

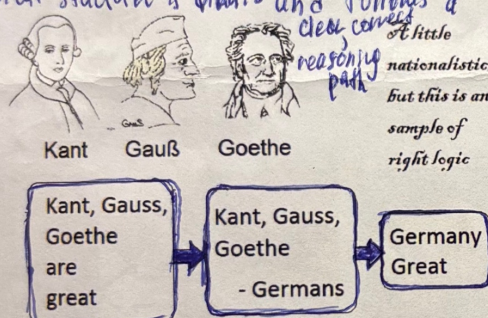
Logic continues to be abused in politics, religion and most non-scientific areas

Boole's contribution was to show how to systemize these principles and express them in equations (called Boolean logic or Boolean algebra).

Claude Shannon (1916-2001) showed how to use Boolean algebra as the basis for switching technology. This contribution systemized logical thinking for computer and communication systems, both for the design and programming of the systems and their applications.

Logic continues to be abused in politics, religion, and most non-scientific areas.

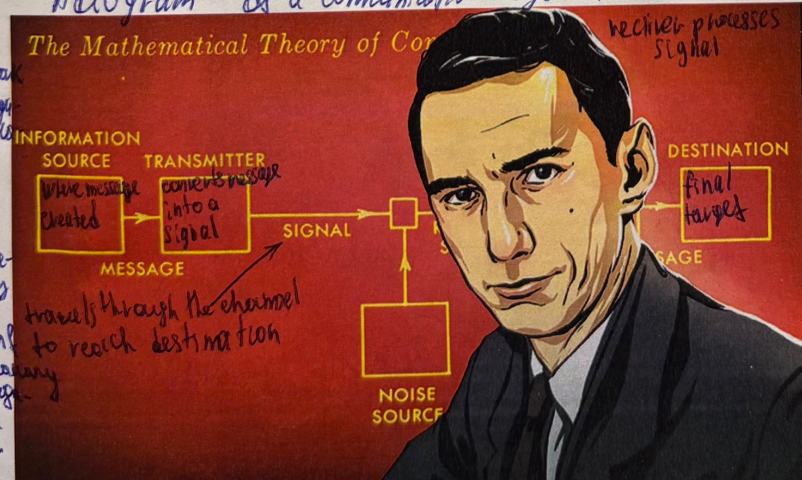
The logical structure is ~~Mad~~ and follows a clear, correct <sup>little</sup> nationalistic, reasoning path, but this is an sample of right logic



An individual incorrectly generalizes personal attributes based on group identity

### Diagram of a communication system

*The Mathematical Theory of Con*



**Creating a reliable connection over an unreliable (noisy) channel that's what IT is about**

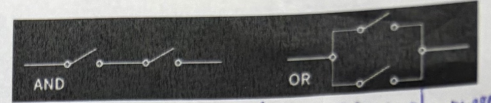
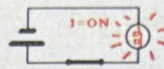
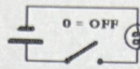
and that's what Shannon did

ист. инф. конк.: операция, кодирование и хранение инф с целью поиска и достоверности  
смысл ввек памяти "интронум" inf - мнр непрер. или повезди inf. в сообщени. Чем больше возможно в  
сообщении - тем выше инф интронум.





Sapere aude!



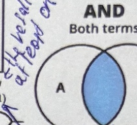
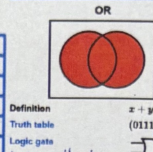
Boolean symbols:

A - and  
V - or  
T - not

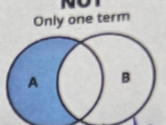
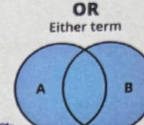
### Logical addition (disjunction)

| A | B | F = A ∨ B |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0         |
| 0 | 1 | 1         |
| 1 | 0 | 1         |
| 1 | 1 | 1         |

| Conjunction: |   |       |
|--------------|---|-------|
| p            | q | p ∧ q |
| T            | T | T     |
| T            | F | F     |
| F            | T | F     |
| F            | F | F     |



### BOOLEAN LOGIC



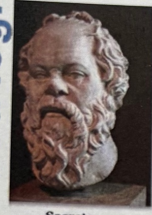
A ∨ B is T if either A or B or both are T

OR operations include all elements that are in either set, or in both

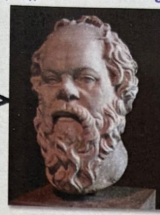
the output values of the OR operations for all possible combinations of inputs

Gate outputs true if at least one of the inputs is true

Good logic



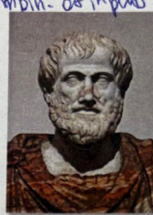
Socrates was a philosopher



Socrates

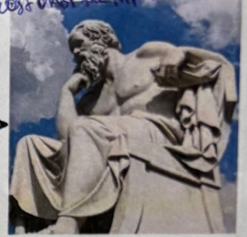
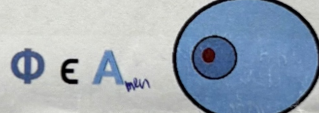


Plato



Aristotle

philosophers are men



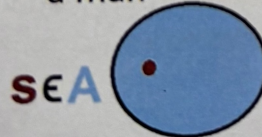
Socrates was a man



Bad logic



Socrates was a man



Socrates

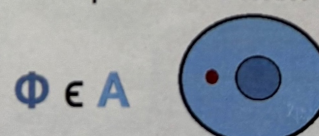


Plato



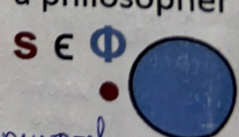
Aristotle

philosophers are men

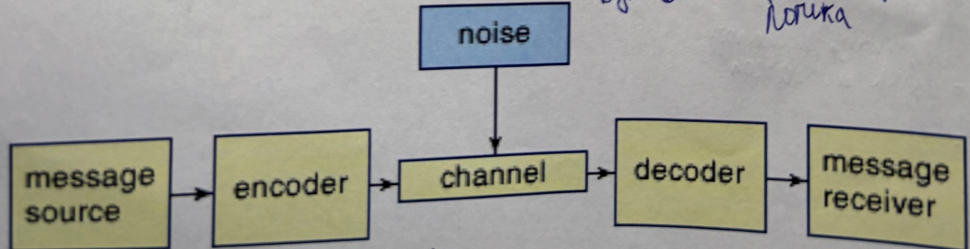


Socrates

Socrates was a philosopher



Будем надеяться - это опровергается наукой





## Аристотелевская логика (1)

↓  
Помогает рассуждать словами,  
как и в обычной жизни

↓  
Принципы: если есть 2 вещи или  
мы можем сделать из них логический вывод

↓  
Example: 1. Все собаки → животные.  
2. Рок-собака. ⇒ 3. Рок → животное.

↓  
Собственно: лог. посылки: "все", "некоторые"  
или "или"  
2) помогают строить аргументы  
3) Логика работает по лог. правилам логики

Схожесть: обе логики работают с истинной и ложью,  
используют логические операции ("и", "или")

Различия: 1- основана на введении выводов из утверждений.  
2- математическая, оперирует с Т/Ф с помощью алгебры

1- применяется в философии, политике, юриспруденции.  
2- информатика, программирование.

## Булева логика (2)

↓  
Работает с простыми высказываниями, которые  
могут быть либо истинны 1, либо ложны 0

↓  
Принципы: лог. след. логические операции  
AND (и), OR (или), NOT (не), if... Then

↓  
Example: A = "Идет дождь", B = "Земля мокрая"  
NOT A - дождя не идет

↓  
Собственно: лог. формулы и символы  
2) основы алгоритмов, особенно через  
3) очень точная и строгая

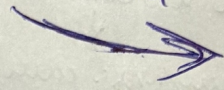


Марковская цепь вероятностей потерь в окислении.

30%-0% прирост в догнанный

80%-100% прирост в догнанный

Это имитирует марковскую модель, где потеря в весе  
зависит только от текущего состояния

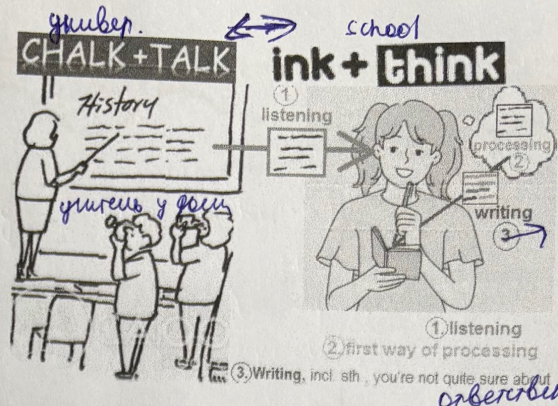
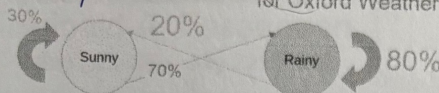


создан для удобного внесения  
погр. данных и расчета вероятности





Markoff Chain Probability Model for Oxford Weather



School  $\downarrow$  gravity  $\downarrow$  MOTION

==formalism==> University  $E=MC^2$   $\Phi$   $\Delta$   $\sigma$   $\int$   $\vec{J}$   $\vec{J}$

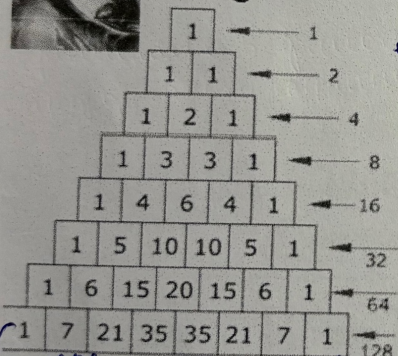
Motivation: 80% chance of rain

Let  $A_j$  be the event of rain at Jan on day  $j$  of this term,  $1 \leq j \leq n$

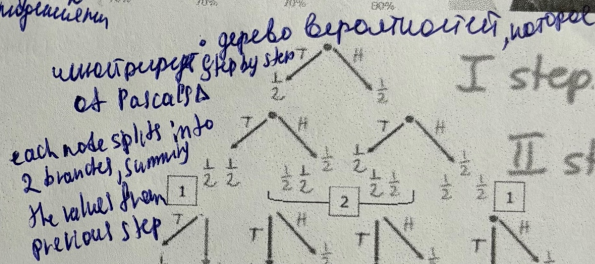
формализация вероятности  
80%-матрица вероятности  $A_j$  вероятности, не зависящие от времени  
это связывает формализм с реальными наблюдениями



Pascal's triangle



каждое число = сумма двух чисел из предыдущего ряда



I step

II steps

как probability  
процесс с вероятностями  
не зависящими от времени  
(forgetting context)

III steps

$$(a+b)^0 =$$

$$(a+b)^1 =$$

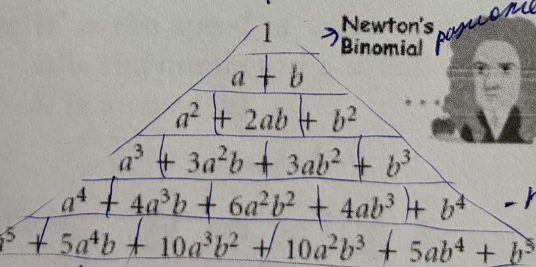
$$(a+b)^2 =$$

$$(a+b)^3 =$$

$$(a+b)^4 =$$

$$(a+b)^5 =$$

$$(a+b)^8 = a^8 + 8a^7b + 28a^6b^2 + 56a^5b^3 + 70a^4b^4 + 56a^3b^5 + 28a^2b^6 + 8ab^7 + b^8$$



Newton's Binomial



Исаак Ньютон

номера в треугольнике  
Pascal's D

каждое число corresponds to the coefficient in the expansion of

The binomial theorem states that  $(a+b)^n$  can be expanded using the coef. from P.D.

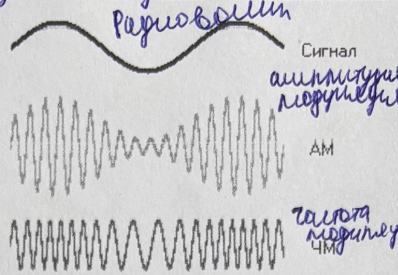
a binomial expression  $(a+b)^n$



Первый пересылка по радио в 1900г.  
 первая радиостанция через Атлантику 1906г.



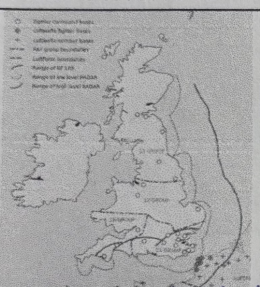
**Reginald A. Fessenden**  
 (October 6, 1866 – July 22, 1932)



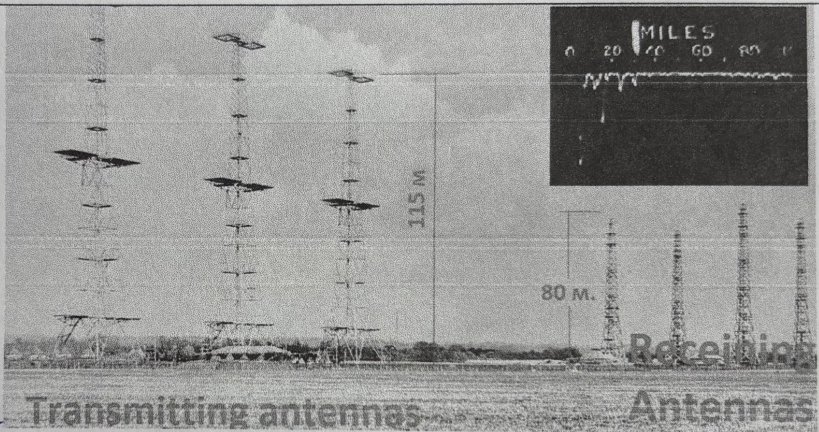
(October 6, 1866 – July 22, 1932)  
 Achievements:  
 first transmission of speech by radio (1900), and the first two-way radiotelegraphic communication across the Atlantic Ocean (1906)

"Ни одна организация, занимающаяся какой-либо конкретной областью деятельности, никогда не изобретает какие-либо важные разработки в этой области или не внедряет какие-либо важные разработки в этой области до тех пор, пока она не будет вынуждена сделать это из-за внешней конкуренции.." Oxford University Press. The Quarterly Journal of Economics, Feb., 1926, p. 262.

**Battle of Britain**  
 (3 month 3 weeks)  
 10.07-31.10.1940



radar system could detect the approach of enemy aircraft at significant distance



Radar played a major role in the Battle of England

**H. Nyquist**



theorem is fundamental to digital signal processing

$$W = K \log m$$

формула на которую приходится продукция скорости канала

Where  $W$  is the speed of transmission of intelligence,  
 $m$  is the number of current values,  
 and,  $K$  is a constant.



**Ralph Hartley**  
 (81:1888-1970)

inf measure

$$H = n \log s$$

amount of inf.

number of possible symbol states

$$= \log s^n$$

где  $n$  - количество инф.

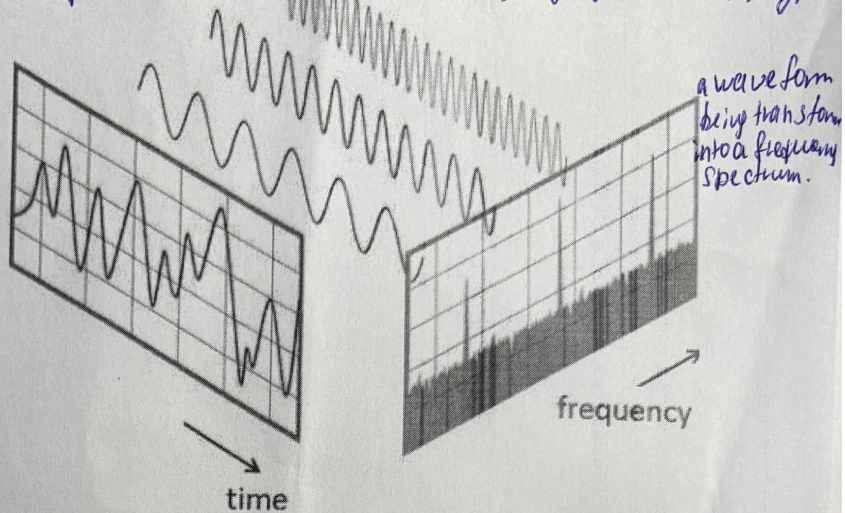


# Fourier transform

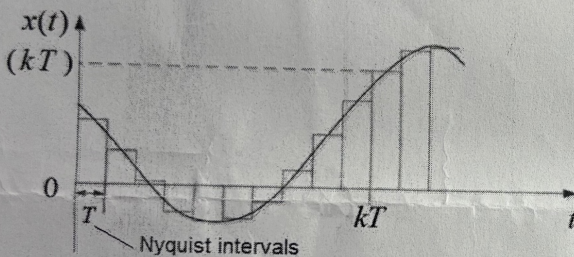
Symbolized how complex sounds could be broken down into simple sine waves at different frequencies



Матем. операция расширяет функции (сигналы) на синус разной частот. Оно преобразует функцию времени в Фурье показывая какие частоты присутствуют в исходном сигнале и скакой амплитудой (исп. в обработке сигналов: видео, аудио, медицине (МРТ) и др.



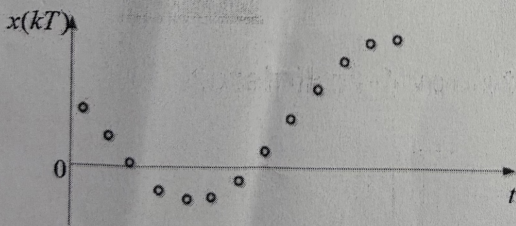
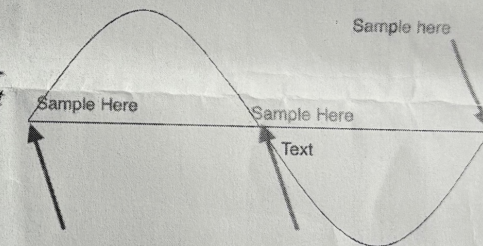
## Sampling. Kotelnikov-Nyquist Theorem



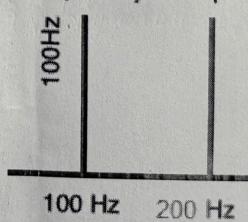
Time intervals  $T$ , through which readings  $s(kT)$  are taken, are called Nyquist intervals.

Sine with period  $T$

Sampling at  $T/2$



frequency Sample



Владимир Котельников

$$F_{\text{sample}} \geq 2 * F_{\text{max}}$$

$$(T_{\text{sample}} \leq T_{\text{min}} / 2)$$

Дискретизация - процесс преобразования непрерывного сигнала в цифровой путём измерения его значений через определённые промежутки.

$$f = \frac{1}{T}$$

Пример: у нас сигнал звучит до 20кГц, для наименьшей аналого-цифровой частоты 1кГц. Если нарушить теорему, возникнет искажение сигнала, высокие частоты будут "отражены" в низкочастотную область, создавая артефакты



Moose

Heard Mouse

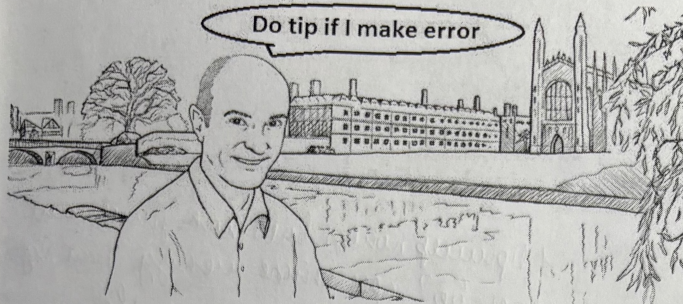


+0.1 to fin

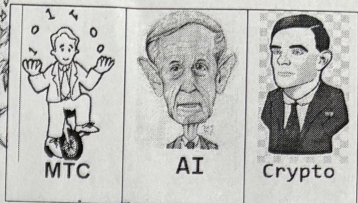
Grade

25.2.25

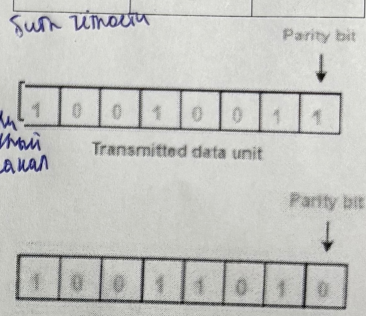
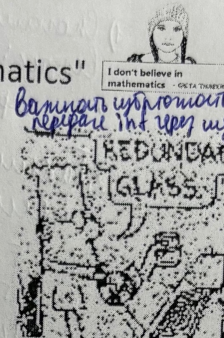
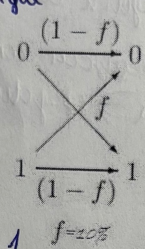
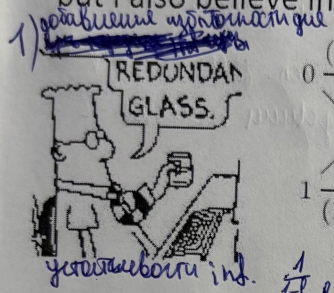




Sir Dr. D. MacKay,  
University of Cambridge  
(22 April 1967 – 14 April 2016)



"I believe in clean energy,  
but I also believe in mathematics"



ENCODER      t      CHANNEL      r      DECODER       $\hat{s}$

$f = 10\%$

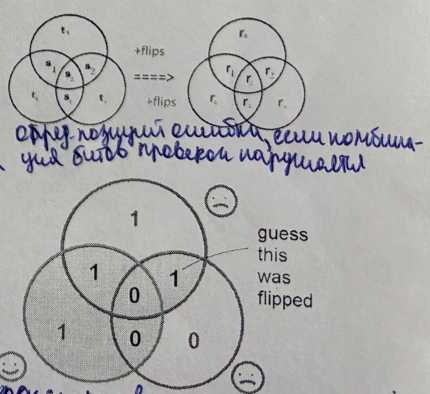
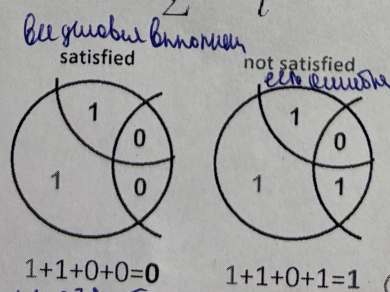
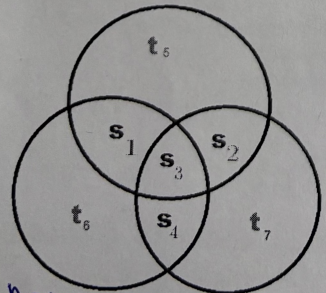
| Source sequence | Transmitted sequence |
|-----------------|----------------------|
| s               | t                    |
| 0               | 000                  |
| 1               | 111                  |

The repetition code  $R_3$

Пример простейшей проверки суммы: 7/40 или 8/6 соотв.  
Повторили код. Конкретно ищем соотв. повторили 3 раза. Приемник немет восстан. оригинал путем голосования, но при более чем одной ошибке у нас возможны различные суммы

|                   |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| source message s  | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   |
| t                 | 000 | 000 | 111 | 000 | 111 | 111 | 000 |
| n                 | 000 | 001 | 000 | 000 | 101 | 000 | 000 |
| r                 | 000 | 001 | 111 | 000 | 010 | 111 | 000 |
| corrected errors  |     | *   |     |     |     |     |     |
| undetected errors |     |     |     |     | *   |     |     |

### 7.4. Hamming code. $\frac{4}{\Sigma} \rightarrow \frac{7}{t}$



Показано как формулируются биты четности проверки и проверка с помощью. Код Хэмминга 7-битовый (7,4): 7 битов пересылки (исходная двоичная сумма); 4 из них информационные (содержат полезную информацию); остальные 3 бита четности (контрольные), добавлены для обнаружения и исправления одной ошибки.



1. Пример показывает как уменьшится кол-во? при выводе между 4-ми модальностями?
- 2) Сначала делить группу на две, и вопрос: эта группа содержит нулевой вес?
- да - переходят к сфер. распределению внутри группы
- 3) Таким образом исп. двоичное дерево поиска  $\Rightarrow$  ср. длина поиска  $\approx 2$

|    |      |
|----|------|
| DD | DDDD |
| DD | DD   |
| DD | D    |
| DD | D    |

1-0,5  
2-0,25  
3-0,125  
3-0,125

$$\log_2(h)$$

$$\log_2(4) = 2$$

$$\begin{array}{r} 552 \\ 000 \\ \hline 3 \end{array} \approx 4$$

$$\frac{\begin{array}{ccc} 1111 & 22 & 33 \\ \hline DDD & DD & DD \end{array}}{8} = \frac{448}{8} = \frac{14}{1} \approx 175$$

ср. кол-во ?



Эти скрин относятся к линейным стратегиям или стратегиям выбора



Say NO to the first



Say YES to the second if it is better than the first



Say NO to the third only if it is worse than all the others

Откажитесь от первого, не сравнивая его

сравнивать

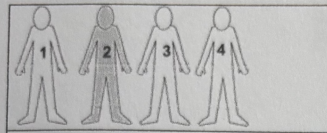
average of? needed to identify a specific person from a set of candidates based on their prob.

Average number of questions =

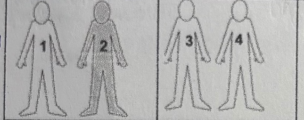
$$1*0.5 + 2*0.25 + 3*0.125 + 3*0.125$$



1)

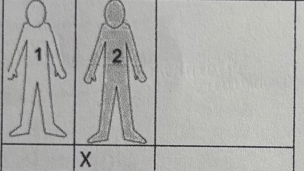


1 question - the first or second group



X

2 question - the first or second group



X

decision-making process

comparing!

Average number of questions =

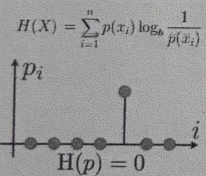
$$2*0.25 + 2*0.25 + 2*0.25 + 2*0.25 = 2$$

|                                         |  |                  |
|-----------------------------------------|--|------------------|
| Question 1.<br>Is this Zuckerberg?      |  | 1*0.5<br>50%     |
| Question 2.<br>Is this Sergey Brin?     |  | 2*0.25<br>25%    |
| Question 3.<br>Is this Stefan from BMW? |  | 3*0.125<br>12.5% |
| So Prince Saud                          |  | 3*0.125<br>12.5% |

Average number of questions = 1.75

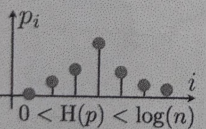
формула имеет prob. каждого кандидата быть верным и ком-во? среднее значение

2)



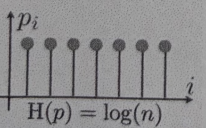
$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 \frac{1}{p(x_i)}$$

Quantifying information

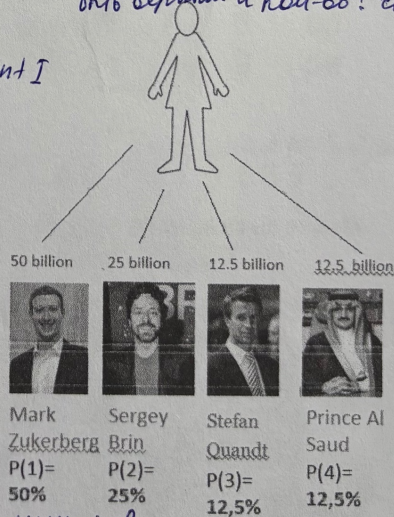


$$I(x_i) = \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right)$$

number of bits required to encode choice



$$\sum_{i=1}^n p(x_i) I(x_i)$$



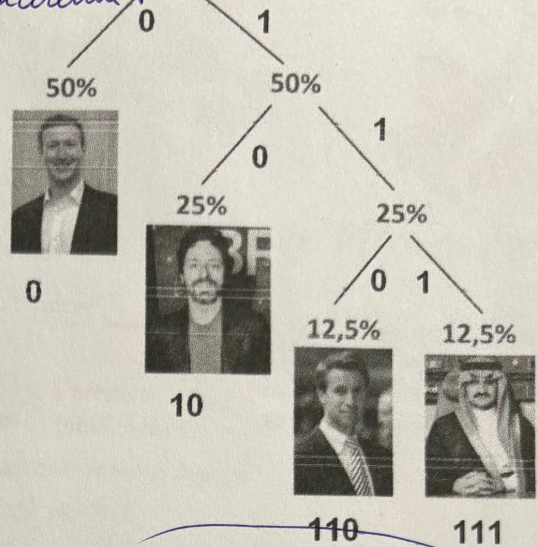
Объясните эти формулы - мера непер. или inf.

График показывает: если вероятность равна 0.5, то информация; если она близка к 1, остальные почти 0 - информация



Huffman tree process of creating Huffman coding tree. Characters are assigned binary code based on its frequency. Characters with higher frequency are closer to root, resulting in shorter codes. The binary codes are created by пересечение дерева

left are 0  
right - 1.



каждый символ independent, не зависит от предыдущего символа не зависит от предыдущего

голова павлина буй в фразе

двух символьный анализ

First-order approximation  
(symbols independent but with frequencies of Belarusian txt).

| Мама мыла ра                                                           |     |        |
|------------------------------------------------------------------------|-----|--------|
| М - 3                                                                  | 30% | 1-3 М  |
| а - 4                                                                  | 40% | 4-7 а  |
| ы - 1                                                                  | 10% | 8 - ы  |
| л - 1                                                                  | 10% | 9 - л  |
| р - 1                                                                  | 10% | 10 - р |
| 10                                                                     |     |        |
| лла <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">мама</span> р |     |        |

| Мама мыла ра |     |        |
|--------------|-----|--------|
| Ма - 2       | 22% | 1-2 ма |
| ам - 2       | 22% | 3-4 ам |
| мы - 1       | 11% | 5 мы   |
| ыл - 1       | 11% | 6 ыл   |
| ла - 1       | 11% | 7 ла   |
| ар - 1       | 11% | 8 ар   |
| ра - 1       | 11% | 9 ра   |

considering of symbols where the prob. of a symbol appearing depends on the previous symbol

breaks down the sentence into indiv. symbols with 1st order app.



9 numbers represent positions in the text  
0. 4 6 7 3 1 9 1 6 7 3 5  
ам ыл ла ам ма ра ма ыл ла ам мы  
мылла рама



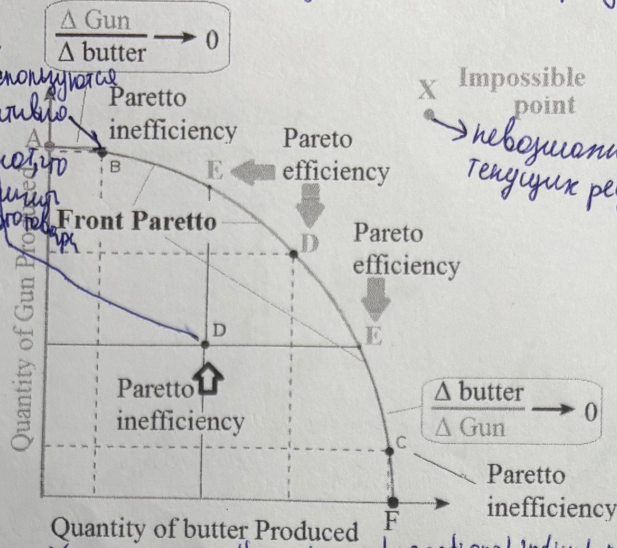
using 2-order app.

Second-order approximation (digram (symbols) structure as in Belarusian)



График отображает производственную возможность, показывает компромисс между произв. 2-х товаров. Кривая Парето показывает макс. возможности комбинации произв. 2-х товаров.

Точка на прямой исполняемая как экстенсивно показывается, что можно увеличить произв. одного товара без ущерба для др.



by Vilfredo Pareto  
1849-1923

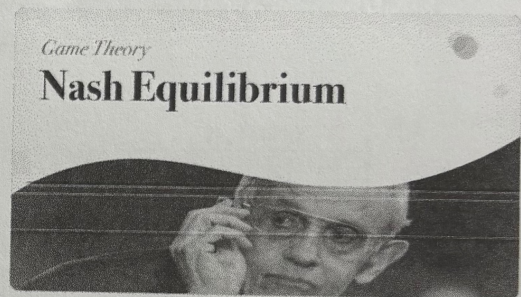
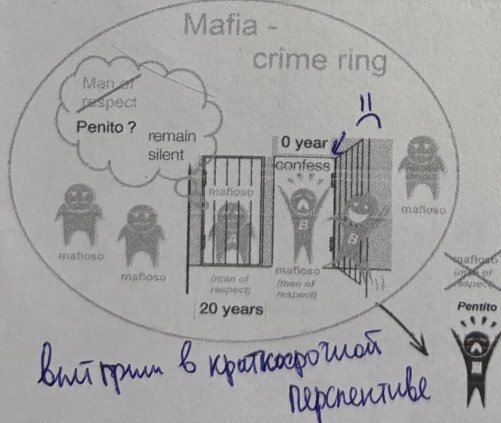
The orange sector E-D-E is the most Pareto efficient - since an increase in one indicator leads to a decrease in another.

Prisoner's dilemma game theory shows why 2 national individ. might not cooperate even if it appears to be in their best interest

Prisoners' dilemma

|            |               | prisoner B      |                 |
|------------|---------------|-----------------|-----------------|
|            |               | confess         | remain silent   |
| prisoner A | confess       | 5 years 5 years | 0 year 20 years |
|            | remain silent | 20 years 0 year | 1 year 1 year   |

© 2010 Encyclopaedia Britannica, Inc.



\*\* => Nash equilibrium

|                    |          | H <sub>2</sub> (x) |                               |
|--------------------|----------|--------------------|-------------------------------|
|                    |          | Player 2           | Recognition; Non-recognition; |
| H <sub>1</sub> (x) | Player 1 |                    |                               |
| Recognition;       | 1        | 1<br>-5 *          | 2<br>-20                      |
| Non-recognition;   | 2        | -20<br>0           | -1<br>-1                      |

Равновесие Нэша - ситуация в которой каждый игрок выбрал наилучшую стратегию, учитывая выбор другого.

Парето-оптимальная - ситуация, где невозможно улучшить положение одного участника не ухудшив положение другого.

Pareto Optimality



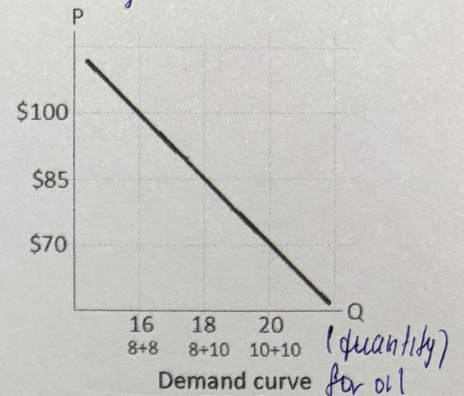
historical price

## Oil price hits 18-year low

Brent crude, US dollars per barrel



As the quantity demanded increases, the price decreases following the law of demand



Game theory matrix: a payoff matrix used to analyze the strategies and potential outcomes for two oil-producing entities

| Barrel |                                                                                                         | 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2. <i>strategie</i>                                                                                       |  |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|        |                                                                                                         | $8 \cdot 10^6$  day<br><i>mil/per</i>                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $10 \cdot 10^6$  day |  |
| 1.     | $8 \cdot 10^6$       | <br><b>\$800</b><br>millions<br>per day<br><br><br><b>\$100</b> <i>per barrel</i><br><br><b>\$800</b><br>millions<br>per day | <br><b>\$850</b><br>millions<br>per day<br><br><br><b>\$85</b> <br><b>\$680</b>                        |                                                                                                           |  |
|        | $10 \cdot 10^6$  day | <br><b>\$680</b><br>millions<br>per day<br><br><br><b>\$85</b> <br><b>\$850</b><br>millions<br>per day                       | <br><b>\$700</b><br>millions<br>per day<br><br><br><b>\$70</b> <br><b>\$700</b><br>millions<br>per day |                                                                                                           |  |
| 2.     |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                           |  |

2 players and their strategies

Caricature of John Nash and his work on game theory & Nobel Prize



Optimal: - both cooperate → producing 8m barrels per day → joint revenue 1600  
 - one player increases to 10m barrels, while other stays at 8m, total revenue ↓, but player producing more oil gains a larger share  
 - both 10m barrel → reducing revenue for both (1400m)

Каждый игрок выбирает свою стратегию, учитывая выгоды