



Ассоциация физиков Молдовы (SFM)



Семинар Института Электронной Инженерии и Нанотехнологий

Сидоренко Анатолий:

Quo Vadis? Этика научного поиска - искусственные нейрональные сети, компьютеры не-фон Неймановской архитектуры

“SPINTECH” project of the EU Horizon 2020 Program, grant agreement No 810144 (2018-2022):

“Boosting the scientific excellence and innovation capacity in
spintronics of the D. GHITU Institute of Electronic Engineering and
Nanotechnologies of Moldova”

19 апреля 2021

Limits of semiconducting technology:

- **LARGE size and big Power consumption**

Data Centers: Facebook Data Center **Luleå, Sweden**



- 2014 completion target
- Cost: ~760 M\$
- Nearby Lule River generates 9% of Sweden's electricity (~4.23 GW)
- Average annual temperature: 1.3 °C

Courtesy of S. Holmes

Data Centers:

- ☐ Cloud computing
- ☐ Banking
- ☐ Shopping
- ☐ Social Networks
- ☐ Search Engines....

Luleå 
data center:
120 MW
(max power)

Supercomputers: K-Computer (Japan)



Top500 No. 4 supercomputer: K-computer (Japan):
10.51 petaflop/s, 12.7 MW

Top500 No. 1: Tianhe-2 (China):
33.9 petaflop/s, 17.8 MW

TOP 500[®] rating updated in June 2014
SUPERCOMPUTER SITES

Эволюционный путь развития полупроводниковой электроники достиг предела.

Что дальше?

– переход на новые принципы - не-фон Неймановскую архитектуру
на другой элементной базе

(Джон фон Нейман - *John von Neumann*,
28 декабря 1903, Budapest — 8 февраля 1957, Princeton)

**Новая элементная база нейроморфных процессоров на основе
макроскопических квантовых эффектов в сверхпроводниках**

**Нелинейные элементы, нейроны - контакты Джозефсона (аналоги транзисторов)
и линейные коммутирующие элементы (шины) - синапсы**

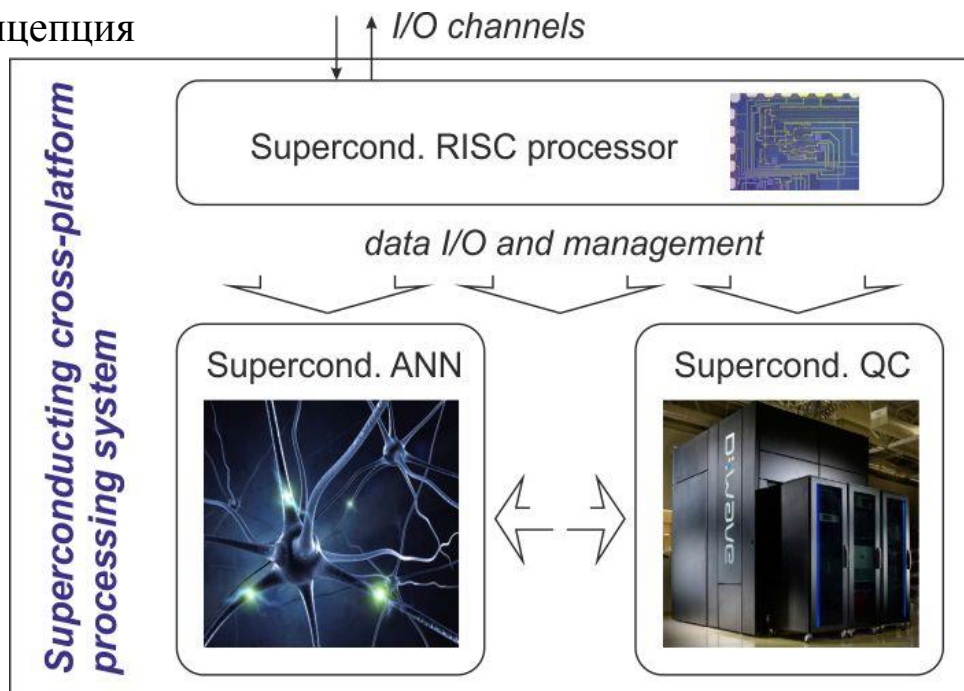
Beyond Moore's technologies: operation principles of a superconductor alternative.

I.I. Soloviev, N. V Klenov, S. V Bakurskiy, M.Y. Kupriyanov, A.L. Gudkov, A.S. Sidorenko. Beilstein
J. Nanotechnol. 8 (2017) 2689–2710. <https://doi.org/10.3762/bjnano.8.269>

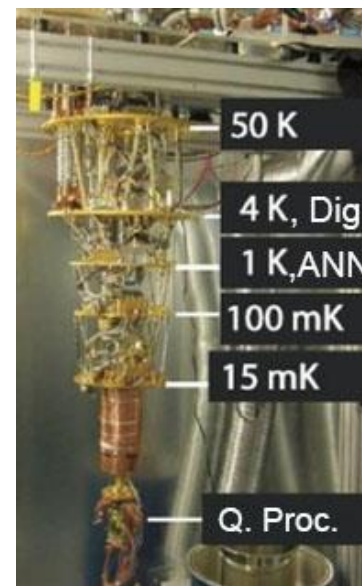
Сверхпроводящие «гибридные» решения

Быстрая и энергоэффективная платформа для квантовых и нейросетевых вычислений – компьютеров не фон-Неймановской архитектуры

Концепция

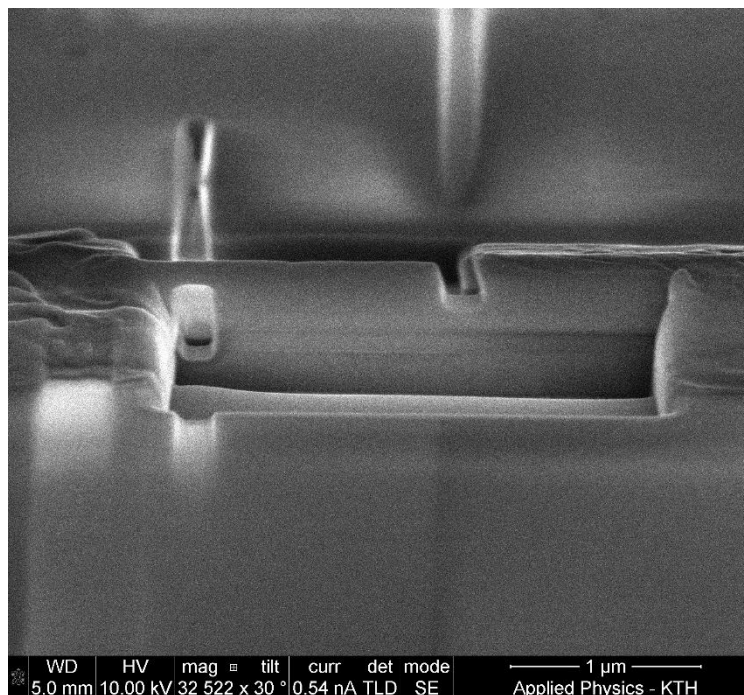
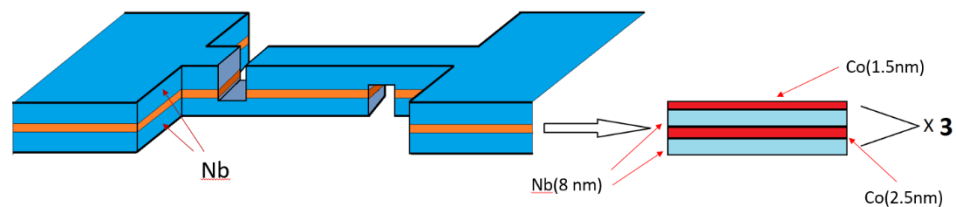


Общая элементная база!

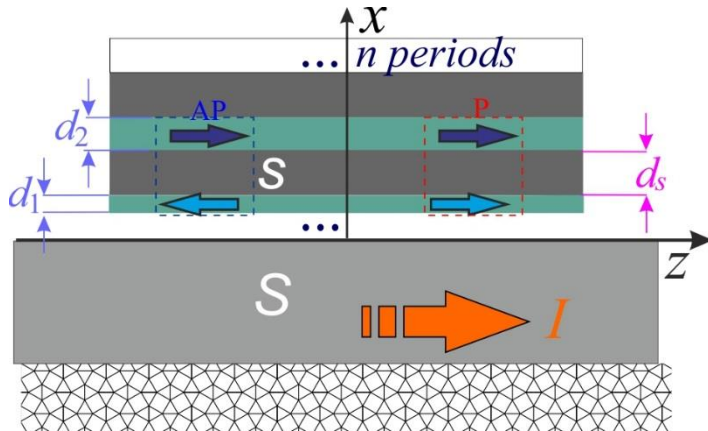


Температурные «уровни»
функционирования ANN
и Quantum Computer

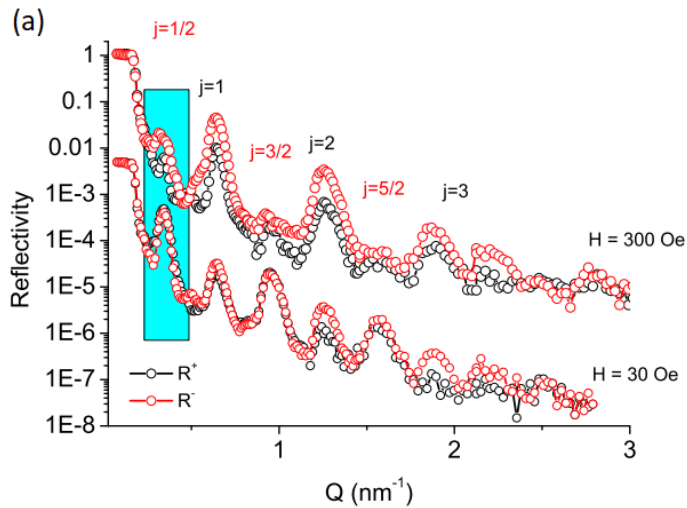
Реализация нейронов - контакт Джозефсона - спиновой вентиль, S-F-S контакт (фотолитография – изготовление «полосок» с последующим ионным травлением в торец структуры)



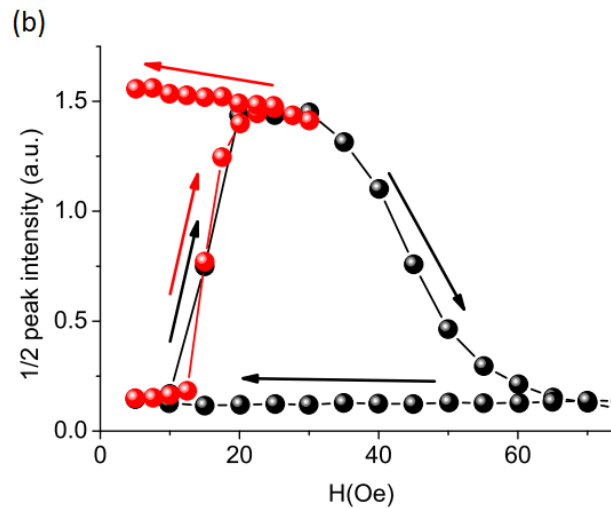
Реализация синапсов



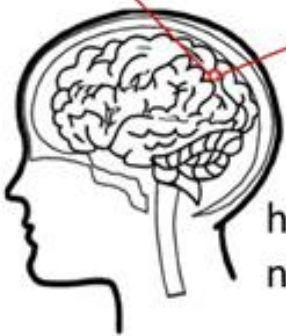
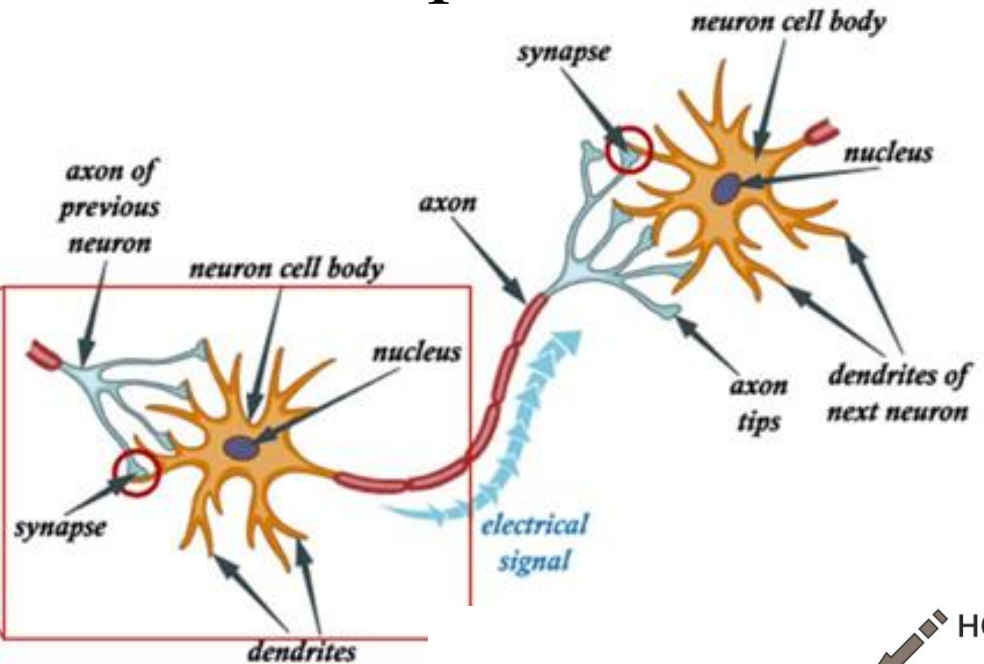
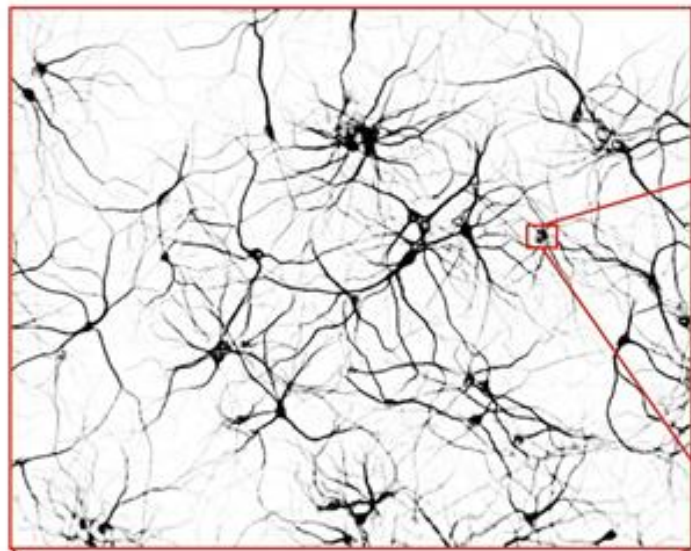
Многослойная S/F/S перестраиваемая
кинетическая индуктивность



Характерные масштабы управляющих полей :



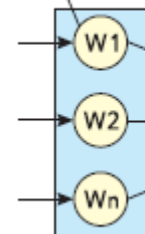
Физическая реализация нейронов и связей:



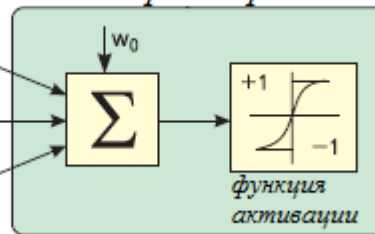
humans don't need features

Copyright © 2014 Victor Lavrenko

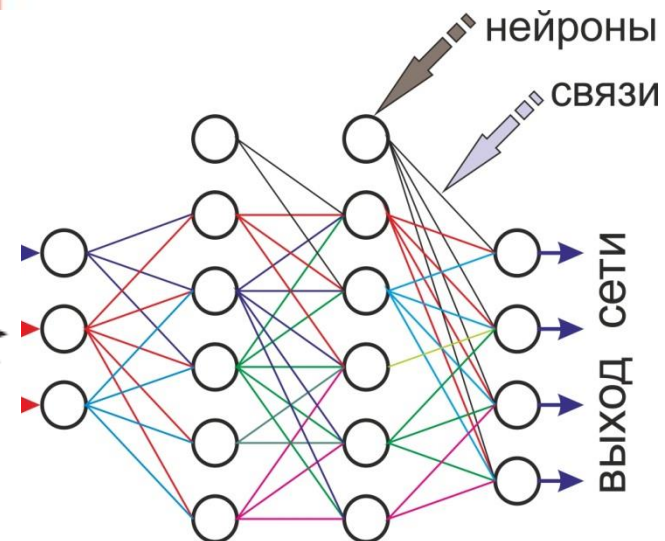
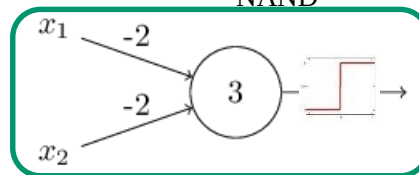
синапсы



Ядро нейрона

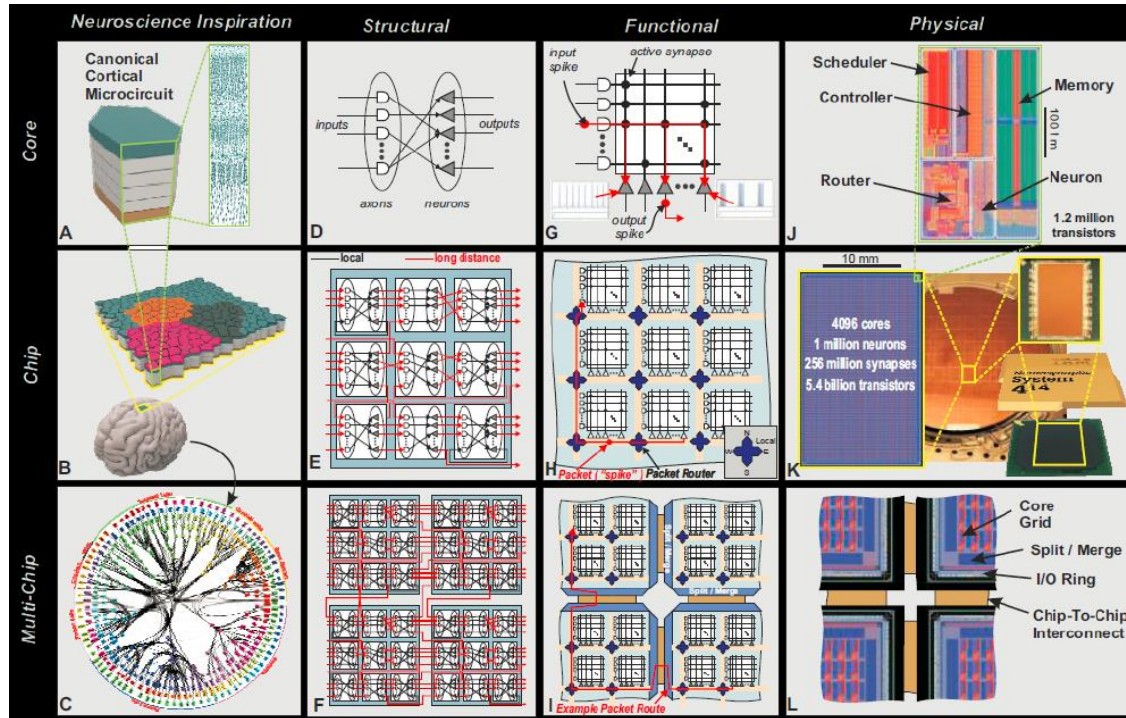


NAND



Современные подходы к созданию элементной базы нейронных сетей

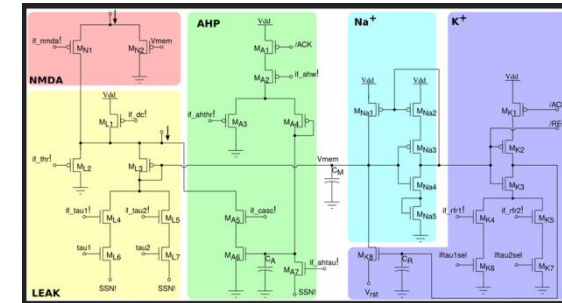
IBM TrueNorth



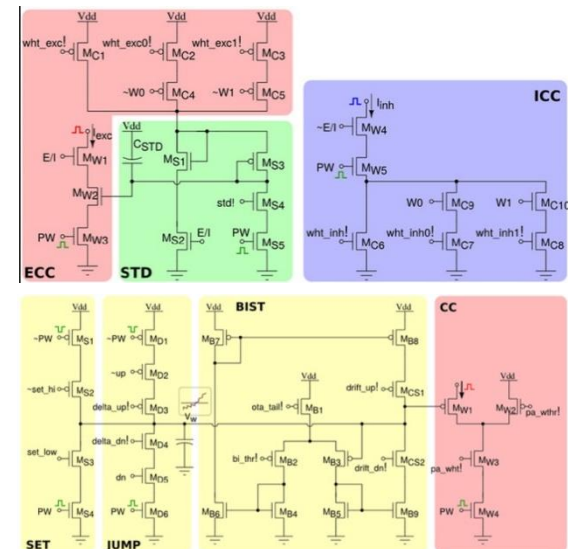
■ Science 345, 668 (2014)

■ Front Neurosci. 9, 141 (2015)

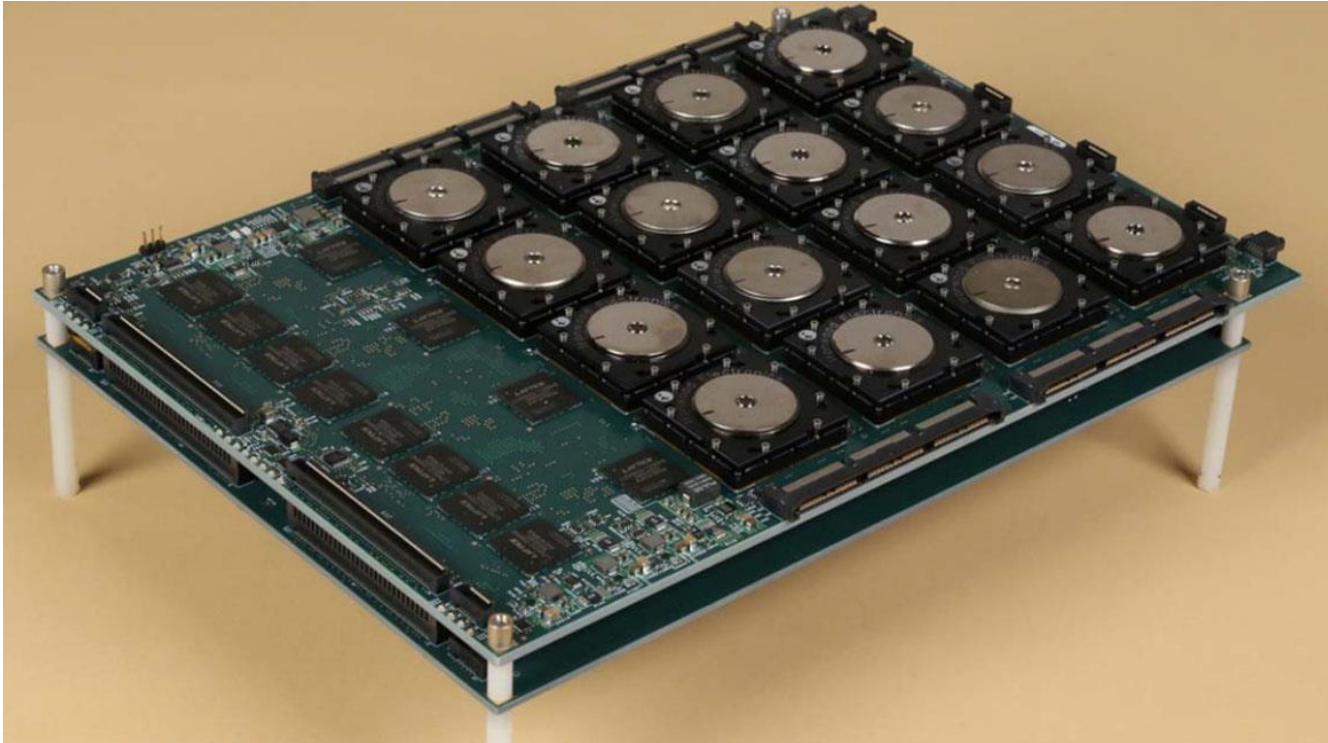
КМОП нейрон



Схемы для синапса



Современные подходы к созданию элементной базы нейронных сетей

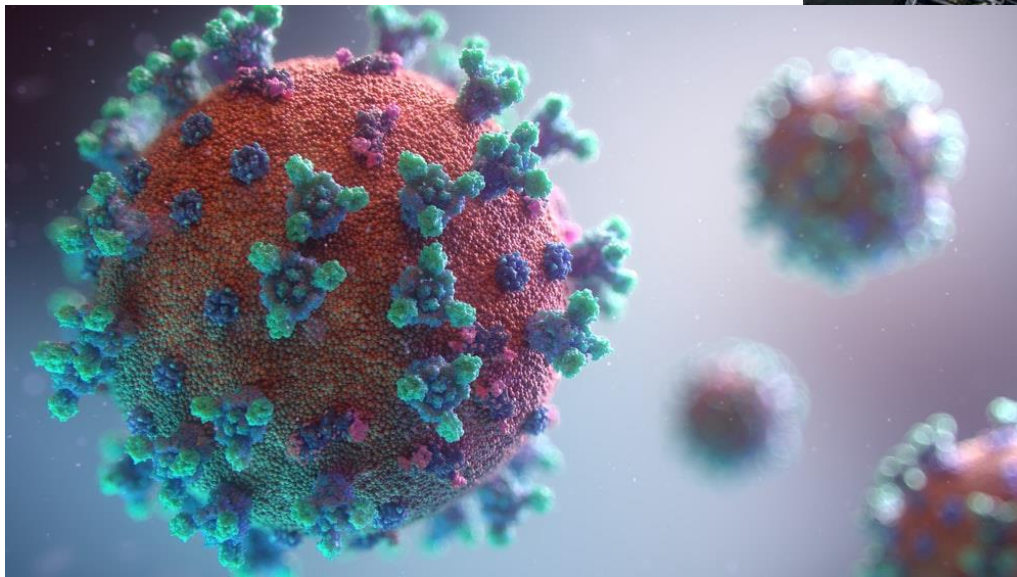


- Отладочная плата с 16 нейроморфными процессорами “IBM TrueNorth”, каждый из которых содержит более 5 млрд транзисторов и имитирует работу до 1 миллиона модельных «нейронов» и до 250 миллионов связей между ними («синапсов»). IBM (August 2014).

нейронные сети для управления полетами



Системы ANN в генной инженерии и милитаризации космоса



ANN – самообучающаяся система



Три этических закона роботехники Айзека Азимова:

- 1) Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинён вред.**
- 2) Робот должен повиноваться всем приказам, которые даёт человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат первому закону.**
- 3) Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит первому или второму законам.**