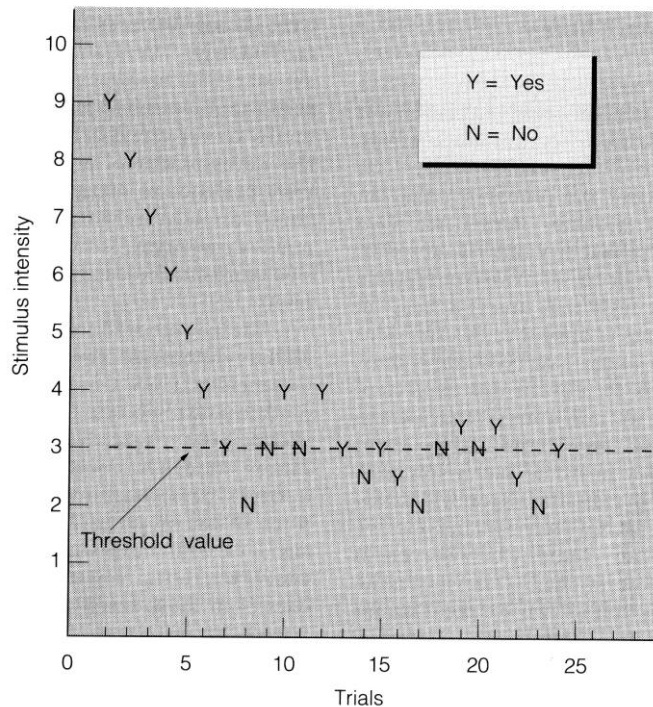
Переменный



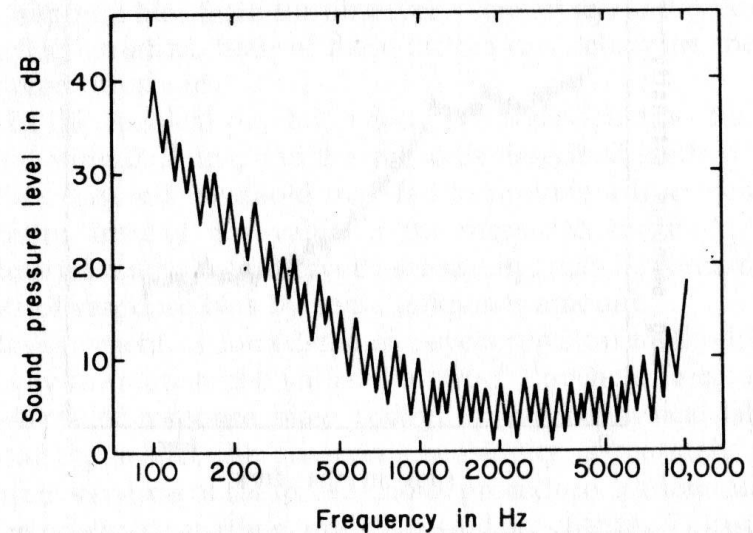
- AL: среднее арифметическое подравниваний.
- DL: 1) средняя ошибка подравниваний;
2) СКО подравниваний.

Адаптивные пороговые методы


- Процедура "вверх-вниз" или метод «лестницы». *(Корнсвит, 1962).*



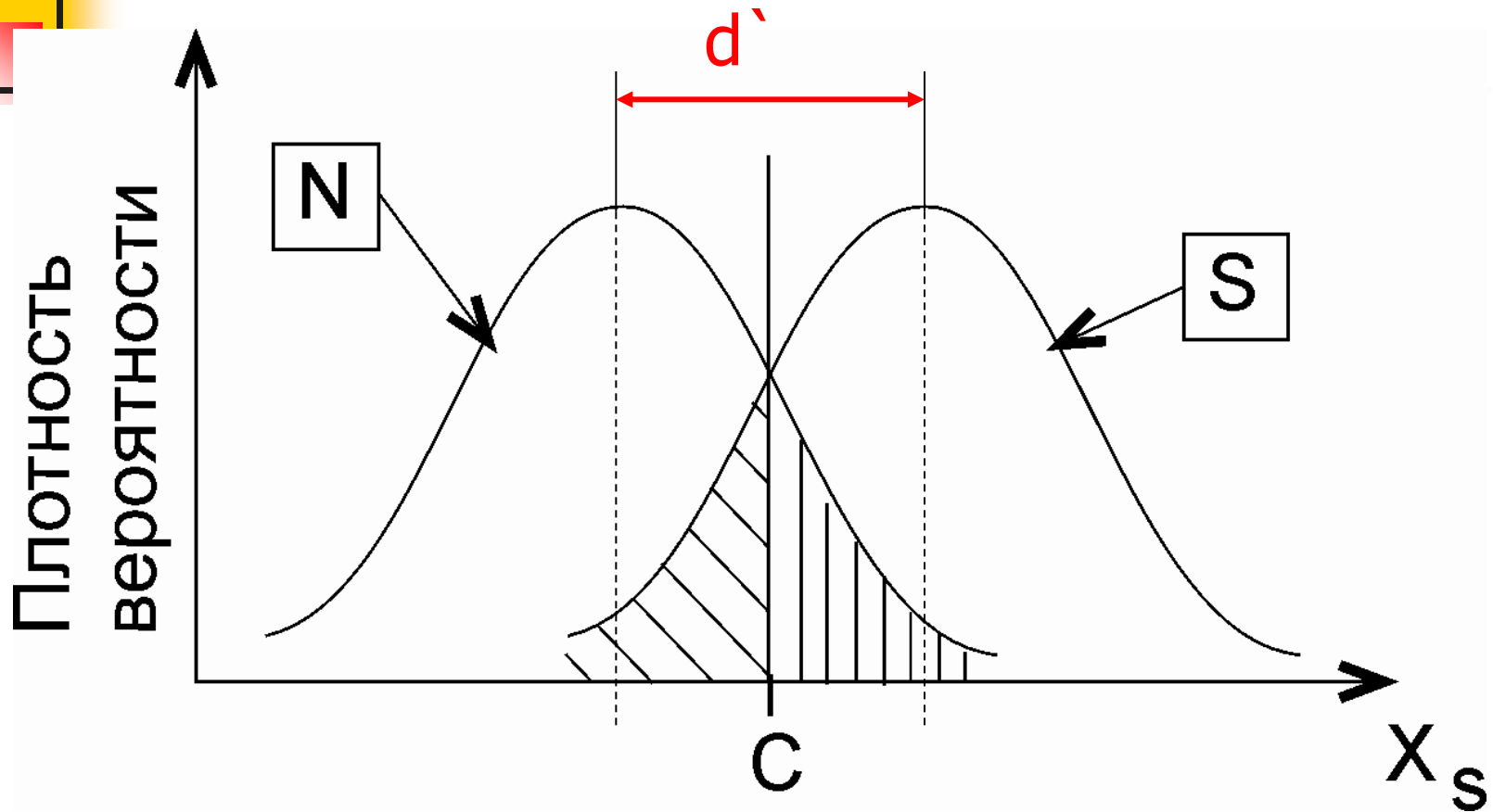
- Метод «слежения» Георга фон Бекеша - измерение аудиограммы.



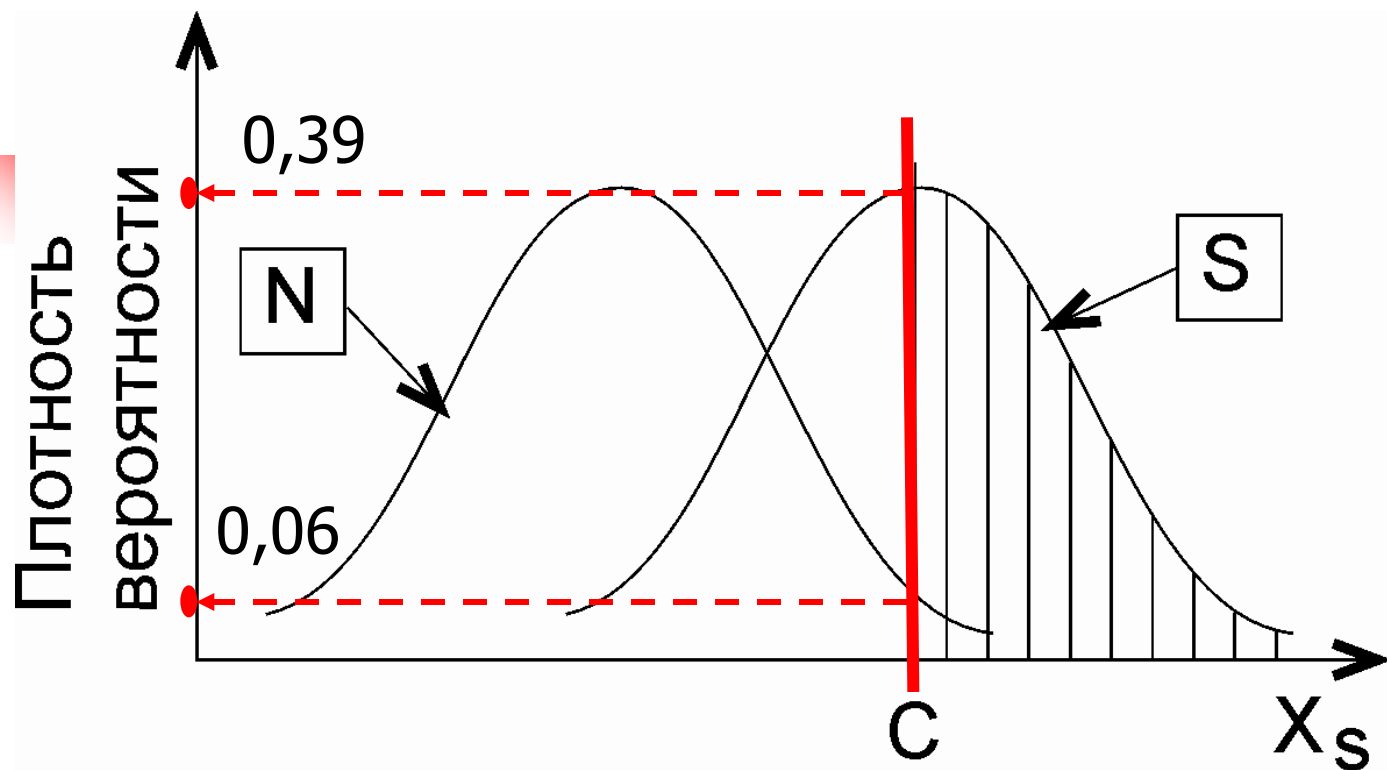
Современная психофизика: ТОС

- 
- Пересмотр классического понятия порога.
 - Обнаружение/различение «порогового» сигнала как решение сенсорной задачи в ситуации неопределенности. Анализ процесса принятия решения.
 - Разделение сенсорных и несенсорных процессов в рамках формальной модели.
 - 2 составляющие ТОС в психофизике:
 1. Модели статистической радиофизики.
 2. Математическая теория решений.

Вводится мера сенсорной чувствительности - d'

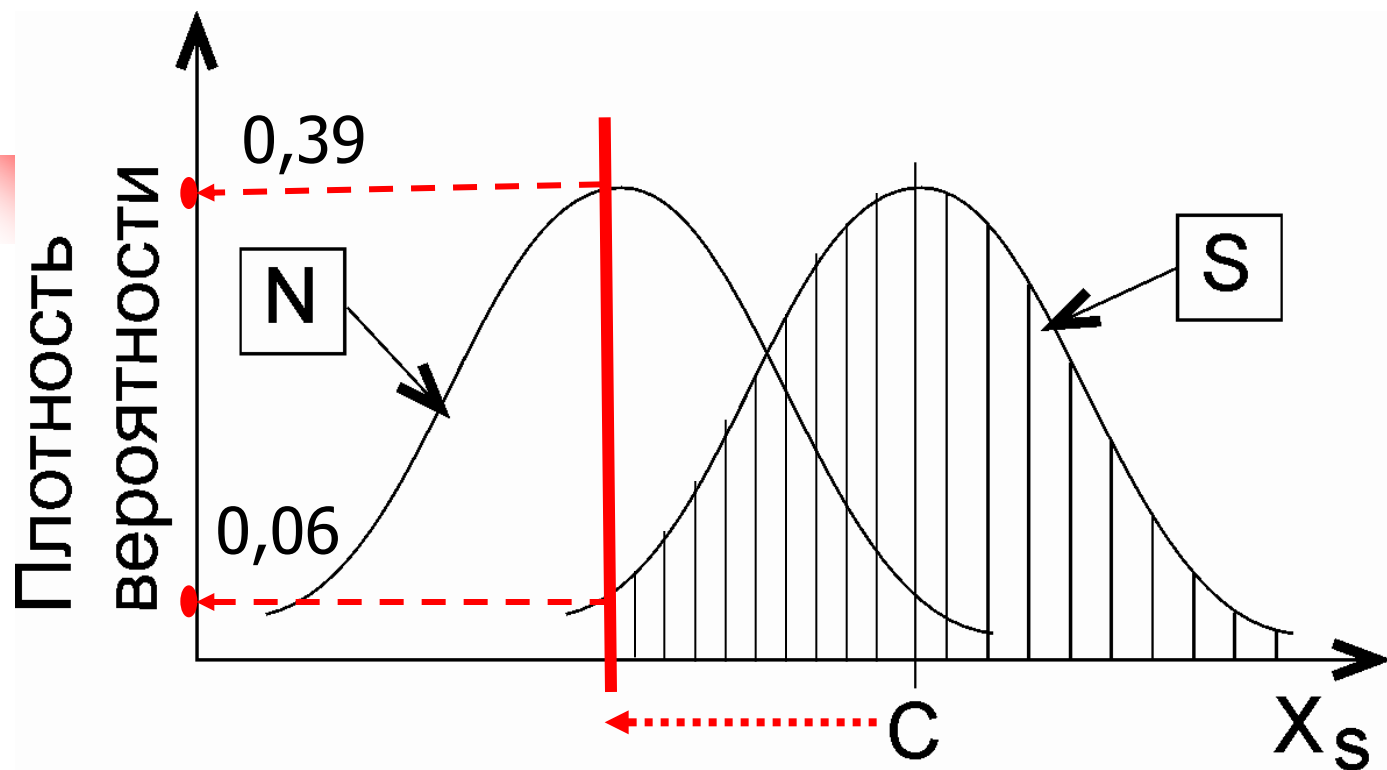


Как оценить строгость критерия принятия решения?



$$\beta = 0.39 / 0.06 = 6.5 \text{ – строгий критерий}$$

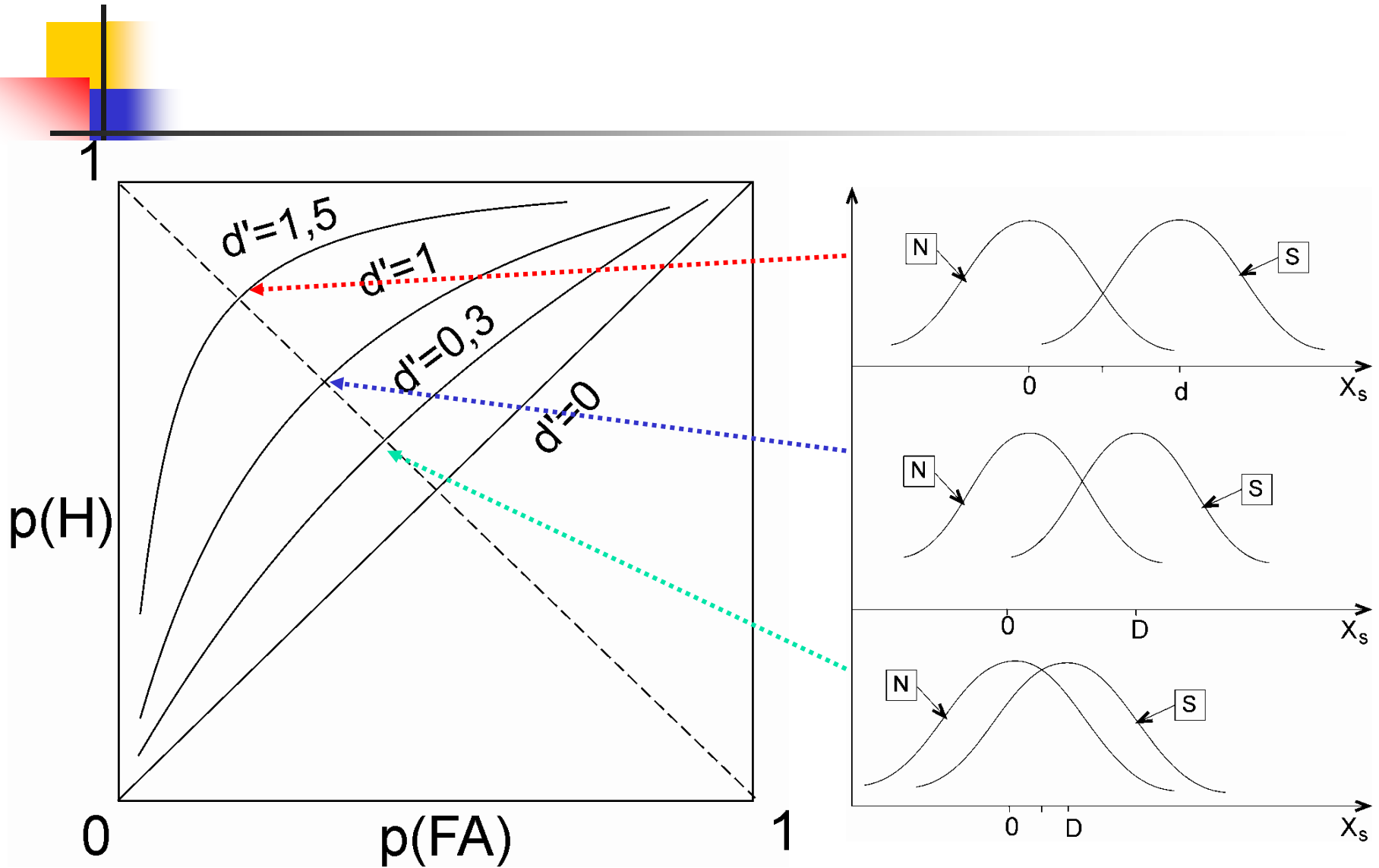
Как оценить строгость критерия принятия решения?



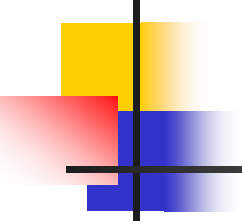
$\beta = 0.06 / 0.39 = 0.15$ – либеральный критерий.

Или просто: *YesRate* = $P(\text{«Да»}) / 2$,
где $P(\text{«Да»})$ - частота ответов «Да».

Модель ТОС: кривые РХ, чувствительность



Методы ТОС

- 
-
- Метод «да-нет».
 - Метод 2АВВ.
 - Метод оценки уверенности.

Психофизика в России и МГУ



- **ИП РАН:** работы Ю.М. Забродина, К.В. Бардина, их учеников.
- **Факультет психологии:** работы Е.Н. Соколова, Ч.А. Измайлова, А.М. Черноризова; М.Б. Михалевской.