

Курс: управление научными проектами

Занятие 3

научные проекты в области компьютерных наук и  
ИИ, выбранные для реализации в семестре

18/25 сентября  
2024

# Как организовать научное исследование какого либо сложного феномена или процесса ?



Надо понять, **какая информация** может быть получена при анализе данных эксперимента, оценить какие признаки процесса имеют отношение к цели реализации проекта

# Парадигма современной системы знаний

**Классика:** **Cogito**, ergo sum

( лат. — «Мыслю, следовательно, существую»)

**Современность:** **Computo**, ergo sum ( лат. - «Вычисляю, значит существую»).

Философия Информационно-Вычислительного натурализма: законы физики — «компьютерные» программы, а окружающий человека мир - квантовый компьютер, который вычисляет самого себя?!



# Цель занятия

- Сформулировать КОНКРЕТНЫЕ темы научных проектов, которые будут выполняться в этом семестре (за основу взять материалы школы НЦФМ в г. Сарове и соглашение между СПбПУ с МГУ) по направлению

создания принципиально новых технических устройств, воплощающих возможности работы информационно открытых систем :

- системы обучения машин
- высокопроизводительные вычислители, работающие в системах ИИ

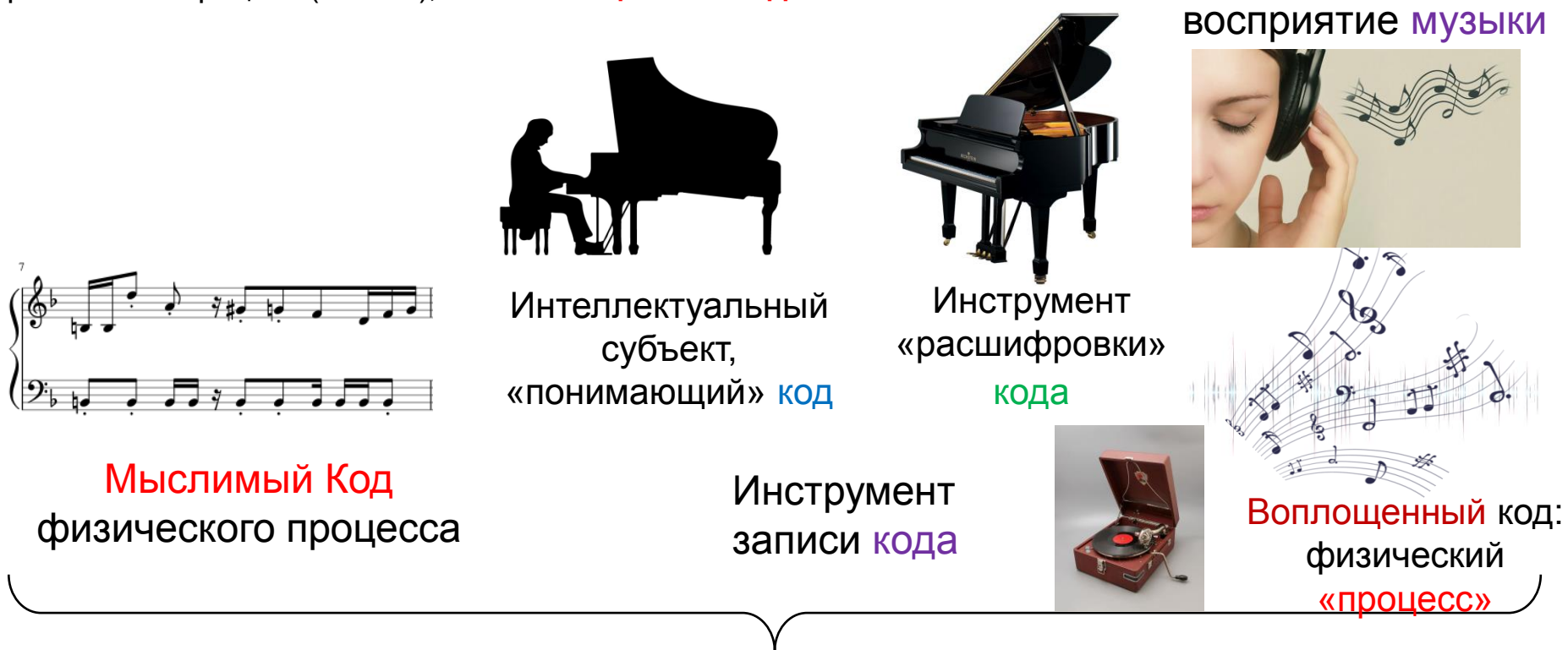
Что надо:

Выбрать методику использования «информации» при работе над проектами,

Сформировать состав «проектного» НТС и «экспертов» по выбранным направлениям научного проектирования

# Пример : модель «код – процесс»

Понятие «информационно-воздействие» можно определить формально как уменьшение количества равновероятных исходов. Большинство определений не конструктивно до тех пор, но возможности точно определить, что является **информационной сущностью** объекта : **код**, субъект воспринимающий код , инструмент реализующий код , физический процесс (сигнал), как **воплощенный код** .



Пример: Музыка – это то, что присуще определенным наборам звуков . Ни каждый набор частот колебаний струн инструмента можно связать с **понятием музыка**. Каждому музыкальному произведению сопоставляется мыслимый нотный код, некий **дискриптор** – название и автор. Аналогично – научный проект : гармония частей, образующих некоторое целое, имеющее авторское имя

# Базовая гипотеза

**Гипотеза** : научный проект это код для исполнения в гибридной «вычислительной» экзо-интеллектуальной среде, объединяющей «нейроструктуры мозга с различными техническими средствами обработки и хранения информации.

Следствие :

Результат научного проектирования - реификация мыслимого кода, полученная с использованием «встраиваемого ПО» гибридного ( экзо-интеллектуального) нейрокомпьютера мозга человека.

Вопросы: кто может «написать» и как встроить» это «ПО» в такую гибридную «вычислительную» среду ?

# Фундаментальная ограниченность научных знаний: проблема неполноты формальных моделей

**И. Кант:** возможности познавательной деятельности в отрыве от знаний, получаемых эмпирическим путем, **ограничены**

**Первая Теорема Геделя:**

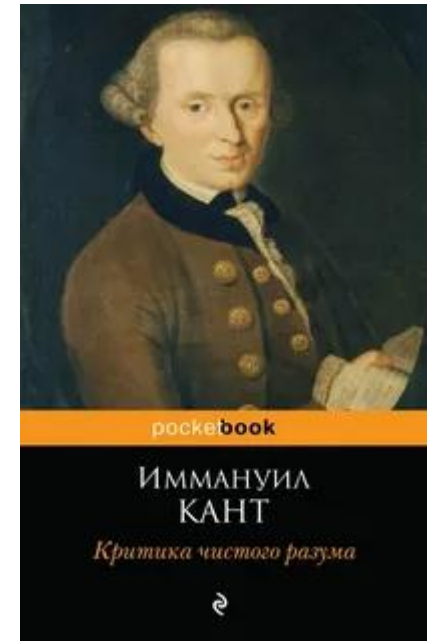
если формальная арифметика **непротиворечива**, то в ней существует невыводимая и непроверяемая формула (как ее найти ?)

**Вторая Теорема Геделя:**

если формальная арифметика **непротиворечива**, то в ней невыводима некоторая формула, содержательно утверждающая **непротиворечивость** этой арифметики

**Вывод:**

Описание свойств природы как целостной системы в форме точно сформулированного научного проекта невозможно. Что делать ?



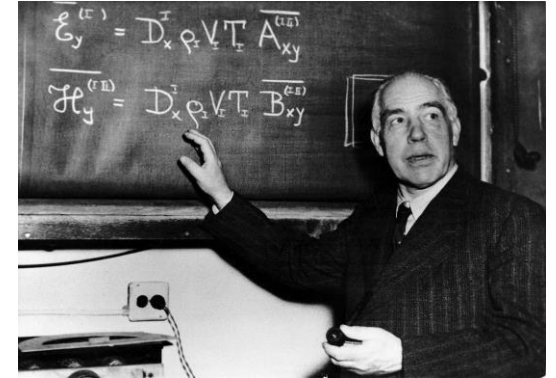
Легко можно сформулировать вопросы на которые **не возможно ответить** так как они превосходят возможности человеческого разума

# Истина в неполноте - физика «дополнительности»

Принцип дополнительности (также принцип комплементарности) — один из важнейших методологических и эвристических принципов науки, сформулированный в 1927 году Нильсом Бором

Согласно этому принципу, для полного описания сложных явлений необходимо **применять два взаимоисключающих («дополнительных») набора классических понятий**, совокупность которых даёт исчерпывающую информацию об этих явлениях как о целостных.

Суть принципа – **использовать взаимоисключающие классы понятий**, каждый из которых применим в особых условиях, но их совокупность позволяет воспроизведение целостности данных объектов.

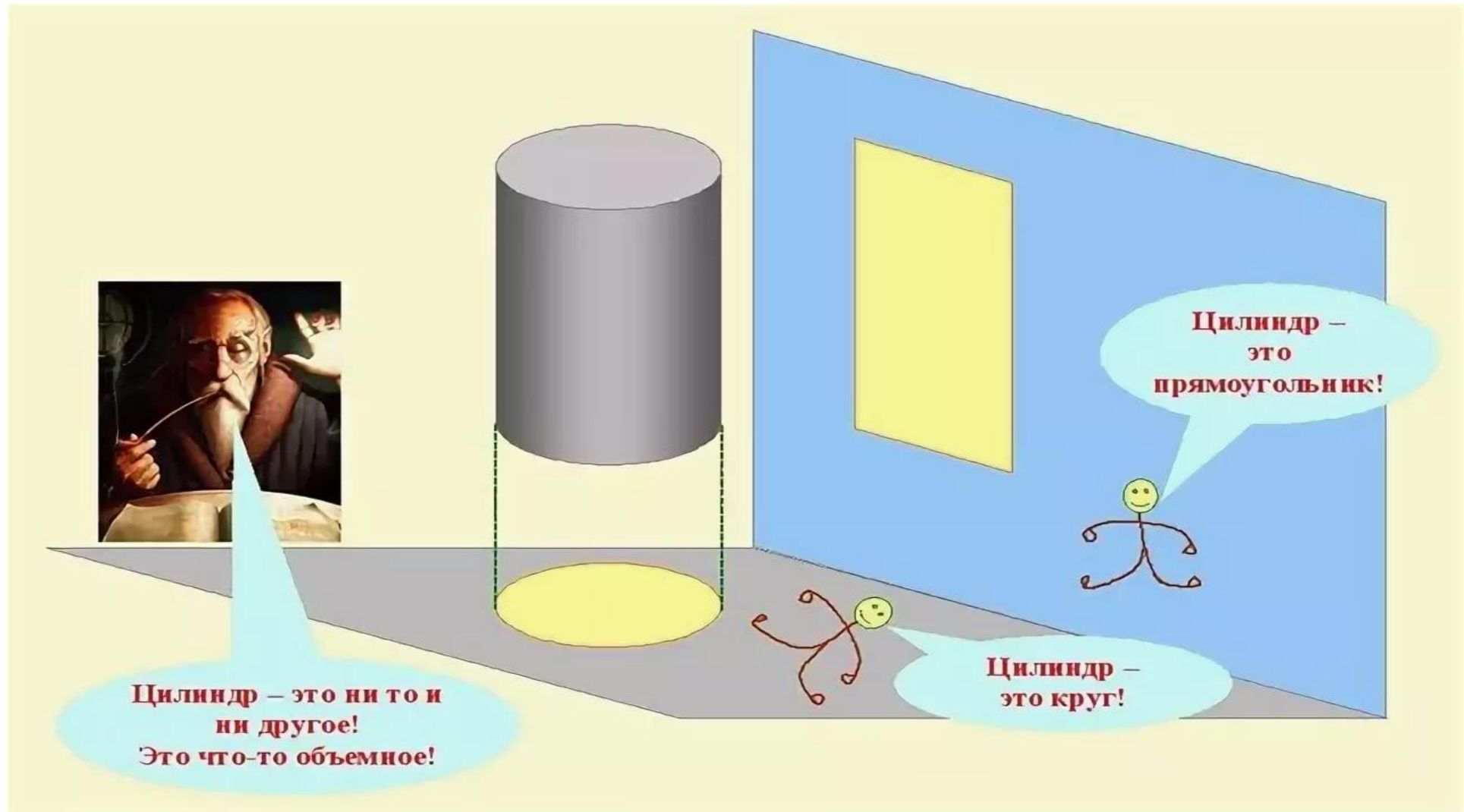


физическая картина явления и его математическое описание дополнительны.



# «Истина в неполноте ?!»

К. Гедель



# Итак.



Обработка информации в режиме «мягких вычислений», а не только по одному алгоритму, Это требует создания принципиально новых технических устройств, воплощающих возможности работы информационно-открытых систем.

- Интеллектуализация вычислителя на основе обучения приводит к изменениям в его физической структуре и программном обеспечении
- Обученная «Машина» обретет способность моделировать процессы мышления, если реализует свойства «процессора управляемого входными данными» под контролем методов интеллектуальной регуляризации – объяснения результатов

## что надо учесть

При научном проектировании надо иметь в виду «Принцип «хрупкости» хорошего, сформулированный ак. В. И. Арнольдом...

- *для системы, принадлежащей части границы устойчивости, при малом изменении параметров **более вероятно** попадание в область **неустойчивости**, чем в область устойчивости.*

согласно принципу :

всё «хорошее» (например, устойчивость системы) свойство более «хрупко», чем все «плохое». Все «хорошие» объекты **удовлетворяют нескольким требованиям одновременно**, «плохим» же может считаться объект, обладающий хотя бы одним из ряда недостатков (т.н. принцип Анны Карениной).

## Принцип «Анны Карениной»:

- одновременное сочетание всех необходимых факторов для получения хорошего решения некоторой проблемы является исключением.

А. Н. Толстой : «*Все хорошо адаптированные ( счастливые) системы (семьи) похожи (одинаковы), все неприспособленные системы не справляются с адаптацией ( не счастливы), но каждая по-своему» (несчастливы посвоему)*

Поведенческая версия принципа:

В благополучные периоды существования все системы ведут себя одинаково, а в моменты кризиса их поведения может радикально отличаться.

Вероятностная версия принципа:

Число ситуаций, когда что-то может пойти не так, гораздо больше чем число ситуаций, когда всё идёт как надо.

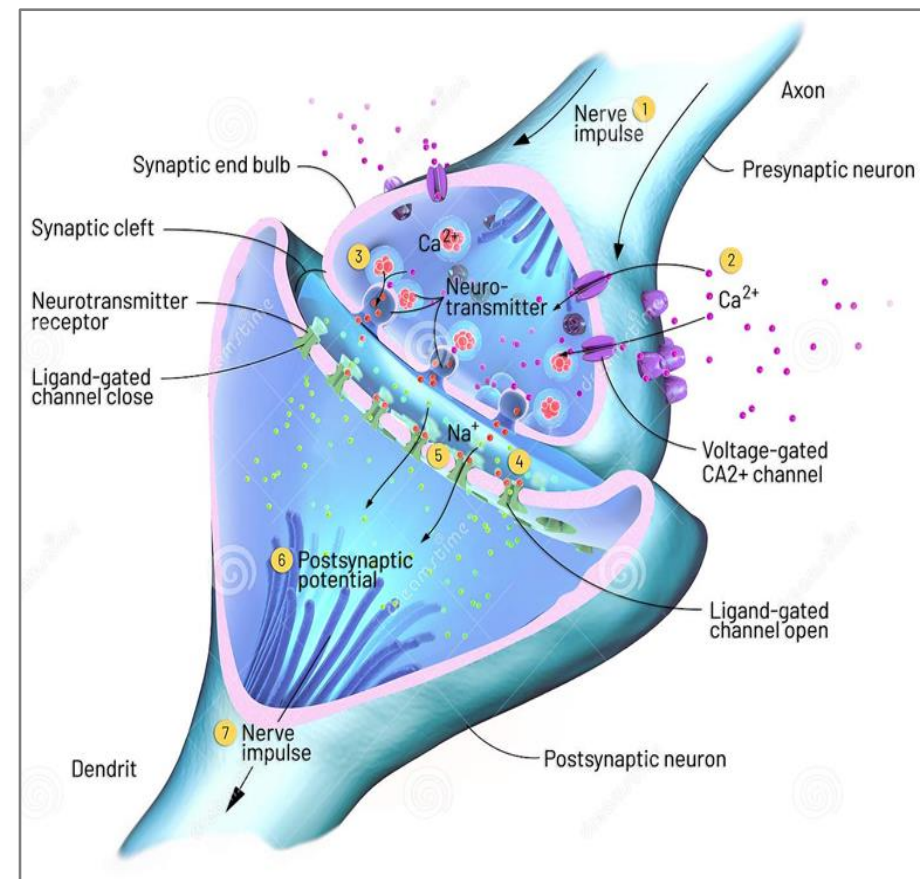
*Парадокс: когда различие между системами возрастает (появляются новые признаки) , системы становятся более поведенчески скоррелированными (похожими)*

# Задача 1. Сигналы между нейронами имеют химическую (лингвистическую) природу

Nobel Prize of **1936** to Henry Dale and Otto Loewi «За открытия, касающиеся **химической передачи** нервных импульсов»

Nobel Prize of **1963** to John Eccles, Alan Hodgkin and Andrew Huxley «За открытия, касающиеся **ионных механизмов возбуждения** и торможения мембраны нервных клеток»

Nobel Prize of **1970** to Julius Axelrod, Ulf von Euler and Sir Bernard Katz «За открытия, касающиеся гуморальных механизмов **передачи нервных импульсов** химическими веществами - медиаторами, в нервных окончаниях».

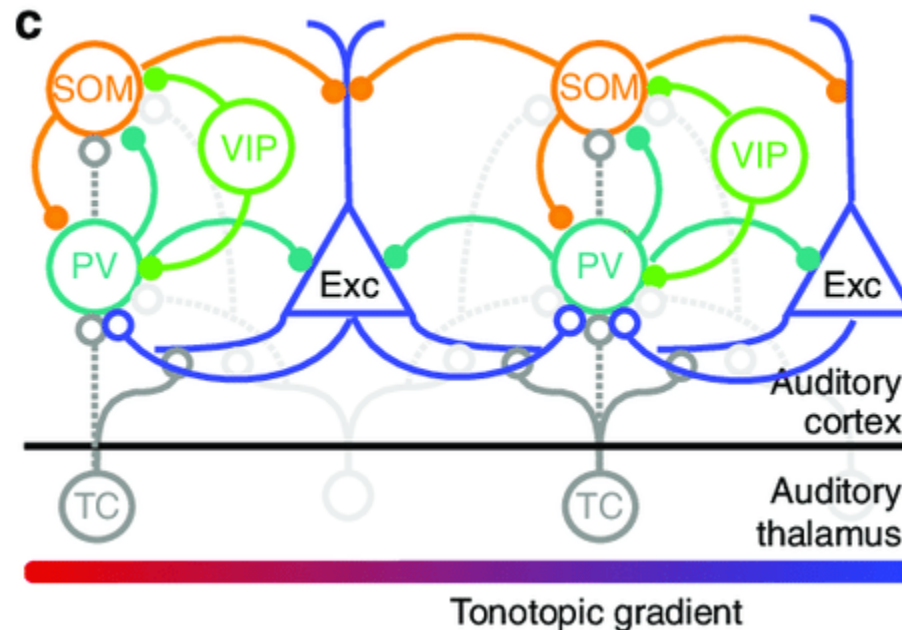
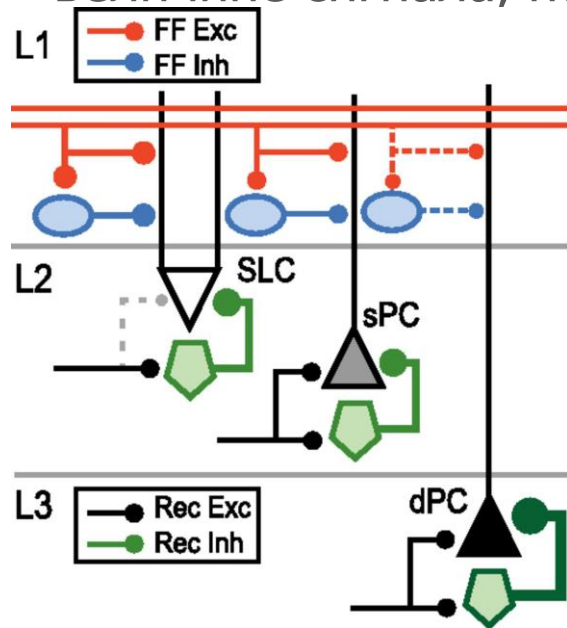


## Задача 1 для ИИ:

Химическое кодирование сигналов расширяет объем передаваемой информации, аналогично обучению и обмен информацией в ИИ системах можно организовать как с использованием кодирования с помощью «чисел», так и фразами состоящими из «слов»

## Задача 2. Кодирование свойств каналов связи между нейронами типом передаваемых данных

В мозгу используется два типа воздействий – активация и торможение, но не только по величине сигнала, но **по его типу передаваемых данных (информация)**

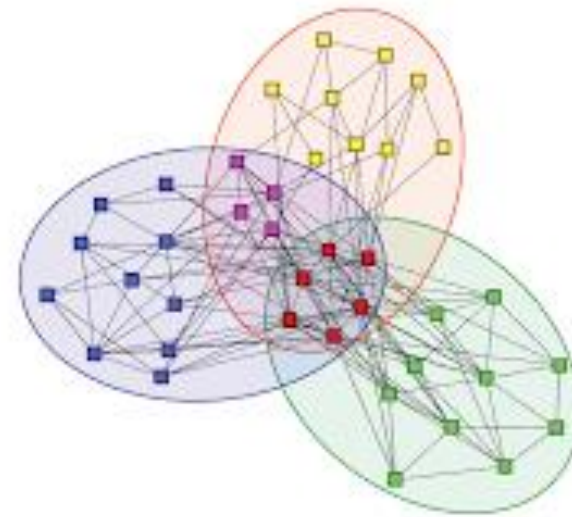
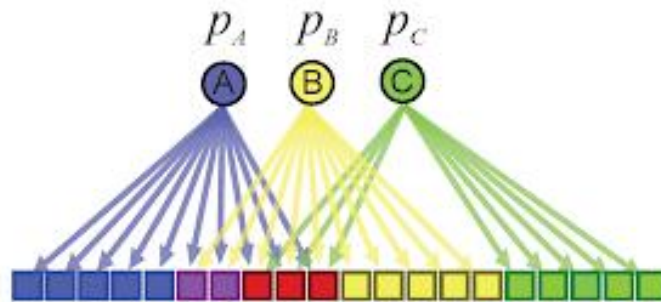


### Задача 2 для ИИ:

В биологической нейроморфной сети два типа воздействий создают огромный репертуар регуляторных цепей и механизмов, поэтому в ИНС надо использовать как численные, так и лингвистические контура управляющих воздействий

## Задача 3. Многообразие видов каналов и сигналов связи между нейронами

нервная система для передачи информации использует несколько типа нейромедиаторов , кодирующих с помощью химических соединений (слов) сотни разных сигналов (предложений)

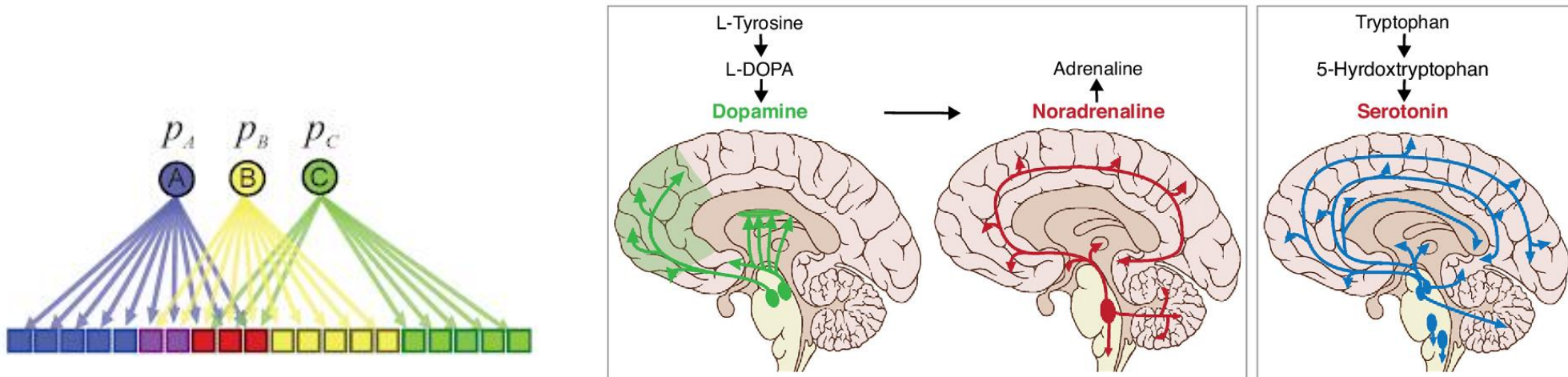


### Задача 3 для ИИ:

Необходимо кодировать как количество, так и качество передаваемой информации , например, используя «цвет канала»

## Задача 4. Функциональное кодирование типом сигнала

разные нейромедиаторы - сигнальные молекулы используются для кодирования специфических функциональных воздействий, что приводит к воплощению различных видов поведения «субъекта»



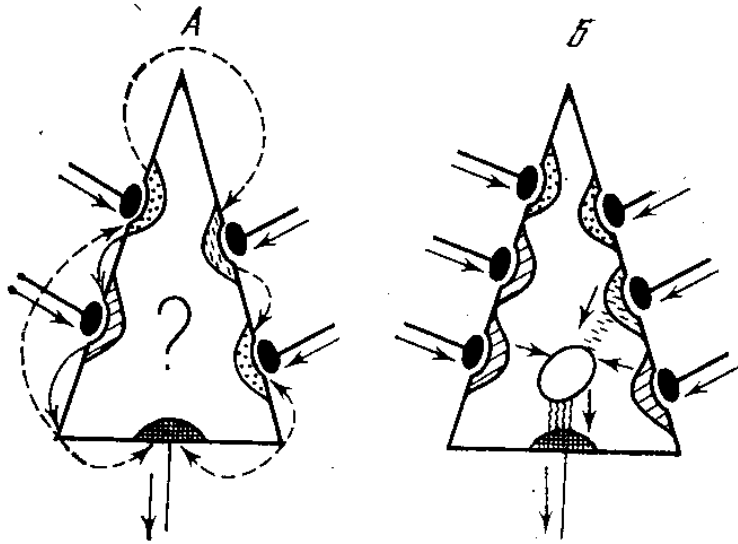
### Основная мысль для ИИ:

кодирование функций канала информации выбором его «цвета» или описание дискриптора канала с помощью смылов или набора «слов»



## Задача 5. Нейроны интегрируют сигналы не только «на себе», НО И

В итоге у нервной клетки появляется «внутри себя» два режима работы с информацией - для себя 'in' / для других out'



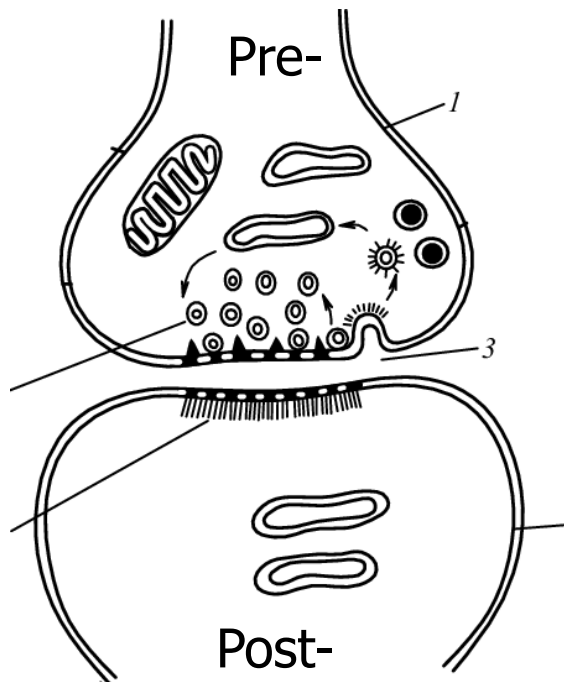
Используется  
мультимодальная логика  
кодирования:  
электрической (А)  
и химической (Б) формой  
сигналов

### Задача 5 для ИИ:

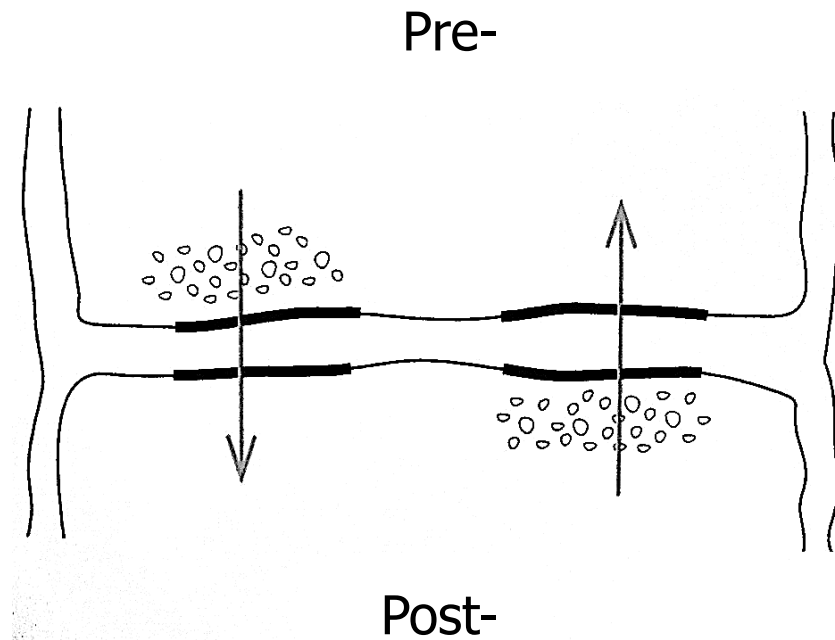
Помимо суммирования электрических сигналов на поверхности, нейроны передают получаемые ими молекулярные сигналы внутрь клетки, интегрируя их в своей цитоплазме и ядре, собирая информацию о произошедших событиях.

# Задача 6. на уровне контакта двух нейронов существует обратное распространение сигнала от пост- к пре синаптическому нейрону

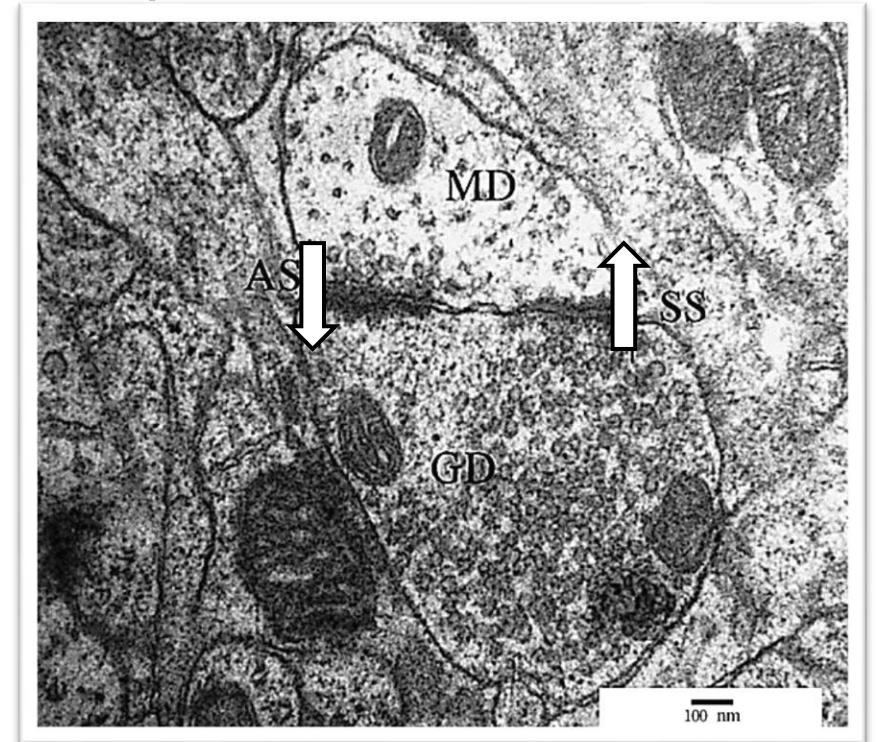
Имеются синапсы с локальной двухсторонней передачей сигнала



Usual synapse

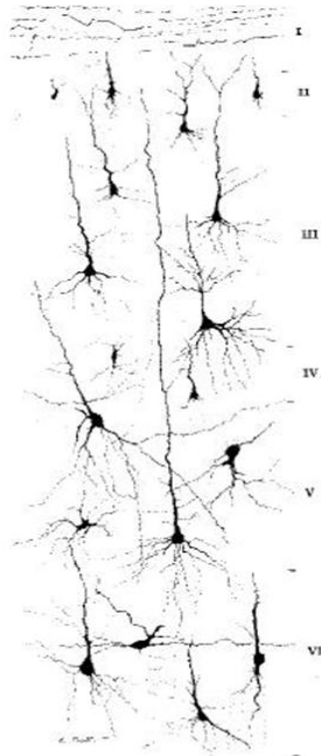


Reciprocal synapse



**Задача для ИИ:** соседние клетки/нейроны в нейронных сетях образуют рекуррентные (циклические) взаимодействия

## Задача 7. Процессы отбора связей нейронов продолжаются под влиянием обучения и обретенного опыта



Birth



Fig. 92. Drawings from Golgi-Cox preparations

2 years

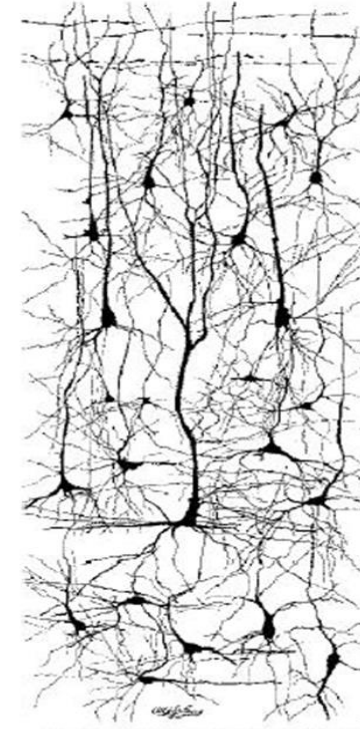


Fig. 116. Drawings from Golgi-Cox preparations

6 Years

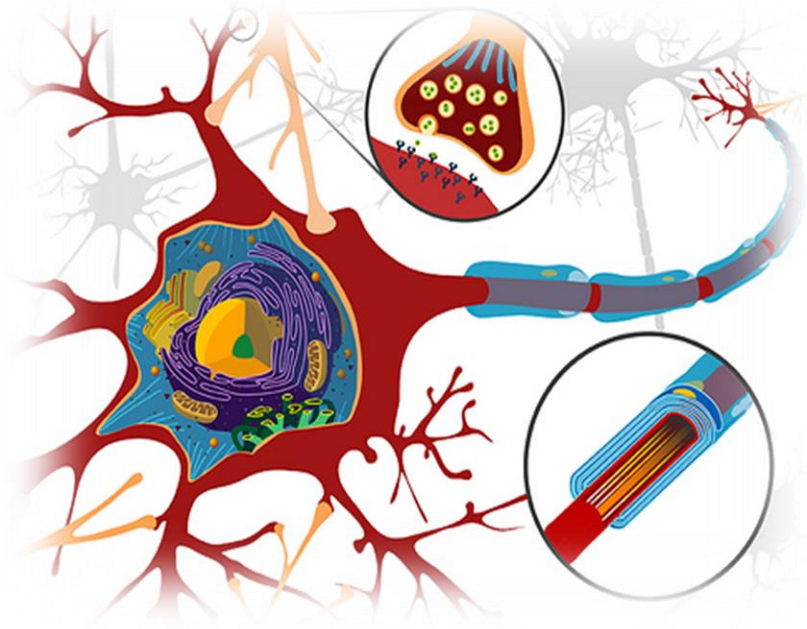
**Задача 7 ИИ:** постоянный встроенный отбор нейронов и связей между ними, как механизм закрепляющий нужные для реализации оптимальных процессов «думания» структуры и параметры

# Специфические свойства биологической памяти по сравнению с компьютерной



- ❖ **Нерепрезентативность** - она не является точным отражением событий внешнего мира.
- ❖ **Реконструктивность** - ее воспроизведение является активным процессом самосборки нейронной системы.
- ❖ **Нерепликативность** - каждое ее следующее воспроизведение отличается от предыдущего, вовлекая перекрывающуюся, но отличающуюся популяцию нейронов и синапсов.
- ❖ **Рекатегориальность** - каждая ее новая реконструкция при воспроизведении проходит оценку идентичности на весах других, связанных с ней систем.
- ❖ **Реконсолидируемость** - каждая новая реконструкция подвергается запоминанию, сходному по своим механизмам с процессами исходного запоминания.

# Требования к свойствам нейроморфной памяти по сравнению с оперативной компьютерной памятью



- ❖ **вырожденность** - одно и то же событие хранится в виде множественных **неидентичных копий** функциональной системы,
- ❖ **автоассоциативность** - разные копии одной и той же функциональной системы имеют **связи с разнообразными другими системами** за счет вырожденности набора входящих в эти копии нейронов,
- ❖ **реинтегративность** – целая система может быть извлечена из памяти по **возбуждению небольшой части** ее элементов,
- ❖ **репаративность** – система может **восстанавливаться при повреждении части** из ее элементов или даже части из ее копий.

# Что надо учесть в процессе проектирования

- В настоящее время ИНС не реализуют все известные особенности функционирования мозга. Современные ИНС построены на выявлении корреляций между входными данными при их фиксированном распределении и соответствующих состояний нейронов. Но эти корреляции **не отражают причинно-следственную связь** (супервентность) между паттернами данных и состоянием ИНС.
- Сформированные на основе корреляций объяснения **не выявляют причин**, которые вызывает наблюдаемые на «физическом уровне» процессы, что может привести к неправильным обобщениям и **искаженному пониманию происходящего**.
- Предсказать редкое или нетипичное поведение объекта возможно, но для этого понадобится его мультимодальное описание: **объединение корреляционных и физических моделей наблюдаемых состояний**