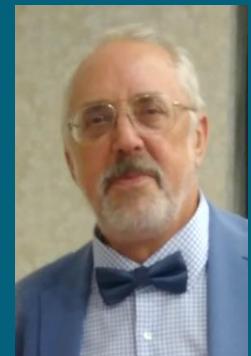




Лекция 1-1



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

Особенности учебы в магистратуре

- Значительная доля **научно-исследовательской работы**
- Подготовка **учёного-исследователя и преподавателя**
- Значительная роль **самостоятельной** работы при минимальной аудиторной нагрузке
- Итог - защита магистерской диссертации – квалификационной работы, содержащей новые **защищаемые научные положения** и присуждение ученой степени магистра

Цель и структура курса

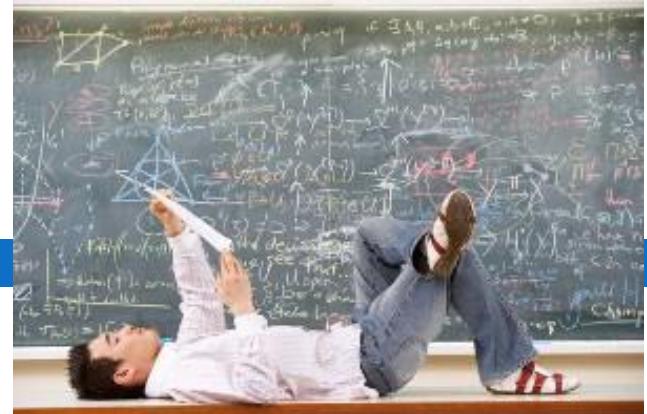
- **Цель:** изучение современной теории, методологии и методических основ научно-исследовательской работы применительно к запросам инженерной геологии и экологической геологии.

Задачи:

1. Ознакомиться с творческими приемами и методами получения новых ИГ и ЭГ знаний и решения познавательных задач;
2. Изучить способы организации и ведения научно-исследовательской работы (НИР);
3. Ознакомиться с элементами теории пространственно-временной изменчивости геологической среды;
4. Изучить методы планирования, проведения, обработки и интерпретации экспериментальных исследований, представления и защиты их результатов.



В результате освоения курса магистрант должен знать:



- Основы теории познания , методы достижения нового знания;
- Приемы формулировки новых явлений, свойств, закономерностей, законов, гипотез и теорий, а также защищаемых положений и их доказательства;
- Основные позиции теории пространственно-временной изменчивости геологической среды и современные подходы к классификации и систематизации объектов ИГ и ЭГ.

В результате освоения курса магистрант должен уметь:



- Решать познавательную ИГ или ЭГ задачу – получать **новое знание**;
- Спланировать, организовать и провести эксперимент;
- Выделять системы опробования геологической среды;
- Проводить математический анализ, обработку и представление результатов исследований

В результате освоения курса магистрант должен владеть:

- Применением законов логики и способами доказательств;
- Эвристическими методами исследования;
- Приёмами и методами решения познавательных задач (анализ, синтез, дедукция, индукция, системный анализ, классифицирование, типизация, систематизация и т.п.);
- Практическими навыками изучения полей геологических параметров;
- Приемами и методами представления результатов исследования (доклад, статья, монография и т.п.)

Структура курса



Основные разделы лекций:

- **Теория и методология научного исследования**
 - Основы логики, логика в НИР
 - Теория познания –**гносеология** (общенаучные методы исследований)
 - Построение гипотезы, теории, выявление закономерностей, законов
- **Проведение и организация научного исследования**
 - Схема решения познавательной задачи
 - Апробация НИР
 - Организация и планирование НИР
- **Сбор и обработка ИГ– или ЭГ-информации, элементы теории пространственно-временной изменчивости геологической среды**
- **Защита и оформление результатов НИР. Подготовка диссертации.**

Структура курса

Индивидуальные задания:

- Формулирование определений объекта и предмета собственных магистерских исследований, цели, задач и т.п.
- Формулирование предметных и генетических определений (в области собственных магистерских исследований).
- Формулирование защищаемых положений для собственной магистерской диссертации по формулам «явление», «свойство» или «закономерность» и др.
- Планирование собственных магистерских исследований.
- Работа с литературой (конспектирование) и др.

Зачет (балльно-рейтинговая система оценок)



Условия получения зачета

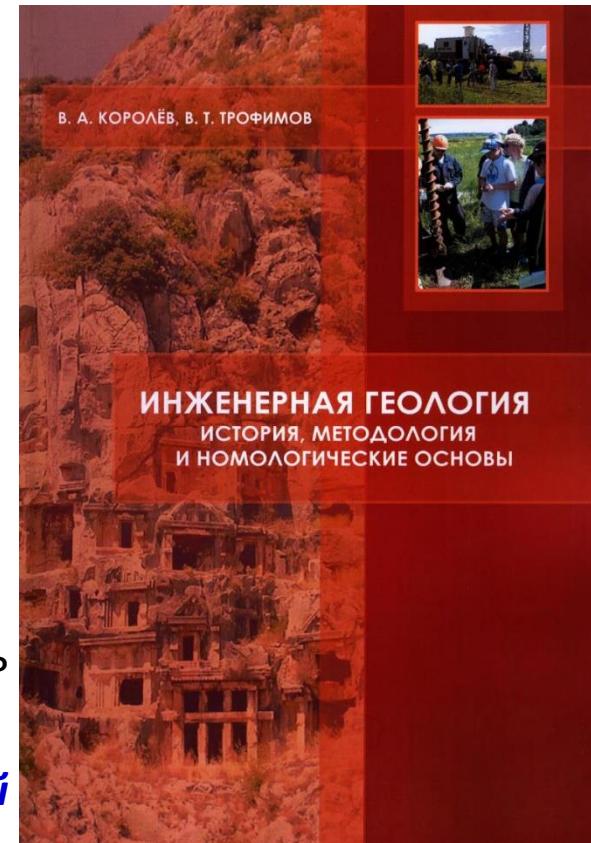
- Конспекты 5 монографий и 10 науч. статей по теме магистерской диссертации (проверка и подпись руководителя) – к концу семестра
- Конспект монографии: **Королёв В. А., Трофимов В. Т. Инженерная геология: история, методология и номологические основы.** — КДУ Москва, 2016. — С. 292 - к середине декабря
- Конспекты всех лекций
- Выполнение всех индивидуальных заданий
- Итоговая сумма баллов должна быть больше половины от возможных

Конспектирование

- Конспектирование лекций
- Требования к конспектам научных работ:
 1. Структура конспекта должна отражать структуру работы (главы, разделы и т.п.)
 2. Записывать самое главное (суть) своими словами
 3. Цитаты приводить в кавычках (со ссылками на страницы – для дальнейшего использования)
 4. Стремиться делать собственные **выводы** (обобщения) по каждому разделу
 5. Фиксировать библиографич. ссылки, литературу и полное библ. описание работы

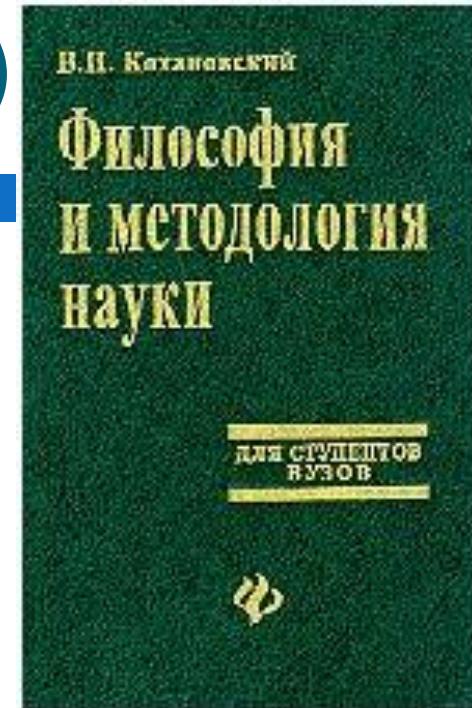
Литература (основная):

- **Королёв В. А., Трофимов В. Т.** Инженерная геология: история, методология и номологические основы. — КДУ Москва, 2016. — С. 292 (КОНСПЕКТ к середине декабря)
- **Бондарик Г.К., Ярг Л.А.** Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии / Уч. пособие – М., КДУ, 2015. – 296 с.
Радугин А.А., Радугина О.А. Философия науки /Уч. пособие. – М., Библионика, 2006. – 320 с.
- **Коэн М., Нагель Э.** Введение в логику и научный метод / Пер. с англ. – Челябинск, Социум, 2010, 655 с.
- **Философия науки:** наука как инновационная деятельность / под ред. С.А.Лебедева. – М., 2008
- **Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии.** 280 основных терминов / Под ред. В.Т.Трофимова. – М., ОАО «Геомаркетинг», 2012. 320 с.
- **Латыпов Н.Н., Ёлкин С.В., Гаврилов Д.А.** Инженерная эвристика. – М., Астрель, 2012.- 320 с.



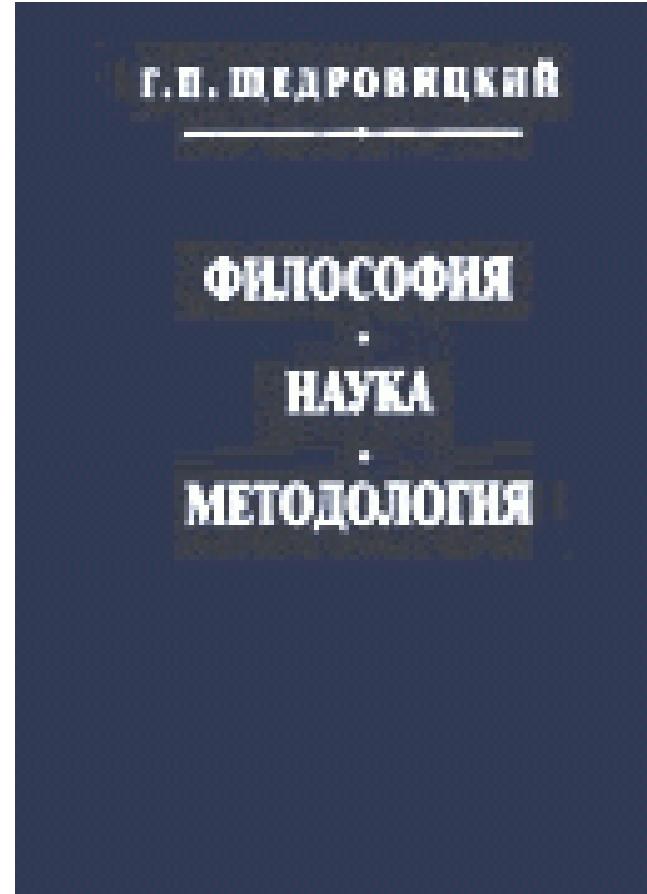
Литература (дополнительная)

- **Самарин Е.Н., Бershов А.В., Фоменко И.К.**
Курс лекций по методам статистической обработки инженерно- геологической информации. // Методическое пособие по курсу: «Математические методы и ГИС-технологии в инженерной геологии». - М., Изд-во МГУ, 2004, 197 с.
- **Сергеев ЕМ. и др.** Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы. - М., Недра, 1986, 256 с.
- **Трофимов В.Т., Аверкина Т.И.** Теоретические основы региональной инженерной геологии. - М., ООО «ГЕОС», 2006, 464 с.
- **Голикова Т.И., Никитина Е.П., Терехин А.Т.** Математическая статистика. - М, Изд-во МГУ, 1981 - 185 с.



Литература (дополнительная):

- **Декарт Р.** Сочинения. – С.-Пб., Наука, 2006, - 650 с.
- **Крутов В.И. и др.** Основы научных исследований. - М, Высшая школа, 1989.
- **Добреньков В.И., Осипова Н.Г.** Методология и методы научной работы. / Уч. пособие. – М., КДУ, 2009, - 276 с.
- **Пендин В.В.** Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. / Уч. пособие – М., КДУ, 2009. – 350 с.



Литература (дополнительная):

- **Круть И.В.** Исследование оснований теоретической геологии. - М., Наука, 1973 - 201 с.
- **Кузин Ф.А.** Диссертация: Методика написания. Правила оформления. Порядок защиты. – М., 2000.
- **Мирский Э.М.** Фундаментальные и прикладные исследования // Новая философская энциклопедия: в 4 т. – М., 2003, т. 4.
- **Шарапов И.П.** Метагеология: Некоторые проблемы. - М., Наука, 1989, 208 с.
- **Швырев В.С.** Научное познание как деятельность. – М., 1984.

Выводы



1. Курс – мировоззренческий
2. Курс – ориентированный на магистров
3. Курс – методологическая основа для выполнения диссертаций



Лекция 1-2



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ



Понятие о науке

Наука — особый вид познавательной деятельности, направленный на получение, уточнение и производство новых объективных, системно-организованных и обоснованных знаний о природе, обществе и мышлении.

«Наука – логически организованная система теорий, а не механическая совокупность их».
(Копнин, 1974)

Одна из форм общественного сознания.

Инженерная геология и экологическая геология – науки геологического цикла.

Этапы развития науки

- **Доклассический:**
 - Античный (1 тыс. до н.э – V в. н.э.) – Аристотель, Платон (логика, умозрение)
 - Средневековый (V – XV вв.) – схоластика, арабский восток
 - Периода Возрождения (XVI в.) – Леонардо да Винчи, Коперник, Д.Бруно, Макиавелли
- **Классический: XVII-конец XIX в.** (наука Нового времени: Т.Браге, Кеплер, Галилей, классическая механика Ньютона, математизация науки, дифференциация науки, социальные и др. науки)
- **Неклассический: конец XIX – 1970-е гг.** (теория относительности, квантовая механика и т.п.)
- **Постнеклассический: 1970-е гг. – по наст. время**
(междисциплинарные исследования, сверхсложные системы, новые глобальные вызовы, общее информационное пространство и т.п.)

Основные понятия

В гносеологии **науку** часто определяют как:

деятельность по выявлению проблем незнания и, соответственно, производства нового знания в ответ на решаемые проблемы.

- **Онтология науки** – реальность которую формирует и изучает конкретная наука (предмет и объект науки)
- **Гносеология** (от греч. *gnosis* - знание и *logos* – слово, наука) – наука о познании, теория познания, раздел философии (синоним – эпистемология)
- **Гносеология науки** – представления о структуре научного познания, способах формирования теорий, научной истине, соотношении знания и практики
- **Методология науки** — это учение о методах и процедурах научно-познавательной деятельности, а также раздел общей теории познания, в особенности теории научного познания (эпистемологии) и философии науки.

Онтология науки

- **Объект науки** – объективные (материально существующие) компоненты материи, подлежащие всестороннему изучению в рамках данной науки.
- **Предмет науки** - понятийная модель объекта (идеальная), создаваемая в связи с конкретной целью исследования (Шарапов, 1977). Таким образом, предмет исследования науки не материален, а является идеальным отражением объекта в сознании исследователя. Одному и тому же объекту может соответствовать несколько предметов исследований.

Понятие о научном исследовании

Метод познания – способ получения новых знаний

Уровни познания: эмпирический и теоретический

Научный метод познания - предметный и объективный способ рассмотрения (исследования) мира, отличает науку от иных способов познания, таких как обыденное, художественное, религиозное, мифологическое постижение мира.

Научное исследование – целенаправленное познание, результаты которого выступают в виде системы понятий, законов и теорий

Понятие о научном исследовании

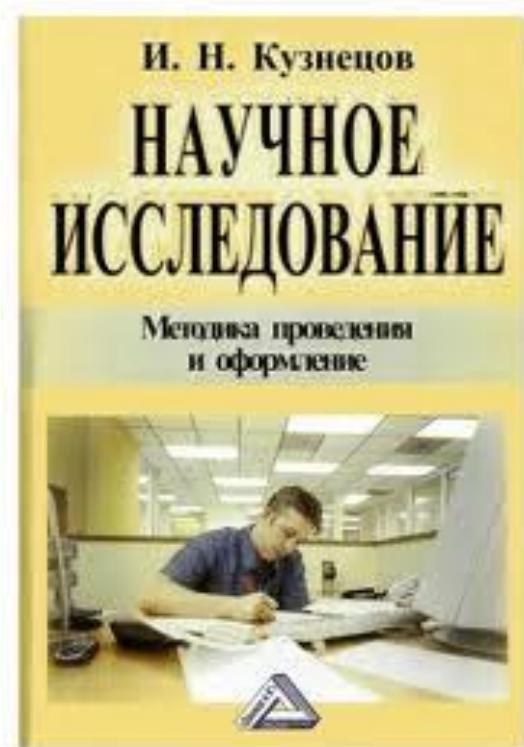
Отличия (признаки) научного исследования:

1. Целенаправленность
2. Новизна (поиск нового, творческий процесс)
3. Доказательность
4. Проверяемость (фактами, опытом),
5. Предсказуемость (прогноз, а не предсказание)
6. Систематичность (и самого исследования, и результатов)

Понятие о научном исследовании

Цель научного исследования:

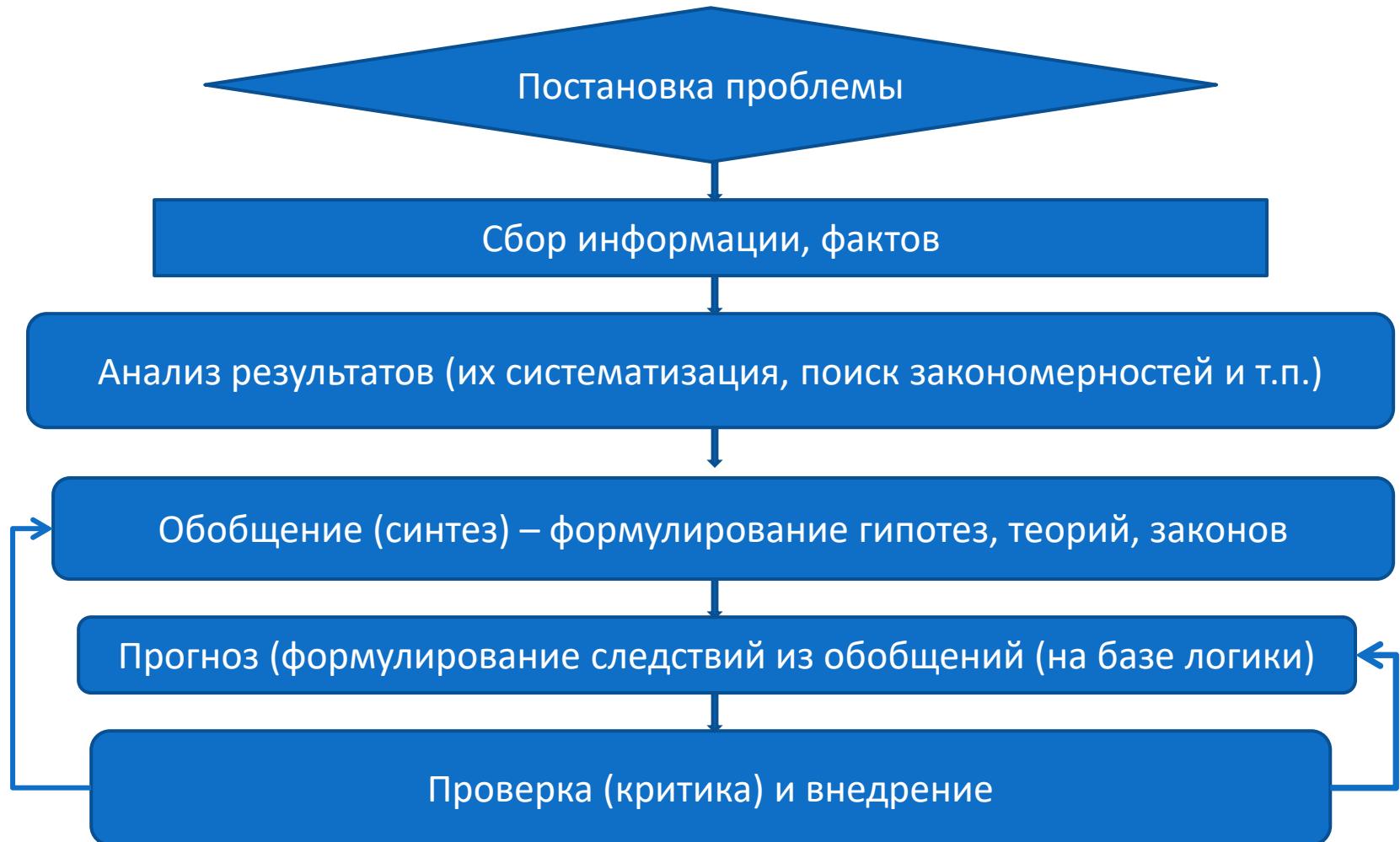
- найти общее у ряда единичных явлений;
- вскрыть законы (закономерности) их возникновения (генезиса), функционирования, развития (эволюции) и таким образом -
- познать их сущность.



Этапы научного исследования



Структура (алгоритм) научного исследования:



Направления научных исследований:

- **Фундаментальные научные исследования** — глубокое и всестороннее исследование предмета с целью получения новых основополагающих знаний, а также с целью выяснения закономерностей выясняемых явлений, результаты которых не предполагаются для непосредственного промышленного использования.

Термин «фундаментальность» (на латыни *fundare* — «основывать») отражает направленность этих наук на исследование первопричинных, основных законов природы.

- **Прикладные научные исследования** — исследования, которые используют достижения фундаментальной науки, для решения практических задач. Результатом исследования является создание и совершенствование новых технологий.

Результаты научных исследований:

1. Научные труды (доклады, статьи, монографии, диссертации, учебники и т.п.)
2. Научно-технические разработки (НИОКР и т.п.)
3. Технологии
4. Промышленное производство
(промышленные технологии)
5. Руководящие документы

Постановка темы исследования

Постановка темы исследования включает:

1. Формулировку **темы** - названия (краткая суть решаемой проблемы)
2. Обоснование **актуальности** темы (формулировка проблемной ситуации – что надо преодолеть?)
3. Определение **предмета и объекта** исследования (онтология)
4. Формулировку **цели** исследования
5. Формулировку **задач** (для достижения цели)

Постановка темы исследования

- **Научная проблема** — это осознание и формулирование концепции о незнании некоторого явления, предмета, процесса и т.п.
 - **Концепция** – в методологии наук - упорядоченная система взглядов на что-либо.
 - Под проблемой также иногда понимают **противоречивую ситуацию**, проявляющуюся в виде противоположных позиций в объяснении каких-либо явлений, объектов и процессов
- **Научная проблематика** — крупное обобщенное множество сформулированных научных вопросов, которые охватывают область будущих исследований, требующих изучения и решения в рамках данной науки («Знание о незнании»).

Общие типы проблем

1. Хорошо **структурированные** проблемы – количественно (математически) сформулированные
2. **Неструктурированные** проблемы – качественно сформулированные
3. **Смешанные** или слабо структурированные проблемы – содержат элементы первых двух с доминированием качественных:
 - Их решение зависит от неполноты текущей информации
 - Имеется много альтернатив решения
 - Решения содержат элементы риска

Система инженерно-геологической проблематики

(по Королеву В.А., 2010)

Названия научных проблем инженерной геологии

Теоретические (фундаментальные) проблемы			Прикладные проблемы		
Общие инженерно-геологические	Проблемы основных направлений:		Научно-организационные	Нормативно-методические	
	грунтоведения	инженерной геодинамики			
1.Общетеоретическая (создание общей теории ИГ)	1.Изучения глобального многообразия грунтов	1.Геодинамического прогнозирования 2.Управления массивами (процессами)	1.Районирования 2.Регионального прогнозирования	1.Совершенствования структуры инженерной геологии в стране (РАН, министерства и т.п.) 2.Прогноза развития инженерной геологии 3.Совершенствования системы СРО АИИС	1.Совершенствования нормативно-методической базы 2.Разработки регламентов инженерных изысканий в строительстве 3.Переход от образца к массиву (в изысканиях)
2.Обеспечения устойчивости ЛТС (ПТС)	2.Создания общей теории формирования свойств грунтов	3.Оценки измененности свойств массивов			
3.Оценки зон влияния ЛТС (ПТС)					
4.Прогнозирования					
5.Управления ЛТС (ПТС)					
6.Эмерджентности					
7.Инженерной геологии небесных тел					

Задачи исследования

Научная задача – четко сформулированные и необходимые действия (процедуры, операции), направленные на решение того или иного вопроса, обозначенного в рамках определенной научной проблемы, на достижение поставленной цели.

Перечень и очередность задач отражают стратегию и тактику исследования

Правила формулирования проблем и задач:

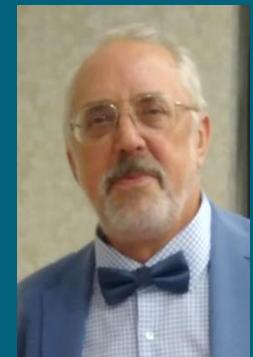
1. **Формулировка названия** проблемы – краткое изложение сути исследования (одной фразой).
2. **Формулировка проблемы** должна даваться в форме вопросительного предложения, в котором заключается суть излагаемого незнания рассматриваемого предмета, суть обобщения вопросов (Как..?, Каким образом...? Почему...? и т.п.).
3. **Формулировка задачи** должна приводиться в форме повелительного предложения, в котором четко излагается суть того, что необходимо сделать в ходе разработки соответствующей проблемы, т.е. для перевода «незнания», обозначенного в проблеме, в «знание» (Найти..., определить..., выявить.... и т.п.).

Задание на дом (к след. лекции):

Сформулировать (обсудив с руководителем):

1. Название (**тему**) магистерской диссертации (**подпись руководителя**)
2. Обоснование **актуальности** темы (суть незнания, суть проблемной ситуации и её обоснование) – 1 стр.
3. **Цель** исследования и **задачи**, которые надо решить, сформулированные по рассмотренным правилам
4. **Объект** исследования
5. **Предмет** исследования
6. **Список** (**подписанный руководителем**) 5 монографий и 10 статей по теме диссертации для дальнейшего конспектирования в семестре

Лекция 2-1



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Лекция 2-1. Логика в научном исследовании

Логика – наука о формах и законах правильного мышления, она дает метод отыскания новых знаний при переходе от известного к неизвестному.

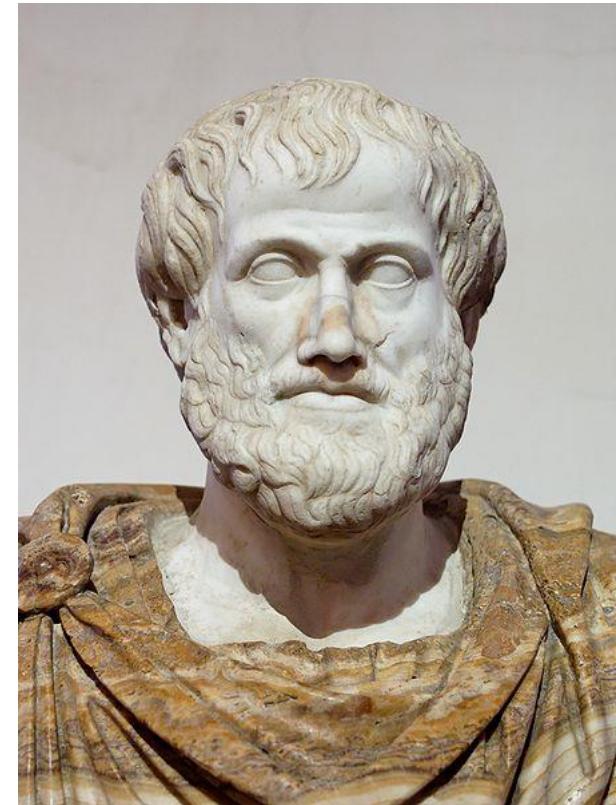
Структура современной логики:



История логики

Аристотель - основоположник формальной логики.

Ученик Платона. С 343 до н. э. — воспитатель Александра Македонского. В 335/4 г. до н. э. основал Ликей (Лицей). Создал понятийный аппарат, который до сих пор пронизывает логику, философию и стиль научного мышления.



Аристотель (384 до н. э.,
Стагир — 322 до н. э.,
Халкида, о. Эвбея)

История логики

Вклад Аристотеля в логику:

- Разработал понятийный аппарат логики (философии)
- Обосновал теорию суждений и доказательства (дедукция – основное средство доказательства)

Дедукция – вывод частного положения из общего:

Общее высказывание (аксиома, постулат, гипотеза, «общее») → цепь логических рассуждений → частный вывод (теорема, «частное»)

- 1) Знание о каждом отдельном свойстве предмета должно быть приобретено из опыта;
- 2) Убеждение в том, что это свойство — существенное, должно быть доказано умозаключением особой логической формы — категорическим силлогизмом.

Силлогизм – умозаключение, состоящее из двух посылок (суждений) и заключения (вывода), сделанного на их основе.

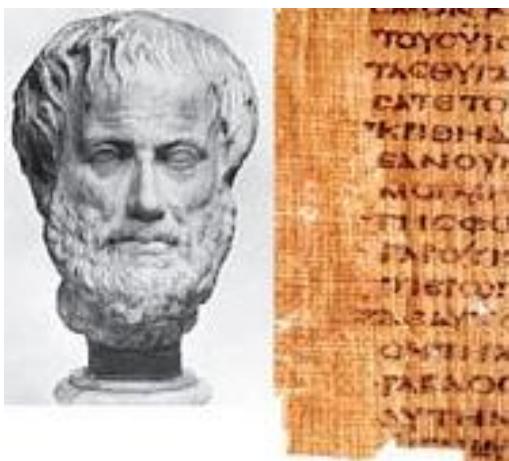
- Сформулировал три закона логики

История логики

Сочинения Аристотеля по логике: «**Органон**» – шесть логических трактатов (*такое название им дал Андроник Родосский*):

1. «**Категории**» – введение осн. категорий: предмет, определение, качество, противоречия, противоположности и т.д.
2. «**Об истолковании**» – высказывание, виды, утверждения, отношения между высказываниями.
3. «**Топика**» - приёмы аргументирования («топы» – «диалектические места»), правила высказываний (силлогизмов)
- 4 и 5. «**Первая аналитика**» и «**Вторая аналитика**» - теория суждений и доказательства

6. «**Софистические опровержения**». Софисты – платные преподаватели красноречия в древней Греции. **Софизм** (от - мастерство, умение, хитрая выдумка, уловка) — ложное умозаключение, которое, тем не менее, при поверхностном рассмотрении кажется правильным. Софизм основан на преднамеренном, сознательном нарушении правил логики.



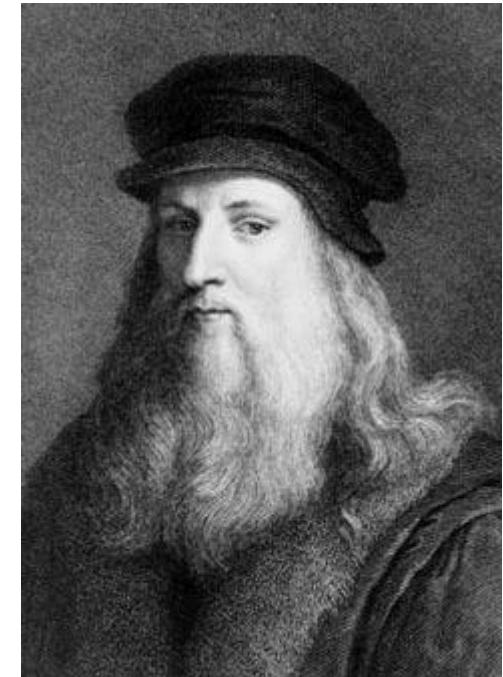
История логики



Фома Аквинский
(1225-1274)

- Средневековье (7-14 века) – господство **схоластики** (синтез богословия и аристотелевской логики)
- Канонизация церковью всех трактатов Аристотеля
- Эпоха Возрождения – переход к опыту

«Вместо абстракций – к опыту»
Леонардо да Винчи



Леонардо да Винчи
(1452-1519)

История логики



Новое время:

Фрэнсис Бэкон (*Francis Bacon*), (1561—1626) — английский философ, историк, политический деятель, основоположник эмпиризма и индуктивного направления в логике («метод Бэкона»).

- Основное сочинение – «*Новый органон*» (1620).
- **Индукция:** от частного → к общему:

наблюдение → эксперимент
→ гипотеза → её проверка
→ теория

«Знание – сила»
Ф.Бэкон



История логики



«Мыслю, следовательно,
существую» — «*Cogito, ergo
sunt*» (лат.)

Р.Декарт

Ренé Декáрт (фр. *René Descartes*; лат. *Renatus Cartesius* — Картезий; 1596-1650) — французский математик, философ (дуалист), физик.

- Основоположник «скептицизма» и «рационализма» («сомнение во всём») — «картизанство».
- Развил далее формальную логику:
Силлогизм считал лишь средством изложения истин уже известных, добытых другими путями.
Вместо него ввёл «синтез».
- Основной труд: «*Рассуждение о методе*» (1637)

История логики



Иммануил Кант (1724 - 1804) — немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии

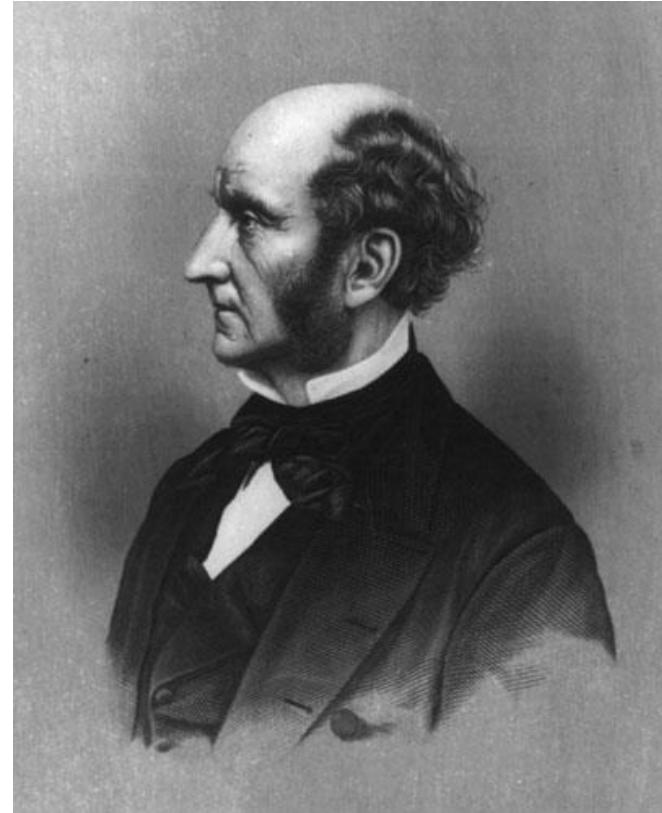
- Главное философское произведение - «*Критика чистого разума*» (1787) - теория познания.
Часть 2. Трансцендентальная логика.
Трансцендентальный – т.е. «перешагивающий» определенный познавательный рубеж
 - Основной вопрос «Как возможно чистое знание?» («чистый» означает «неэмпирический», то есть такой, к которому не примешивается ощущение). Указанный вопрос Кант формулировал в терминах различия аналитических и синтетических суждений — «Как возможны синтетические суждения априори?» (т.е. вне опыта).
 - «Синтетическое» суждение – умозаключение с приращением содержания, по сравнению с содержанием входящих в суждение понятий.
 - «Аналитическое» суждение - раскрывает смысл самих понятий.
- Статья: «*Ложное мудрствование в 4-х фигурах силлогизма*» (1762) – сформулировал логический принцип (закон) достаточного основания - 4-й закон логики

История логики

Джон Стюарт Милль (*John Stuart Mill*, 1806 — 1873) —английский философ, мыслитель и экономист.

Основной труд – «*Система логики*»
(*A System of Logic*) (1843)

- 1) Критерием истины является опыт; истинным умозаключением можно назвать только такое, которое строго согласуется с объективной реальностью, с фактами. Все наше знание имеет опытное происхождение. Априорных истин, независимых от опыта, не существует.
- 2) Развил теорию индукции и дедукции: «четыре метода Милля», позволяющие найти причину любого явления (методы согласия, различия, остатков и сопутствующих изменений) – логика причинности



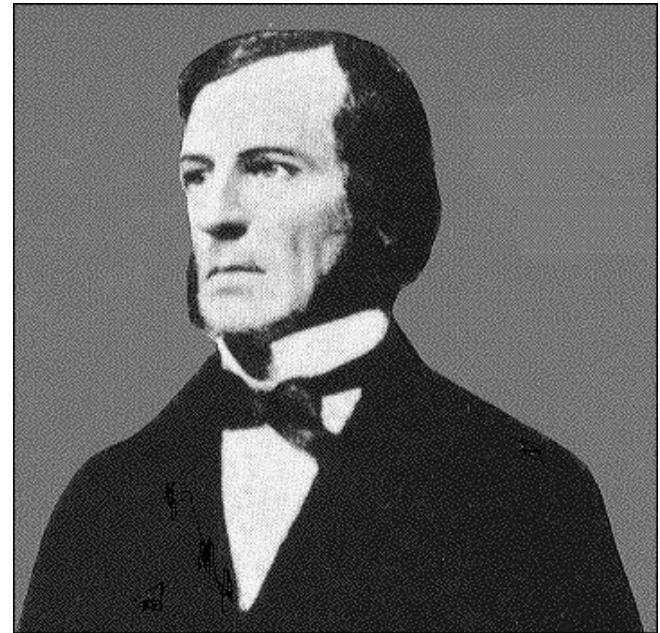
«Логика - есть теория
доказательства»

Д.Милль

История логики

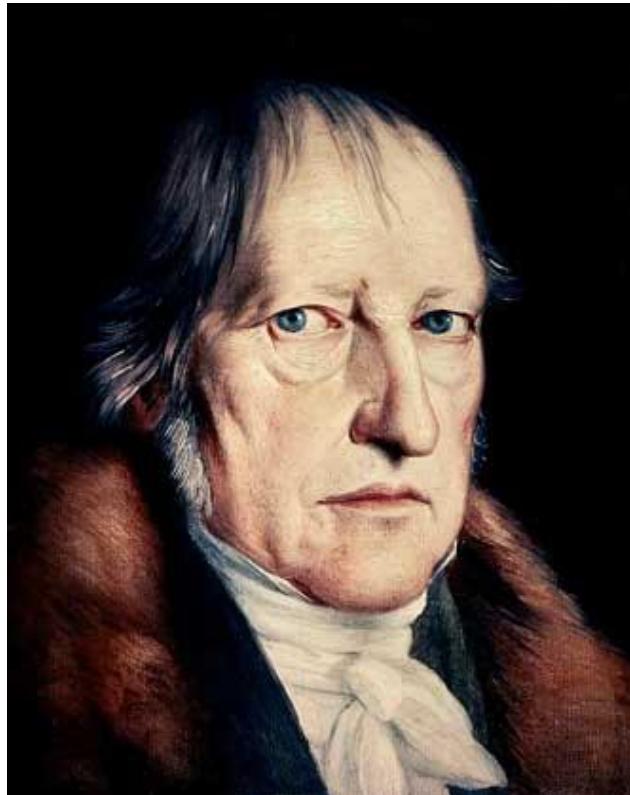
Джордж Буль (англ. George Boole; 1815 -1864) — английский математик и логик.

- «Перевел» логику на язык математики и применил математику (символы) к теории умозаключений («исчисление высказываний»):
 $y=f(x)$, где y - вывод; x - суждения
- Основные труды:
«Математический анализ логики» (1847);
«Исследование законов мышления, на которых основываются математические теории логики и вероятностей» (1854).



Дж.Буль - создатель математической логики

История логики



Георг Вильгельм Фридрих
Гегель (1770— 1831) —
немецкий философ

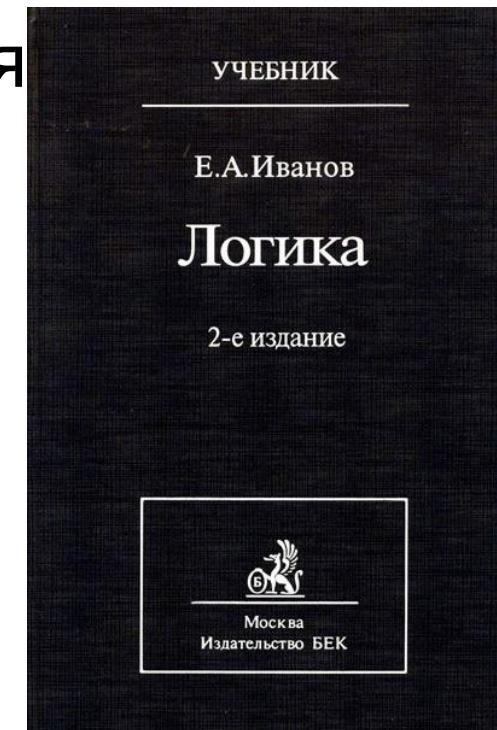
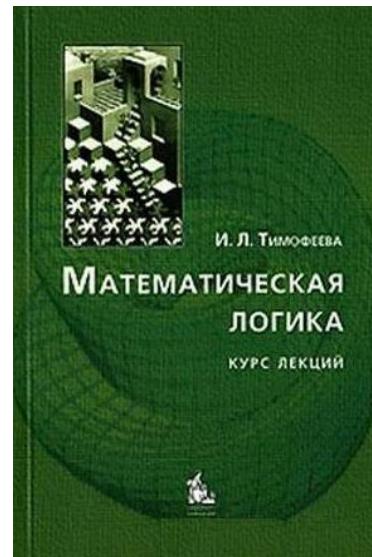
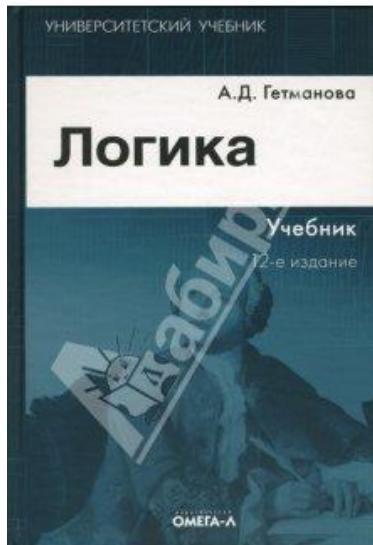
Основатель диалектической логики

Основная работа: «*Наука логики*» (1812-1816 гг. в 3-х частях)

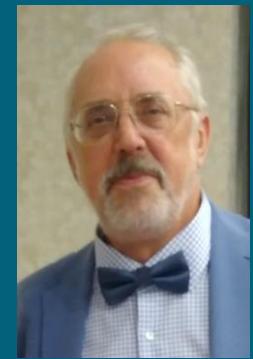
- Наука логики - изложение «Абсолютной Идеи» в ее необходимом развертывании. Именно в этом смысле «Наука логики» является фундаментом всей системы гегелевской философии.
- Не опровергал формальную логику, но развивал понимание логического до уровня спекулятивного (т.е. отвлеченного рассуждения).
- «Формально-логическое» по Гегелю является чем-то недостаточным, рассудочным, неполным изображением «Логики» как жизни «Идеи». Только спекулятивное, в котором формально-логическое (рассудочное) преодолевается диалектически, и является по Гегелю истинной «Логикой».

Выводы

- Логика – одна из самых старых наук
- Прошла путь от силлогистики до диалектической логики
- Не потеряла значения и сегодня (соединение с математикой)



Лекция 2-2



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Лекция 2-2. Основные категории логики

1. **Понятие** – мысль, отражающая существенные и необходимые признаки предмета или явления (термин, название).

Понятия классифицируют по разным признакам.

Признаки понятий:

- Существенные (основные) и несущественные «Лай – недостаточный признак собаки» (И.Кант)
«Треугольник – прямолинейная плоская фигура с 3-мя сторонами»
- Утверждающие и отрицающие
- Плодотворные и неплодотворные

Основные категории логики

5 классов различных признаков понятий (по Аристотелю):

1. **Родовой признак** или род (*genus*) – признак понятия класса, в который мы вводим другой признак.

Пример: «Порода *состоящая из кальцита* – *известняк*»

2. **Видовое различие** (*differencia specifica*) – существенный признак, выделяющий понятие из ряда ему подобных.

3. **Вид** (*species*) – комбинация рода и видового признака

4. **Собственный признак** (*proprium*) – такой, который присущ всем видам данного класса и может быть выведен из существенных признаков.

Пример: «*Сумма углов треугольника = 180°*» – собственный признак, выводится из существенного.

5. **Несобственный признак** (*accidens*) – не выводится из существенных, но может быть присущ всем видам данного класса.

Пример: «*Каолин имеет белый цвет*» - причина цвета не выводится (не известна или не очевидна)

Основные категории логики

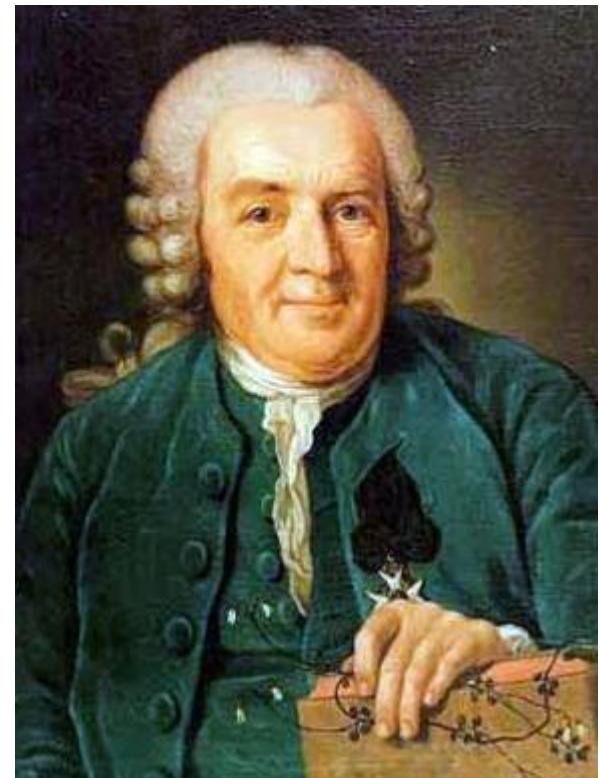
Аналогия различия признаков понятий и систематики
К.Линнея:



Биноминальная
номенклатура растений
и животных:

Род + вид

Пример: *Homo sapiens*



Карл Линней (1707-1778) –
шведский натуралист, ботаник,
автор биноминальной
номенклатуры

Основные категории логики

Подразделение понятий:

- А) по признаку **отношения** к характеризуемому предмету:
 - 1) **общие** (геооболочка); 2) **единичные** (каолинит); 3) **собирательные** (горная порода)
- Б) по признаку **конкретности** содержания:
 - 1) **конкретные**; 2) **абстрактные**
- В) по признаку **парности**:
 - 1) **абсолютные** (пласт); 2) **относительные** (перекрывающий и подстилающий)
- Г) по признаку **отношений** между понятиями (см. ниже) :
 - 1) **тождественные** (имеющие одинаковое содержание);
 - 2) **равнозначные** (имеют одинаковый объем, но разное содержание)
 - 3) **подчиненные и соподчиненные**
 - 4) **противоположные и противоречащие**
 - 5) **скрещивающиеся** и др.
- Д) по признаку **сравнения**:
 - 1) **несравнимые** (нет ближайшего родового понятия) и **сравнимые**;
 - 2) **положительные** (наличие черты, признака) и **отрицательные**

Основные категории логики

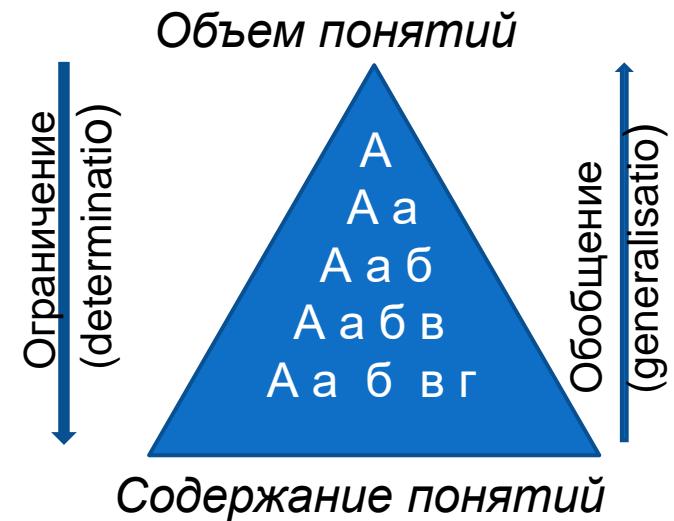
Содержание и объем понятий

Содержание понятия – совокупность его признаков

Объем понятия – круг тех предметов, на которые распространяется понятие

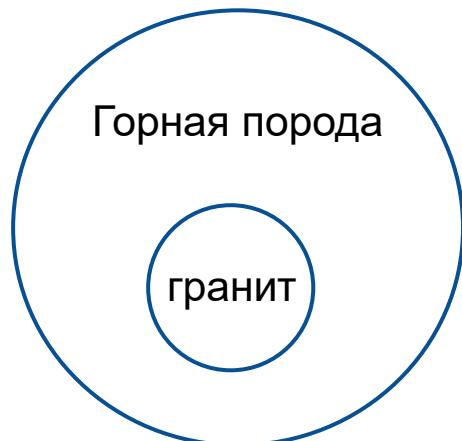


«Содержание и объем понятия находятся друг к другу в обратном отношении» – правило обратного отношения

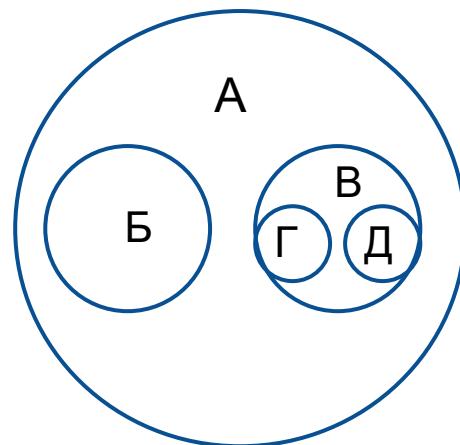


Основные категории логики

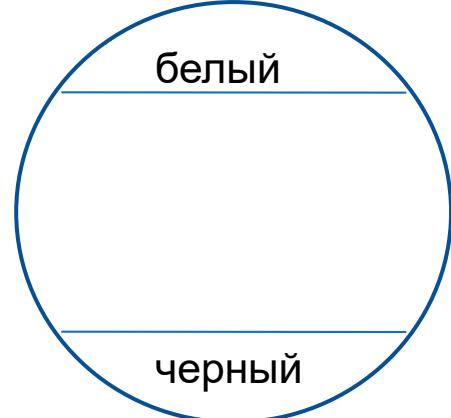
Отношения понятий



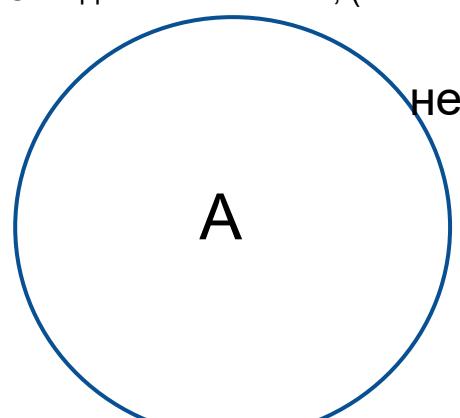
Подчиненные (отношения рода к виду)



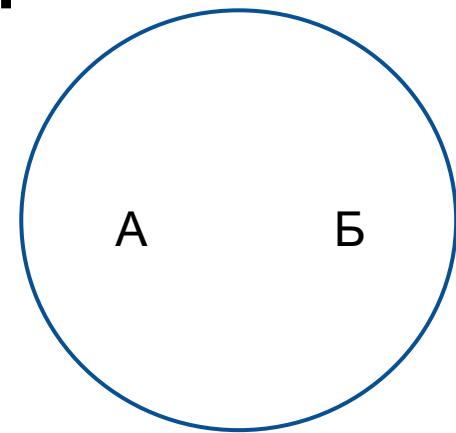
Соподчиненные Б и В, (но не Б и Г)



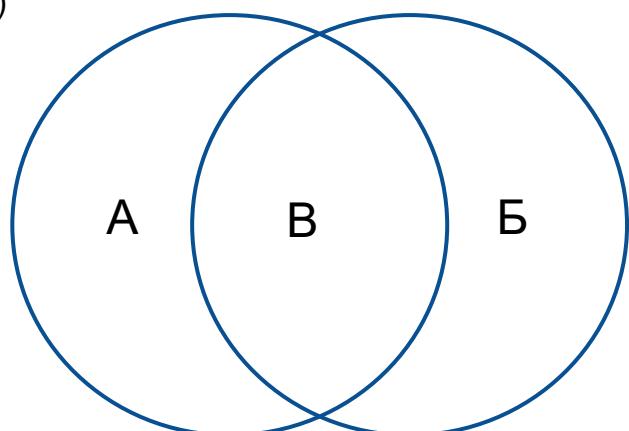
Противоположные



Противоречие



Равнозначные



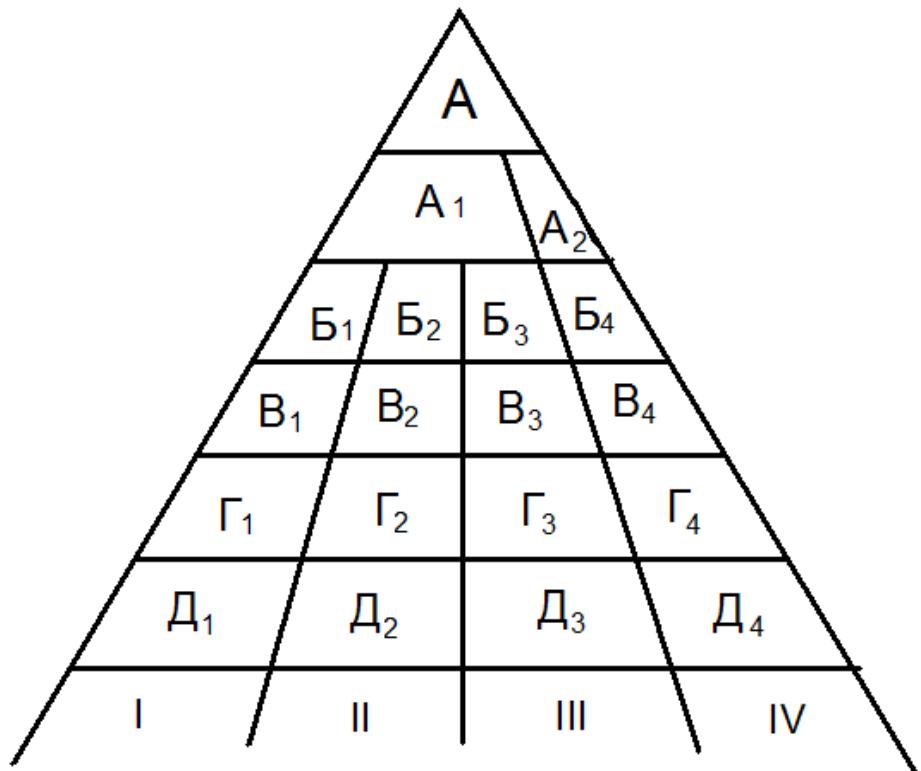
Скрещивающиеся

Основные категории логики



Общая схема логической «пирамиды понятий» инженерной геологии
(Трофимов, Королев, 2011)

Логическая «пирамида понятий» инженерной геологии как основа системы её собственных научных категорий (Трофимов, Королев, 2011)



А – понятия об ИГ, её структуре (А₁) и методические категории (А₂); Б₁, Б₂, Б₃, Б₄ – соответственно, понятия о грунтоведении (Б₁), инженерной геодинамике (Б₂), региональной ИГ (Б₃) и их методиках (Б₄); В₁, В₂, В₃, В₄ – соответственно, понятия о грунтах и грунтовых толщах и их систематике (В₁), геодинамических процессах и их систематике (В₂), инженерно-геологических структурах и их систематике (В₃) и о методиках их изучения (В₄); Г₁, Г₂, Г₃, Г₄ – соответственно, понятия о факторах формирования свойств грунтов (грунтовых толщ), геодинамических процессов, инженерно-геологических структур и о методах их изучения; Д₁, Д₂, Д₃, Д₄ – соответственно, понятия о параметрах (показателях) грунтов, геодинамических процессов, инженерно-геологических структур и о методах их изучения; I, II, III, IV – соответственно, секции категорий грунтоведения, инженерной геодинамики, региональной ИГ, а также методов и методики инженерно-геологических исследований

Основные категории логики

Определение понятия (**definitio**)

Определение – раскрытие содержания понятия (термина)

Виды определений:

- **Генетическое** – указывает как возник предмет, процесс, явление и т.п. (раскрытие содержания через генезис)
- **Номинальное** – раскрывает этимологию, т.е. значение слова (получаем из словаря)
- **Предметное** – раскрывает не то, что означает слово, а то что составляет его предмет, содержание

В логике определение понятия называют **дефиницией** (***definitio***)

Дефиниция это логическое определение, состоящее из указания рода (*genus proximum*) и существенного видового признака (*differencia specifica*).

Основные категории логики

Значение определений в инженерной геологии:

- Конкретное и верное (не ложное) изложение мыслей
- Определения – исходная терминология науки

Логические правила и ошибки определений:

1. Определение надо давать через *существенные признаки* (не второстепенные!!!)
2. Определение должно быть *соподчиненным* (не широким и не узким)
3. Определение *не должно делать круга* (замыкаться само на себя). Тавтология – определение через повторение того же термина
4. Определение не должно быть *отрицательным* (определение не того, что означает понятие, а того, что оно не означает)
5. Определение должно быть *ясным* (не использовать двусмысленные и малопонятные выражения)

Основные категории логики

Деление понятий (divisio)

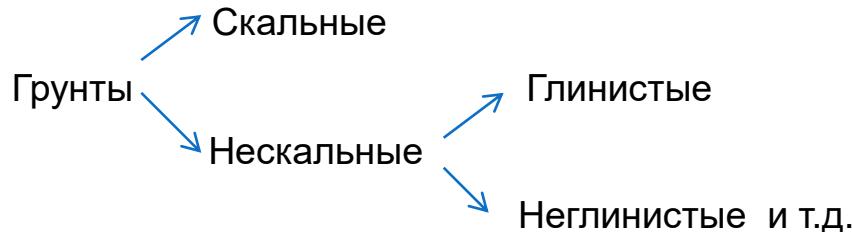
Определение раскрывает *содержание*, а деление – *объем* понятия

Цель деления – указать все виды, совокупность которых составляет объем данного понятия (делимое есть совокупность членов деления, род делим на виды и т.д.).

Признак, позволяющий разделить род на виды называется *основанием деления*

Приемы деления:

Дихотомия – понятие А делим на противоречащие: «Б» и «не Б»



Основные категории логики

Правила деления

1. Деление должно быть соразмерно (адекватно), т.е. сумма видов должна быть равна делимому роду (ошибка – неполное деление)
2. Члены деления должны исключать друг друга



3. Деление должно иметь одно основание



4. Деление должно быть последовательно непрерывным (без скачков)

Задание №2 к следующей лекции:

Составить по логическим правилам:

- 1) **генетическое** и
- 2) **предметное** определения:
 - «своих главных» терминов в диссертации (1-2 термина)
 - объекта и предмета своего исследования

Не повторять уже известные определения !!!!



Лекция 3-1



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Лекция 3-1. Логика суждений

- Суждение – мысль или форма мышления, в которой посредством связи понятий утверждается или отрицается что-либо.

Структура суждения:

Суждение состоит из **субъекта суждения** (S, подлежащее, класс суждений) и **предиката** (P, свойство, особенность), соединенных связкой (словом «есть», сказуемое и т.п.)

Например:

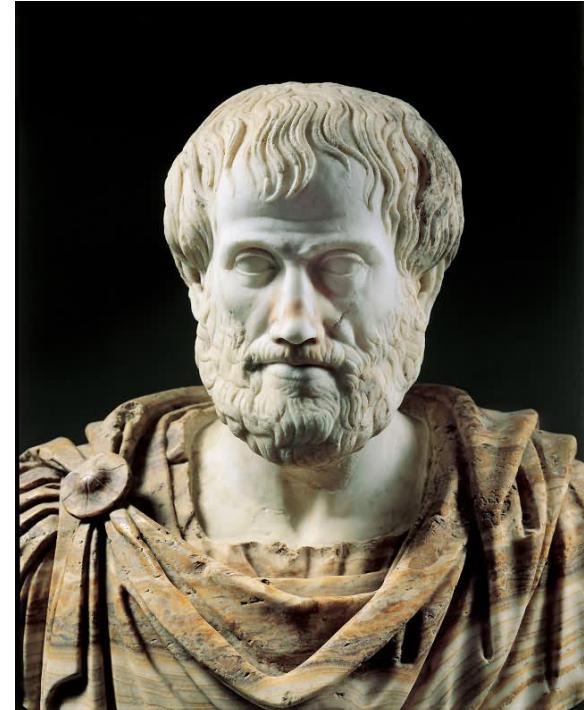
«*Кальцит есть минерал*»

или

S есть P

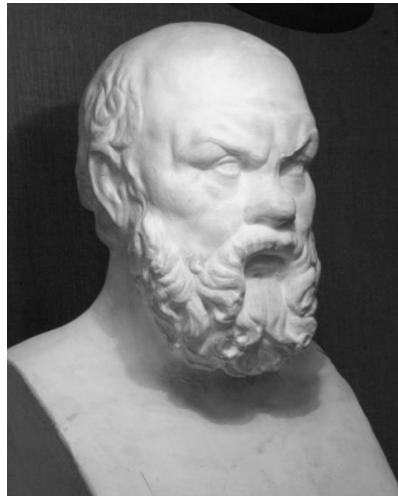
С точки зрения математической логики:

$$P = f(S)$$



Аристотель

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :



«Я знаю только то, что ничего не знаю, но другие не знают и этого».

Сократ

1. Древнегреческий этап (софисты, Сократ, Платон, Аристотель и др.)

- Софизм – ложное, но внешне верное, утверждение
- Софисты учили искусству спора, они могли, подобно современным адвокатам, показать, как защищать или оспаривать то или иное мнение, и не заботились о том, чтобы защищать свои собственные выводы.
- Критика софистов Сократом, Платоном, Аристотелем сыграла большую роль в развитии логики суждений

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :

- Парадоксы и апории в науке:
 - **Парадокс** – ситуация (суждение), которая может существовать в реальности, но не имеет логического объяснения
 - **Апория** (от греч. *aporia* – безысходность) – логически верная ситуация (суждение), но которая не может существовать в реальности
 - **Антиномия** – противоречие двух законов
- **Парадокс Евбулида (парадокс кучи):** «если к одной песчинке добавлять по одной, то когда образуется куча песка?»

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :

Апории в инженерной геологии

□ Апория гранулометрии:

Обломок (частица) произвольной формы имеет бесчисленное число размеров. Следовательно размер частицы произвольной формы нельзя определить.

Разные варианты эквивалентных размеров частицы неправильной формы



Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :

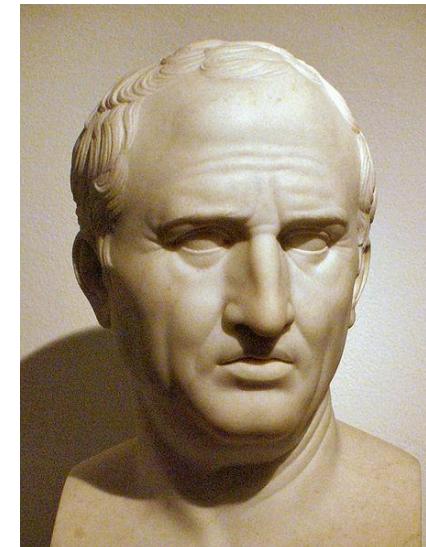
2. Древнеримский этап (Цицерон и др.) – умение убеждать людей

Труды Цицерона:

- «Об ораторе»;
- «Брут» или «О знаменитых ораторах»;
- «Оратор»;
- «О наилучшем роде ораторов».

Как строить речь:

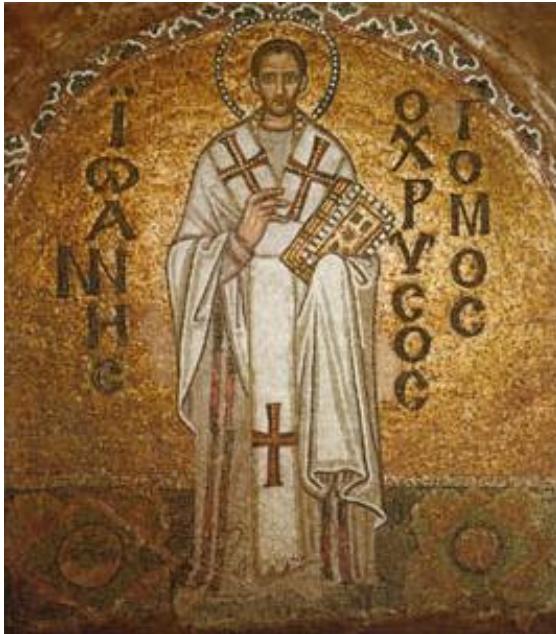
- В первую очередь оратору следует найти что сказать.
- Второе – разложить материал в строгом порядке.
- Облечь в словесную форму.
- Обязательно запомнить материал.
- Произнести речь.



Марк Туллий Цицерон
(106 до н.э. – 43 до н.э.) –
римский политик, философ,
оратор, риторик

«*O tempora! O mores!*»
Цицерон

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :



Иоанн Златоуст (347-407) – архиепископ Константинопольский, богослов, схоласт

- Средневековый этап (Иоанн Златоуст, Григорий Богослов, Фома Аквинский, Михаил Псёлл и др.) – основывалась на риторике Аристотеля и Цицерона, применении её к церковным поучениям и проповедям.
- Фома Аквинский составил подробный анализ ложных умозаключений (*«De fallaciis»*)
- Цель риторики этого времени - «учить, побуждать, развлекать»

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :

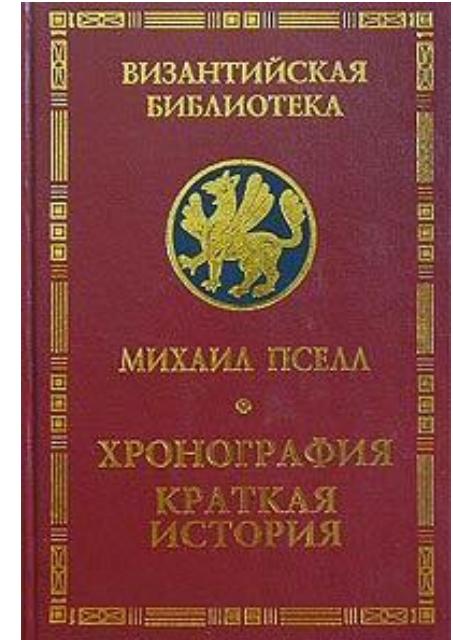


Михаил Псёлл

(1018-1078) –
византийский
философ-схоласт,
историк, риторик

Вклад схоластики в логику суждений

1. Широкое внедрение силлогистики в науку
2. Формализация суждений и выводов (расцвет формальной логики – до эпохи Возрождения)
3. М.Псёлл ввел обозначения форм суждений, их обозначения и т.п.



Одно из сочинений
М.Псёлла

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :

- Этап эпохи Возрождения – переработка и применение риторики к любой прозе и литературе.
- Представители:
 - Бальдассаре Кастильоне - «Диалоги»
 - Генри Пичем – «Сад красноречия» и др.)
- Выработка «высокого стиля».
- Отход от латыни и выработка национальных языков



Бальдассаре Кастильоне (1478-1526) – итальянский риторик и писатель (с портрета Рафаэля)

Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) :

- Этап **Нового времени** – проникновение риторики во все области
- **Риторика в России:**
 - М.В.Ломоносов - «Риторика» (1748 г.)
 - А.С.Никольский – «Логика и риторика» (1790 г.)
- Этап XIX-XXI веков –
перерастание риторики в
теорию аргументации.
Создание искусственного
интеллекта.



Александр Сергеевич
Никольский (1755-
1834) – русский
писатель и переводчик

Логика суждений

Деление суждений на 4 группы:

1. По **качеству**: **утвердительные и отрицательные**
2. По **количеству**: **общие, частные, единичные**
3. По **отношению** между S и P: **категорические, условные и разделительные**
4. По **модальности** (от лат. *modus* – способ, вид):
проблематические (возможность),
аподиктические (необходимость) и
ассерторические (действительность)

Логика суждений

- Увердительные суждения: S есть P
«Каолинит есть глинистый минерал»
- Отрицательные суждения: S не есть P
«Каолин не есть глинистый минерал» (а порода)
- Формулы общих, частных и единичных суждений:
 - Все S есть P
 - Некоторые S есть P
 - Отдельное S есть P

Логика суждений

Деление суждений по отношению между S и P:

- Формула категорических суждений:

S есть P

- Формула условных суждений:

Если A есть B, то C есть D

S – основание, P - следствие

- Формула разделительных суждений:

S есть или A, или B, или C

Логика суждений

Деление суждений по модальности:

- Формула проблематических суждений:
S вероятно есть P (**возможность**)
- Формула аподиктических суждений:
S необходимо должно быть P (**необходимость**)
- Формула ассерторических суждений:
S есть P (**действительность**)

Логика суждений

Соединение суждений (сложные суждения)

Соединение суждений по количеству и качеству = 4 новых вида суждений:

A – **общеутвердительные** (*всякое S есть P*)

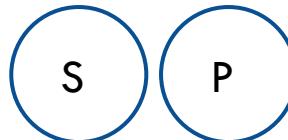
E – **общеотрицательные** (*ни одно S не есть P*)

I – **частноутвердительные** (*некоторые S[F] есть P*)

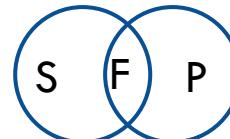
O – **частноотрицательные** (*некоторые S[F] не есть P*)



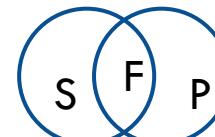
Тождественные



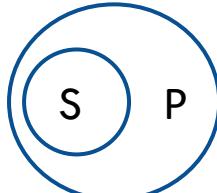
E



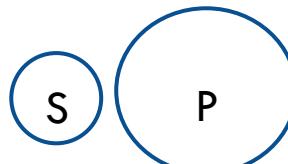
I



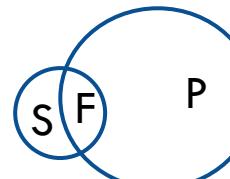
Распределенные
суждения (объем S
и P одинаков)



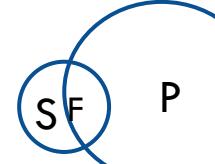
A



E



I



Не
распределенные
суждения

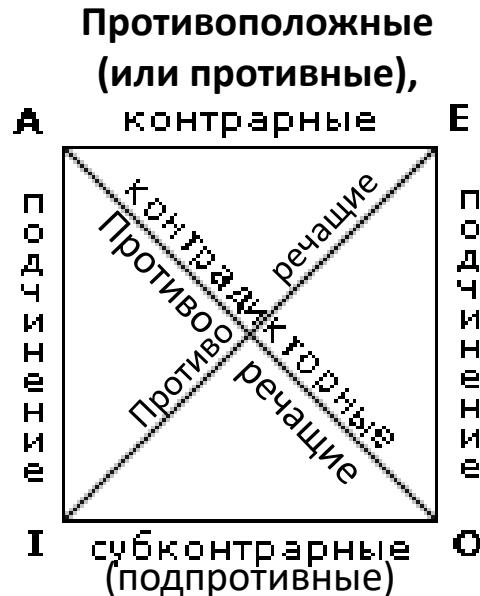
O

Логика суждений

Три вида отношений между суждениями:

- Отношения **тождества** (два суждения по-разному выражают одно и то же)
«Равносторонний треугольник есть плоская фигура с 3 равными сторонами»
«Равносторонний треугольник есть плоская фигура с 3 равными углами»
- Отношения **подчинения** (одно суждение есть частный случай второго и т.п.)
- Отношения **противоположности** (противоречия) – два суждения противоречат друг другу

Логика суждений



- А - общеутвердительные
Е - общеотрицательные
И - частноутвердительные
О - частноотрицательные

Логический квадрат,
описывающий отношения между
категорическими суждениями
(введен Михаилом Псёллом)

Выводы (логические правила):

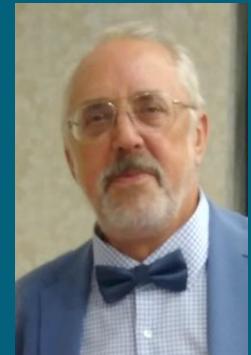
- A-O, E-I:** Из 2-х противоречащих суждений 1-но ложно, а другое истинно (или 2 противоречащих суждения не могут быть одновременно истинными, или одновременно ложными)
- A-E:** Из истинности одного из 2-х контарных (противных) суждений (A и E) следует ложность другого, но из ложности одного не следует истинность другого;
- A-I, E-O:** Истинность частного (подчиненного) суждения находится в зависимости от истинности общего, но не наоборот;
- I-O:** Два субконтарных (подпротивных) суждения могут быть одновременно истинными, но не могут быть одновременно ложными (обозначения AEIO введены М.Псёллом)

Общие выводы из анализа суждений:

- Сами по себе суждения (отдельно 1 или 2) мало что дают для процесса познания, но являются необходимым элементом мышления
- На основе сопоставления (2-х и более) суждений можно построить новое суждение – умозаключение, являющееся «новым знанием»
- Умозаключения (если они истинны) имеют наибольшую эвристическую ценность



Лекция 3-2



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Логика умозаключений (силлогистика)

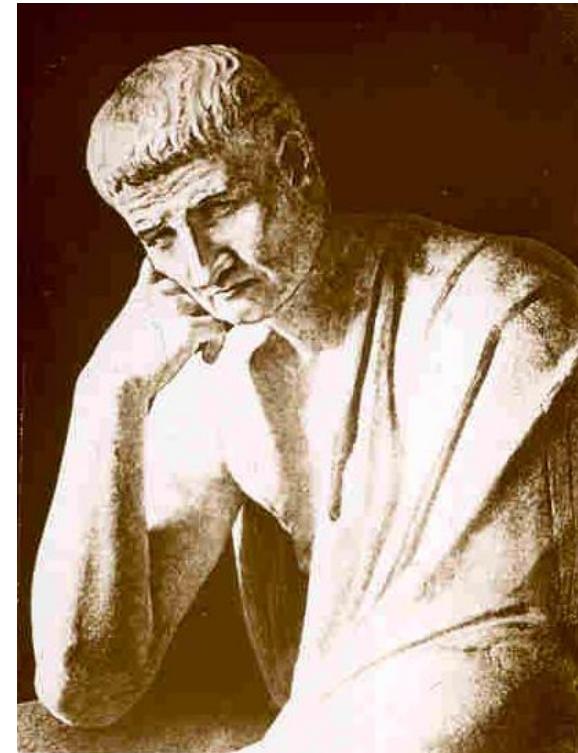
От суждений к умозаключениям

Умозаключение – связь суждений, благодаря которой получаем новое суждение – вывод.

Аристотель первым заметил и описал разные формы умозаключений (в их субъективном значении), введя понятие силлогизма

Силлогизм – умозаключение, в котором из 2-х суждений необходимо вытекает из них выводимое и ими определяемое 3-е суждение – вывод.

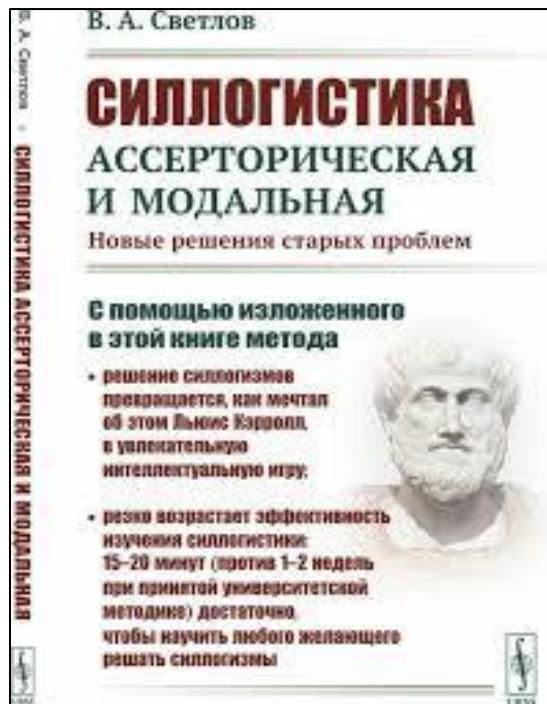
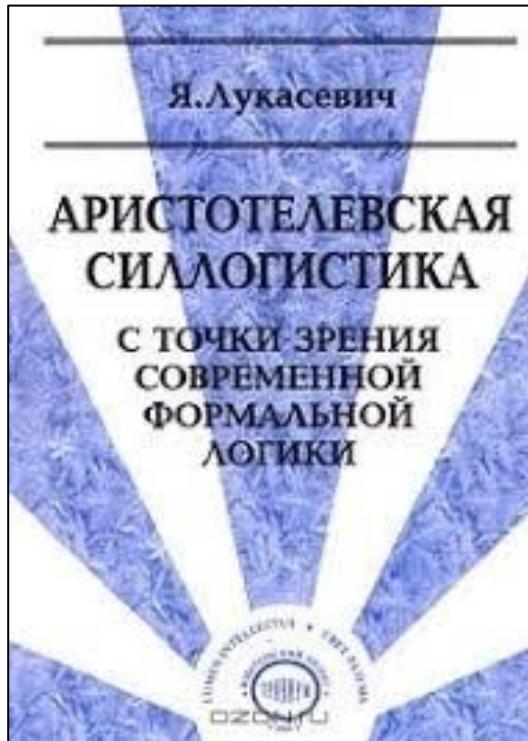
Силлогистика – теория получения логических умозаключений



Аристотель

Логика умозаключений (силлогистика)

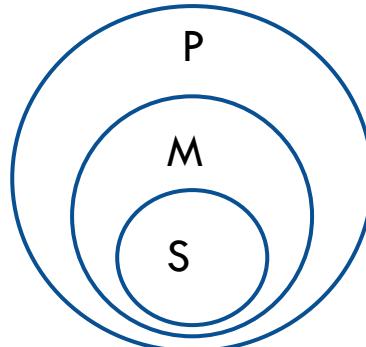
□ Литература по силлогистике



Логика умозаключений (силлогистика)

Структура силлогизма

- Силлогизм состоит из 2-х суждений (посылок) и получаемого из них вывода (заключения)
- Первая посылка обозначается как **большая**, 2-я – **меньшая**
- Понятия в суждениях (посылках и выводе) называют **терминами**: меньший-**S**, средний-**M** и больший-**P**

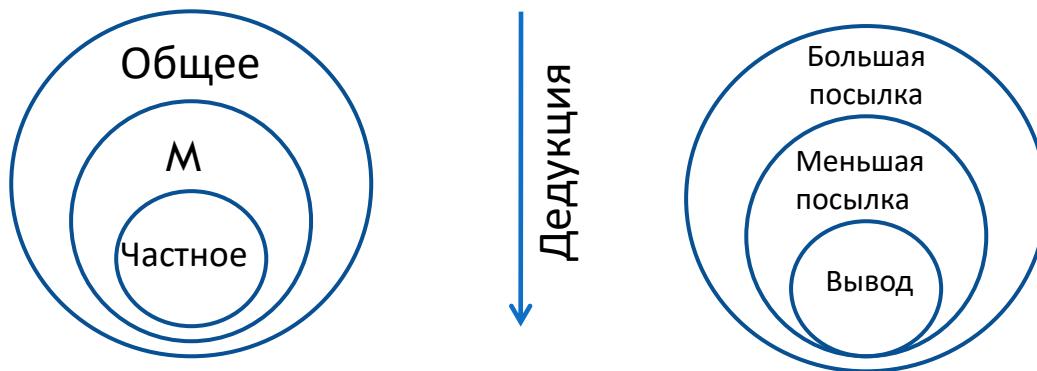


Отношения между терминами силлогизма

Логика умозаключений (силлогистика)

Пример силлогизма:

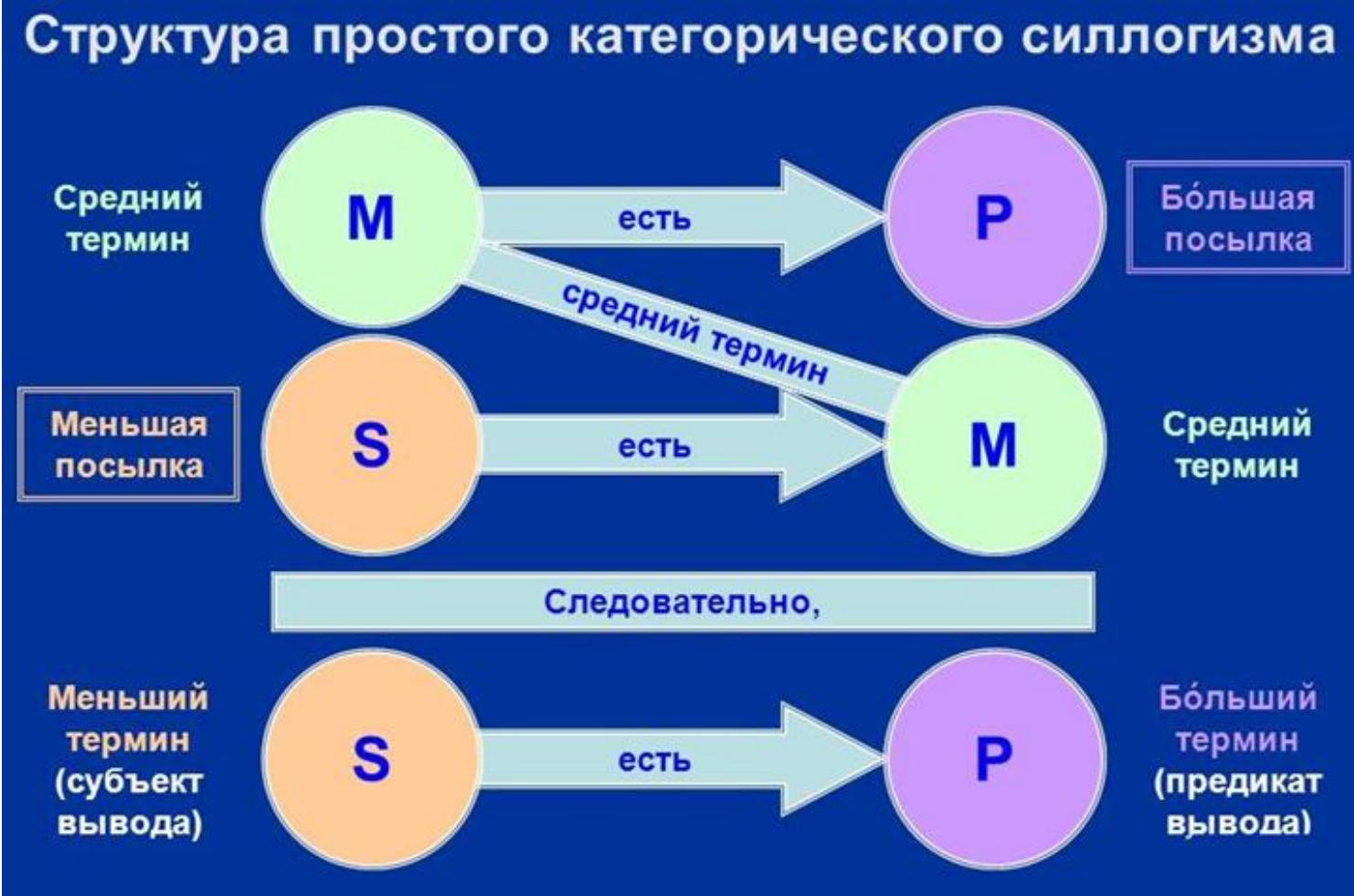
- 1) «Эффузивные породы – это обычно плохо раскристаллизованные породы, содержащие стекло» (M есть P) – **большая посылка**
- 2) «Базальт – эффузивная порода» (S есть M) – **меньшая посылка**
- 3) «Следовательно базальт – плохо раскристаллизованная порода, содержащая стекло» (S есть P) - **вывод**



**Если M есть P
а также S есть M
тогда S есть P**

Дедуктивный путь построения силлогизма и получения вывода

Логика умозаключений (силлогистика)



Логика умозаключений (силлогистика)

Логические символы

№	Операция	Обозначение	Соответствующие речевые обороты
1	2	3	4
1	отрицание (инверсия, логическое НЕ)	$\neg A$ \bar{A} не A not A	не A ; неверно, что A
2	конъюнкция (логическое умножение, логическое И)	$A \wedge B$ $A \& B$ $A \cdot B$ A и B A and B	A и B ; как A , так и B ; A вместе с B
3	дизъюнкция (логическое сложение, логическое ИЛИ, включающее ИЛИ)	$A \vee B$ $A + B$ A или B A or B	A или B ; A или B или оба вместе

Логика умозаключений (силлогистика)

продолжение

№	Операция	Обозначение	Соответствующие речевые обороты
1	2	3	4
4	исключающая дизъюнкция (исключающее ИЛИ, сложение по модулю 2, строгая дизъюнкция)	$A \oplus B$ $A \text{ xor } B$	либо A , либо B ; A или B , но не оба вместе; только A или только B
5	импликация (следование)	$A \rightarrow B$ $A \Rightarrow B$ A — посылка B — следствие	если A , то B ; из A следует B ; A влечёт B ; для A необходимо B ; для B достаточно A ; A только тогда, когда B ; B тогда, когда A ; все A есть B
6	эквиваленция (равнозначность)	$A \leftrightarrow B$ $A \equiv B$ $A \sim B$	A эквивалентно B ; A равносильно B ; A необходимо и достаточно для B ; A тогда и только тогда, когда B ; либо A и B , либо ни A , ни B

Логика умозаключений (силлогистика)

Аксиомы (правила не требующие доказательств) **силлогизма**:

1. Всё, что утверждается относительно класса предметов, может быть высказано и относительно любого предмета этого класса (и наоборот)

«*Dictum de omni et de nullo*»

2. Признак признака предмета, есть также признак самого предмета (и наоборот)

«*Nota notae est rei ipsius*»

Аксиомы введены Аристотелем

Логика умозаключений (силлогистика)

Правила простого категорического силлогизма (введены Аристотелем):

- В каждом силлогизме должно быть только **три термина**.
- Средний термин (M) должен быть **распределён** хотя бы в одной из посылок.
- Термин, не распределённый в посылке, не должен быть распределён в заключении.
- Из двух **отрицательных** посылок нельзя вывести истинное заключение
- Число отрицательных посылок должно быть равно числу отрицательных заключений.
- Из двух **частных** посылок нельзя сделать истинного вывода

Логика умозаключений (силлогистика)



Средневековая школа

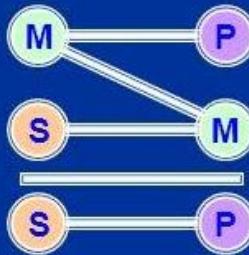
Фигуры и модусы силлогизма

Фигурами силлогизма называются формы силлогизма, отличающиеся расположением **среднего термина** в посылках:

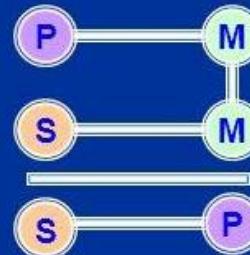
	Фигура 1	Фигура 2	Фигура 3	Фигура 4
Большая посылка:	M—P	P—M	M—P	P—M
Меньшая посылка:	S—M	S—M	M—S	M—S
Заключение:	S—P	S—P	S—P	S—P

Логика умозаключений (силлогистика)

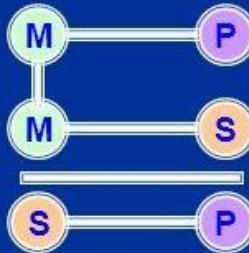
Назначение фигур



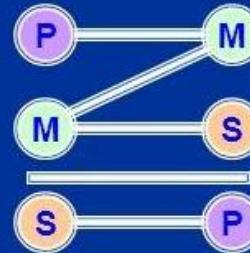
Назначение первой фигуры – обоснование подчинения, в том числе правомерности подведения данного случая под данное правило.



Назначение второй фигуры – отвержение ложного подчинения, в том числе обоснование неправомерности подведения данного случая под данное правило.



Назначение третьей фигуры – доказательство исключений из общего правила и необоснованности тех или иных обобщений.



Назначение четвёртой фигуры – обоснование умозаключений в тех случаях, когда «связь идей» обратна «связи вещей» (например, обоснование целесообразности).

Логика умозаключений (силлогистика)

Модусы силлогизма

Каждой фигуре силлогизма отвечают **модусы** — формы силлогизма, различающиеся количеством и качеством посылок и заключения.

В логике модусы обозначают трехбуквенными формулами. Всем 3-м суждениям каждой из 4-х фигур силлогизма будет соответствовать по 4 возможных модуса.

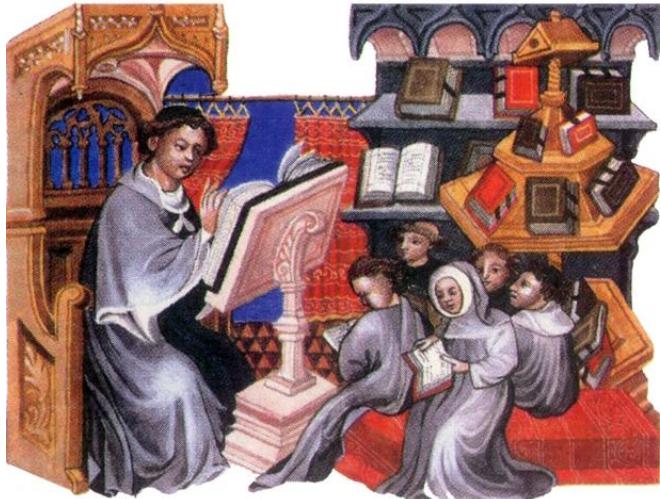
Так 1-й модус 1-й фигуры (т.е. когда все 3 суждения общеутвердительные «А») обозначается как «AAA». Остальные модусы (в порядке следования): ААЕ, ААИ, ААО и т.д. (обозначения введены М.Псёллом)

Логика умозаключений (силлогистика)

Модусы силлогизма

Общее число возможных комбинаций (модусов) – 256, т.е. по 64 модуса в каждой фигуре, но лишь часть из них может быть истинными (!). Поэтому выделяют всего 19 модусов.

Возможные 19 (истинных) модусов:



Средневековая школа

1	2	3	4
AAA	EAЕ	AAI	AAI
EAЕ	AEE	IAI	AEE
All	EIO	All	IAI
EIO	AOO	ЕAO	ЕAO
		ОАО	EIO
		EIO	

Логика умозаключений (силлогистика)

Значение и применение силлогистики в инженерной геологии:

- Использование в научной аргументации
- Опровержение ошибочных научных положений
- Переход к искусственному интеллекту
- Цифровизация инженерной геологии, в том числе – на базе искусственного интеллекта

Искусственный интеллект – система,
способная выполнять творческие функции



Татьяна Владимировна
Черниговская –
профессор, зав. кафедрой
проблем конвергенции
естественных и
гуманитарных наук СПбГУ.

Логика умозаключений (силлогистика)

Искусственный интеллект в инженерной геологии

Сфера применения:

- ГИС – технологии и картография
- Инженерные изыскания и САПР
- «Цифровизация» инженерной геологии
- Работа с базами данных и инженерно-геологической информацией
- Геокибернетика – автоматизированное управление ЛТС или ПТС

Логика умозаключений (силлогистика)

Выводы

1. Силлогизм преобладал в логике до XIX века и имел ограниченное приложение в частности из-за привязки к категорическому силлогизму
2. Формы и модусы умозаключений конечны (исчисляемы)
3. Формализация умозаключений – путь перехода к математической логике и искусственному интеллекту.

Задание № 3

1. Составить силлогизмы по 4 фигурам из разных исходных посылок для получения 4 любых разных выводов **по предмету своего исследования.**
2. Сформулировать парадокс и апорию **по предмету своего исследования.**



Лекция 4-1



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Лекция 4-1. Сложный силлогизм

Сложный силлогизм (полисиллогизм) – суждение основанное на предшествующем силлогизме или нескольких силлогизмах

Большинство научных умозаключений – полисиллогизмы в развернутой или скрытой форме

Структура полисиллогизма:

Общее суждение (просиллогизм)

Вывод 1(=большая посылка следующего суждения - эписиллогизм)

Конечный вывод

Сложный силлогизм

Логическая операция перехода от просиллогизма к эписиллогизму называется **прогрессивно-сложным силлогизмом**

Обратная операция – переход от эпи- к просиллогизму – **ретрессивно-сложным силлогизмом**

При наличии >2 силлогизмов – выделяют **цепь силлогизмов**

Структура цепи силлогизмов:

Общее суждение (просиллогизм)

Вывод 1(=большая посылка следующего суждения - эписиллогизм)

Вывод 2(=большая посылка следующего суждения)

и т.д.

Конечный вывод в цепи

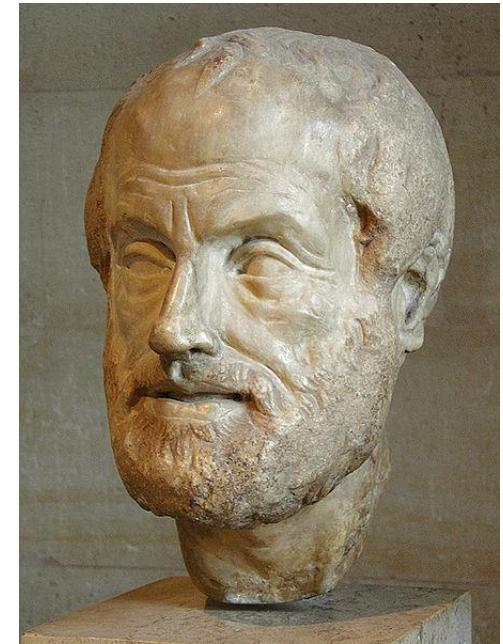
Отбрасывая посылки и оперируя лишь выводами, получаем – краткое (брюское) заключение

Законы логики (мышления)

1. Закон тождества

Введен Аристотелем в трактате «Метафизика» следующим образом:

«...иметь не одно значение — значит не иметь ни одного значения; если же у слов нет значений, тогда утрачена всякая возможность рассуждать друг с другом, а в действительности — и с самим собой; ибо невозможно ничего мыслить, если не мыслить что-нибудь одно».



Скульптура головы Аристотеля — копия работы Лисиппа, Лувр

Законы логики

Другие формулировки закона тождества:

«Всякое А тождественно самому себе»

«А есть А»

«Любое нечто есть то, что оно есть»

(Лейбниц)

Всякая вещь в процессе мышления должна сохранять своё тождество. Нельзя вначале под «А» понимать одно, а затем другое.

**Для науки установление тождества –
необходимое требование процесса мышления.**

Законы логики

Нарушение закона тождества ведет к софизмам, основанным на подмене понятий и др. ошибкам:

Типичные приёмы софистов:

1. **Амфиболия** – двусмысленность, неясность, подмена тезиса (2 значения одного и того же слова)
2. **Эquivокация** – разногласие, подмена понятия
3. **Логомахия** (от греч. λόγος – слово и μάχη – бой, сражение) - спор о словах, отсутствие единого понимания термина, двоякое понимание о нём.
4. Необходимо различать **тавтологию** - тождественно истинное высказывание, инвариантное относительно значений своих компонентов.

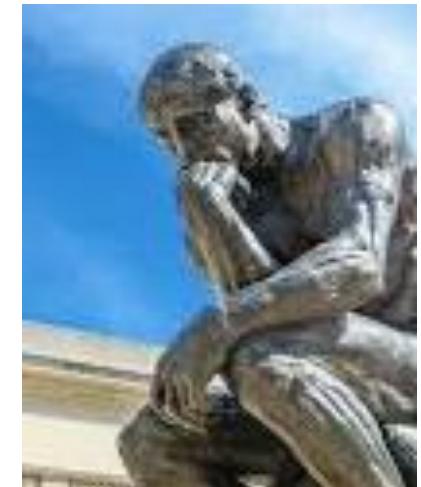
Законы логики

□ Пример софизма:

То, чего горная порода не потеряла, она имеет

Горная порода не теряла рассудка

Следовательно, горная порода имеет
рассудок (разум)



Опровержение: здесь слово «потерял»
трактуется двусмысленно – т.е.
нарушение закона тождества

Законы логики

2. Закон противоречия

«Два противоречащих одно другому суждения не могут быть одновременно истинными и в одном и том же отношении»

«А» не может одновременно быть «В» и не быть «В»

Аристотель рассматривал принцип противоречия как аксиому и основное положение всей философии:
«невозможно чтобы противоречащие утверждения были вместе истинными»

Однако этот закон не запрещает одновременную ложность двух таких суждений

Законы логики

Значение закона противоречия

Противоречия могут быть **контактными** (следующими друг за другом в одной фразе) или **дистантными** (разделенными между собой фразами)

Во втором случае чаще всего и происходит нарушение закона противоречия:

- ▣ *Сначала выдвигается в работе (выступлении и т.п.) одна идея, а потом в конце – противоречащая ей (подмена тезиса)*

Законы логики

- **Противоречия также бывают явными и неявными.** В первом случае одна мысль непосредственно противоречит другой, а во втором случае противоречие вытекает из контекста: оно не сформулировано, но подразумевается.
- **Пример:** в учебнике «Концепции современного естествознания» из главы, посвященной теории относительности А. Эйнштейна, следует, что, по современным научным представлениям, пространство, время и материя не существуют друг без друга: без одного нет другого. А в главе, рассказывающей о происхождении Вселенной, говорится о том, что она появилась примерно 20 млрд. лет назад в результате Большого взрыва, во время которого родилась материя, заполнившая собой все пространство.
- Из этого следует, что пространство существовало до появления материи, хотя в предыдущей главе речь шла о том, что пространство не может существовать без материи.

Законы логики

3. Закон исключения третьего

«*Tertium non datum*»

– третьего не дано

При двух суждениях, из которых одно утверждает то, что другое отрицает («А есть В» и «А не есть В») не может быть третьего, среднего суждения.

Закон основывается на предыдущем (законе противоречия), но прибавляет к нему рассмотрение «третьего» или среднего суждения

Закон исключённого третьего является одним из основополагающих принципов «классической математики».

Законы логики

Между **противоположными** суждениями всегда может быть третье, промежуточное суждение.

Например: 1) Глина твердая; 2) Глина пластичная; и промежуточное: 3) Глина тугопластичная), а между **противоречащими** такого (третьего) быть не может: 1) Глина твердая; 2) Глина не твердая; третьего противоречащего суждения (например, глина полутверская – это всё равно глина не твердая) быть не может.

Поэтому противоречащие суждения не могут быть одновременно ложными

Законы логики

Значение 3-го закона:

О всяком качестве вещи (явления и т.п.) мы можем утверждать что оно или принадлежит этой вещи, или не принадлежит; ничего среднего быть не может.

Пример:

«Породы могут быть магматическими или не магматическими»

«Грунты могут быть прочными или не прочными» и т.д.

Законы логики



Готфрид Вильгельм
фон Лейбниц (1646-
1716) – немецкий
философ, математик

4. Закон достаточного основания (введен Лейбницем)

«Высказывание о предмете только тогда истинно, когда указано достаточное основание»

или

«Всякое суждение (мысль) должно иметь определенное логическое обоснование»

или

«Мы всё должны мыслить на достаточном основании».

Т.е нельзя ограничиваться утверждением, что «нечто истинно», надо показать , почему именно оно истинно

Законы логики

Современная трактовка 4-го закона:

любая мысль (*тезис*) для того, чтобы иметь силу, обязательно должна быть доказана (*обоснована*) какими-либо аргументами (*основаниями*), причем эти аргументы должны быть достаточными для доказательства исходной мысли, т. е. она должна вытекать из них с необходимостью (тезис должен с необходимостью следовать из оснований).

Законы логики

Обобщение и суть законов логики

1. Закон тождества

Если A, то A

Каждое понятие сохраняет
свое значение.

2. Закон противоречия

$A \neq \text{не-}A$

Не может быть
противоположных суждений.

3. Закон
исключённого третьего

Или A,
или не-А

Суждение либо истинно,
либо ложно.

4. Закон
достаточного основания

A, потому
что B

Истинность требует
доказательства.

Значение законов логики

- **Мыслить логично** - это значит мыслить точно и последовательно, не допуская противоречий в своих рассуждениях, уметь разоблачать логические ошибки.
- Эти качества мышления имеют большое значение в любой области научной и практической деятельности, в том числе и в работе ученого, которая требует **точности мышления и обоснованности выводов**.
- **Логическая грамотность** - необходимая черта образованности
- С помощью законов логики можно как **опровергать**, так и **доказывать** суждения (выводы)

Выводы

- 
1. **Формальный характер законов логики (мышления).** Это – *формальные* законы мысли, т.к. они не касаются ее *содержания*.
 2. Четыре закона логики имеют в ней то же значение, что и аксиомы в математике. Они непосредственно очевидны.
 3. Всякая мысль (независимо от содержания) должна подчиняться этим законам



Лекция 4-2

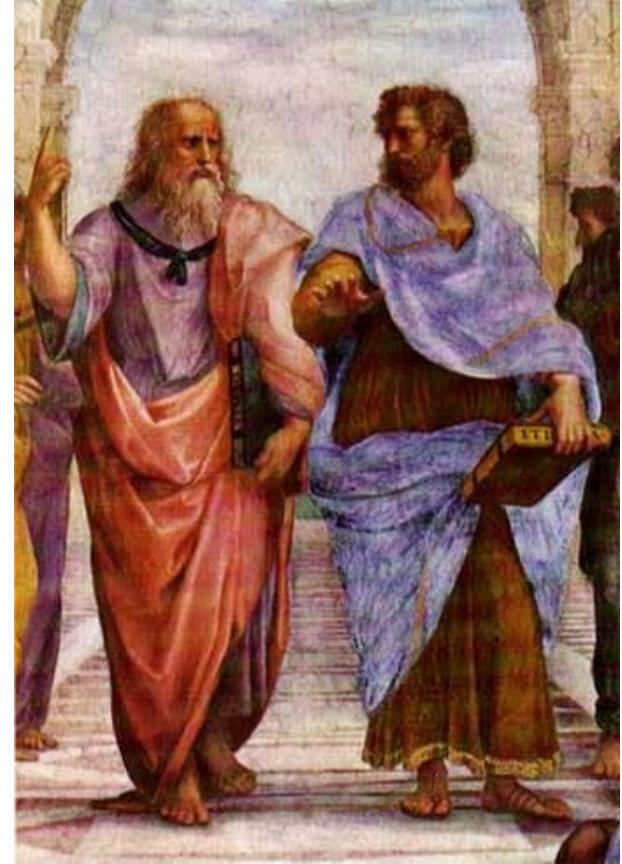


МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Лекция 4-2. Общенаучные методы исследования. Дедукция и индукция

Дедукция (лат. *deductio* — выведение) — метод мышления, при котором частное положение логическим путем выводится из общего, вывод по правилам логики (силлогизма); **цепь умозаключений** (рассуждение), звенья которой (высказывания) связаны отношением логического следования от общего к частному.

Исторически дедукция была основным методом науки (до XVI-XVII в. – т.е. до работ Ф.Бэкона)



Платон и Аристотель (справа).
Фрагмент фрески Рафаэля
«Афинская школа» в Ватикане

Дедукция

- Началом (посылками) дедукции являются аксиомы, постулаты или просто гипотезы, имеющие характер общих утверждений («общее»), а концом — следствия из посылок, теоремы («частное»).
- Если посылки дедукции истинны, то истинны и ее следствия.
- Дедукция — основное средство доказательства.

Дедукция

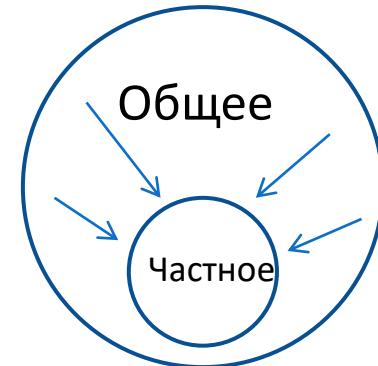
□ Дедуктивисты:

Аристотель

Декарт

Спиноза

Лейбниц и др.



В основе - дедуктивное умозаключение
(классический силлогизм): от общего к частному

Прогрессивный силлогизм: от более общего – к
менее общему

Регрессивный силлогизм: от менее общего к более
общему

Дедукция



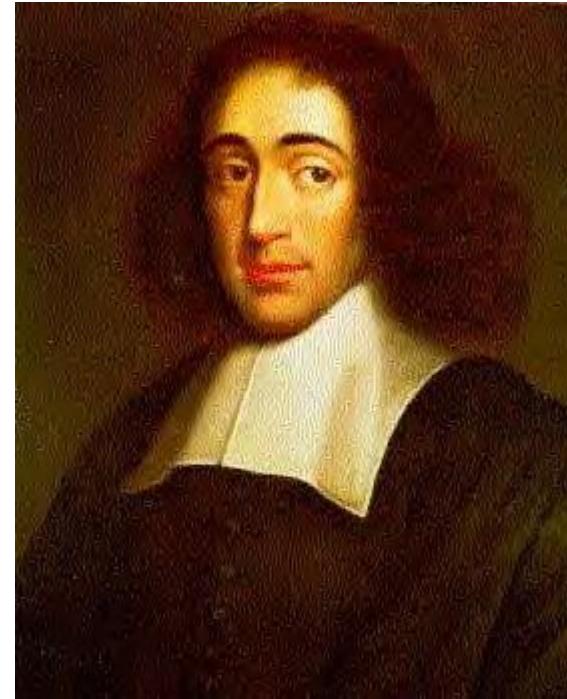
Рене Декарт
(Картезий) (1596-1650) – французский философ, математик и физик

- Последователь рационализма и механицизма, основоположник скептицизма и картезианства
- **Рационализм** (от лат. *ratio*- разум) - метод, согласно которому основой познания и действия людей является разум.
- В качестве главного **критерия истины** выдвинул принцип непосредственной достоверности, то есть ясности и отчётливости идей
- **Картезианство** = рационализм + механицизм + скептицизм
- **Дуализм** Декарта – мир состоит из 2-х субстанций (протяженной и мыслящей)

Дедукция

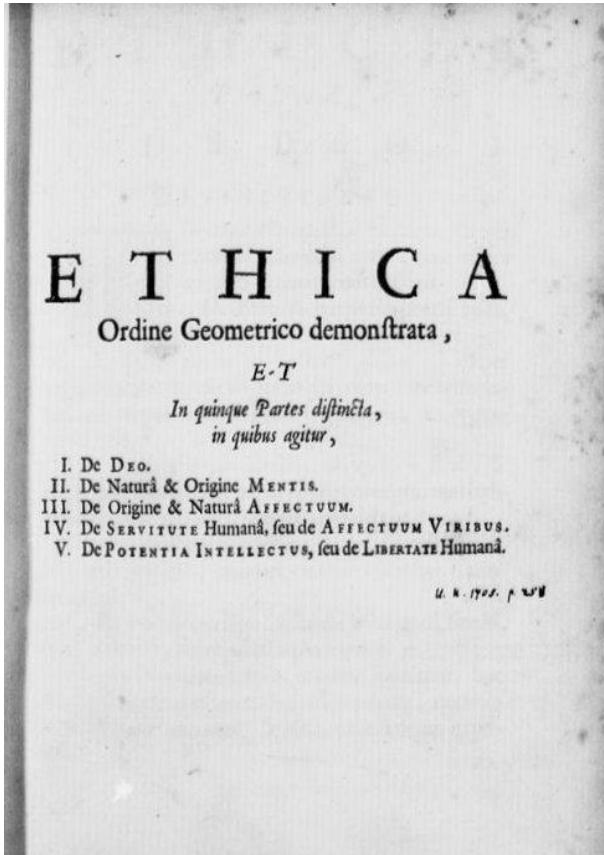
Сочинения Спинозы:

- ок. 1662 «Трактат об усовершенствовании разума и о пути, которым лучше всего направляться к истинному познанию вещей»
- 1663 «Основы философии Декарта, доказанные геометрическим способом»
- 1677 «Этика»



Бенедикт Спиноза (1632 – 1677) — голландский еврейский философ, рационалист, натуралист, последователь Декарта

Дедукция



Титульный лист «Этики»
Спинозы, 1677 г.

- В «Этике» Спиноза по аналогии с логикой строит свою **метафизику**:
 1. Определение терминов,
 2. Формулировка логических законов (аксиом),
 3. Вывод всех остальных положений (теорем) путём логических следствий.
- Такая дедуктивная форма гарантирует истинность выводов в случае истинности аксиом.

Дедукция

- Критиковал Декарта за субъективизм:
«Критериями истинности суждений...
являются правила обычной логики»
- Методология Лейбница:
 1. Учет законов логики
 2. Принцип достаточного основания
 3. Логический примат возможного
перед действительным
 4. Оптимальность (совершенство)
данного мира как достаточное
основание его существования



Готфрид Вильгельм
Лейбниц (1646-1716) –
немецкий философ,
логик, математик

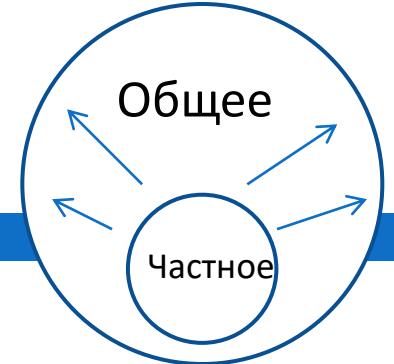
Дедукция

- **Дедуктивным** путем выводятся из гипотез следствия. Если полученные результаты соответствуют всем фактам, которых касается гипотеза (версия), то она признается истинной.
- (Путаница дедукции и индукции в детективах)



Дедуктивный путь расследований
Ш.Холмса

Индукция



Индукция (лат. *inductio* — наведение) — умозаключение от частного к общему (сначала факты, затем их обобщение)

Противопоставление силлогизма и индукции:

«Индукция есть умозаключение от частного к общему. Индукция убедительна и проста, и с точки зрения чувственного познания более выгодна и доступна, но силлогизм все же **более доказателен** и для дискуссии с противником **более эффективен**»

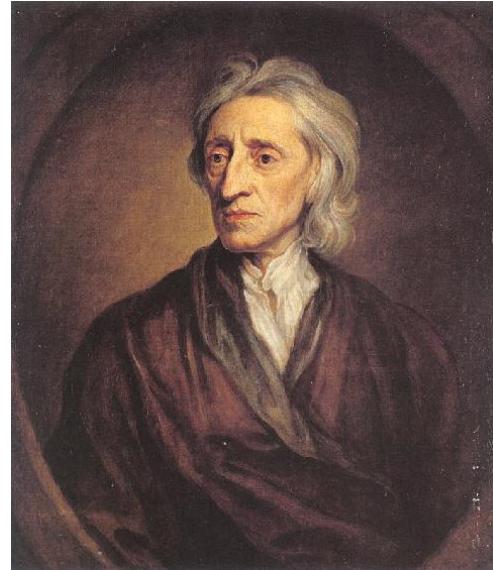
Аристотель

Противопоставление индукции и дедукции

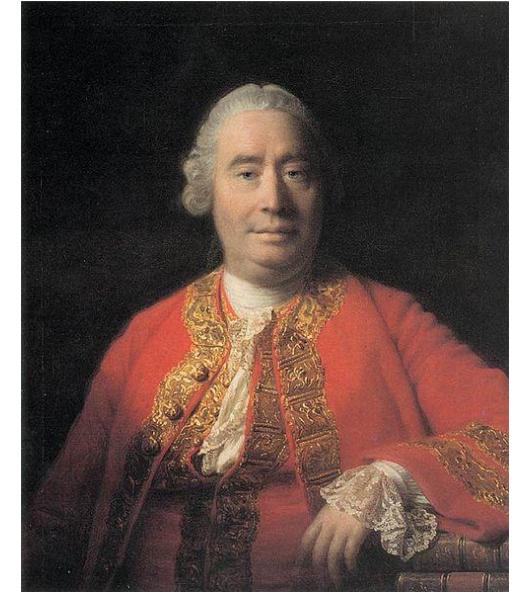
Индукция

Индуктивисты (эмпиристы):

- Ф.Бэкон
- Г.Галилей
- Д.Локк
- И.Ньютон
- Д.Беркли
- Д.Юм
- Б.Рассел



Джон Локк (1632-1704) - один из английских философов. Ввел принцип эмпирии: первичность ощущения перед разумом.

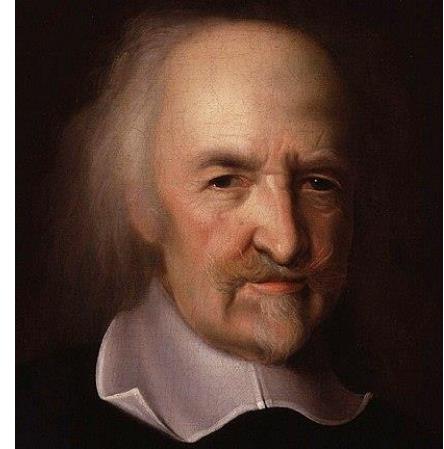


Дэвид Юм (1711-1767) – шотландский философ – эмпирик и агностик (радикальный скептик)

Индукция

Д.Юм поставил под сомнение обоснованность индуктивного метода вывода умозаключения, выдвинув вопрос о том, ведет ли индуктивное рассуждение к истинному знанию поскольку, поскольку оно может иметь вероятностный характер.

Проблема индукции впервые обсуждалась Т.Гоббсом, а затем Д.Юмом



Томас Гоббс (1588-1679) – английский философ, последователь Ф.Бэкона и Р.Декарта, представитель механистического материализма, различал два метода познания: логическую дедукцию рационалистической «механики» и индукцию эмпирической «физики».

Индукция

Виды индукции:

1. **Полная индукция** – индуктивное умозаключение, в котором из всей совокупности фактов делается общий вывод.

Пример:

Множество **A** состоит из элементов: **A₁**, **A₂**, **A₃**, ..., **A_n**.

- **A₁** имеет признак **B**
- **A₂** имеет признак **B**
- Все элементы от **A₃** до **A_n** также имеют признак **B**

Следовательно, все элементы множества **A** имеют признак **B**.

При полной индукции получаем вполне достоверное умозаключение

Индукция

2. Неполная индукция – индуктивное умозаключение, которое дает общий вывод только из части фактов (вероятностное умозаключение). Это метод обобщения признаков некоторых элементов для всего множества, в который они входят.

Пример:

Множество **A** состоит из элементов: **A₁**, **A₂**, **A₃**, ... **A_k**, ... **A_n**.

- **A₁** имеет признак **B**
- **A₂** имеет признак **B**
- Все элементы от **A₃** до **A_k** также имеют признак **B**

Следовательно, вероятно, **A_{k+1}** и остальные элементы множества **A** имеют признак **B**.

Не все умозаключения по неполной индукции могут быть правомерными. Задача логики состоит в том, чтобы указать границы, за пределами которых индуктивный вывод перестаёт быть правомерным, а также вспомогательные приёмы, которыми пользуется исследователь при образовании эмпирических обобщений и законов.

Индукция



Френсис Бэкон (1561-1626) -
английский философ,
родоначальник английского
материализма и методологии
опытной науки

В "Новом Органоне" Бэкон констатирует **противоречие** между состоянием науки (теории) и техники (практики). Первая высказывает привлекательные и красивые общие положения, но полна противоречий в частностих, не видно прогресса:

"В механических же искусствах (технике) мы наблюдаем противоположное: они, как будто восприняв какое-то живительное дуновение, с каждым днем возрастают и совершенствуются".

Индукция

12 причин неудовлетворительного состояния науки по Ф. Бэкону в Новое время (актуальны и сейчас!!!!):

1. Молодой возраст науки. Из 25 веков человеческой истории менее 6-ти благоприятствовали ей.
2. В философии малое вниманиеделено философии природы (естествознанию). Без связи же отдельных наук с философией природы не будет прогресса. Философия природы - "великая мать наук". Время ее расцвета у греков было непродолжительным.
3. Неверная цель, поставленная перед науками (поставлены недостижимые цели). Подлинная цель - наделение человеческой жизни новыми открытиями и благами.
4. Неверный метод - верен опытный метод - «Все было предоставлено или мраку преданий, или круговороту силлогизмов (от общего к частному), или случайности, или произволу смутного, неупорядоченного опыта».
5. Разрыв между теoriей и опытом (платоновский разрыв между разумом и чувством). Пренебрежение опытом.

Индукция

- 6. Благоговение перед древними авторитетами.**
- 7. «Головокружение от успехов». Переоценка достигнутого. На самом деле наука находится только в начале познания.**
- 8. Мелочность и ничтожность ставящихся задач.**
- 9. Сильный противник науки - "суеверие и слепое неумеренное религиозное привержение". "Более того, по теперешнему положению дел условия для разговора о природе стали более жестокими и опасными по причине учения и метода схоластов. Ибо схоласты не только в меру своих сил привели теологию в порядок и придали ей форму науки, но вдобавок, добились того, что строптивая и колючая философия Аристотеля смешалась, более, чем следовало, с религией".**
- 10. Университетская, "школьная" наука "оказывается противной движению науки вперед".**
- 11. Наука не поощряется. Плата и награда зависят "от толпы и знатных мужей".**
- 12. Но величайшим препятствием является "отчаяние людей и допущение существования Невозможного". Отчаяние это возникает при рассуждении о непонятности природы, краткости жизни, об обмане чувств, о трудностях опытов и т.п.**

Индукция

- Своей задачей Ф.Бэкон считал **создание новой методологии**, которая "оказывала бы разуму помощь в извлечении правильных закономерностей из наблюдений над реальной действительностью", т.е. **на основе индукции**.
- В основу познания он кладет **научно-организованный опыт** и именно опыт, а не первичное наблюдение. Бэкон критикует голый, "бескрылый" эмпиризм:
- "Те, кто занимались науками, были или эмпириками, или догматиками. Эмпирики, подобно муравью, только собирают и пользуются собранным. Рационалисты, подобно пауку, из самих себя создают ткань. Пчела же избирает средний способ, она извлекает материал из цветов сада и поля, но располагает и изменяет его собственным умением".
- "**Союз опыта и рассудка**" - таков исходный пункт методологии Бэкона.



Ф.Бэкон

Индуктивный метод Бэкона

Ф. Бэкон считал возможным обучить любой ум процессу научной индукции и расписать этот процесс по таблицам!

1. Сначала, по Бэкону, надо свести все факты, в которых фигурирует изучаемое явление, в "таблицу положительных инстанций".
2. Затем надо подыскать аналогичные факты, в которых данное явление отсутствует и свести их в "таблицу отрицательных инстанций".
3. Сопоставлением таких таблиц будут исключены те факты, которые являются несущественными для данного явления.
4. Затем составляется таблица сравнения, показывающая, какую роль играет усиление одного фактора для данного явления.
5. В результате такого сравнения получается искомая "форма" или закон природы.

Данный метод, без сомнения является прототипом современных теорий факторного, планируемого эксперимента.

Позже этот метод обобщил Милль.

Индукция

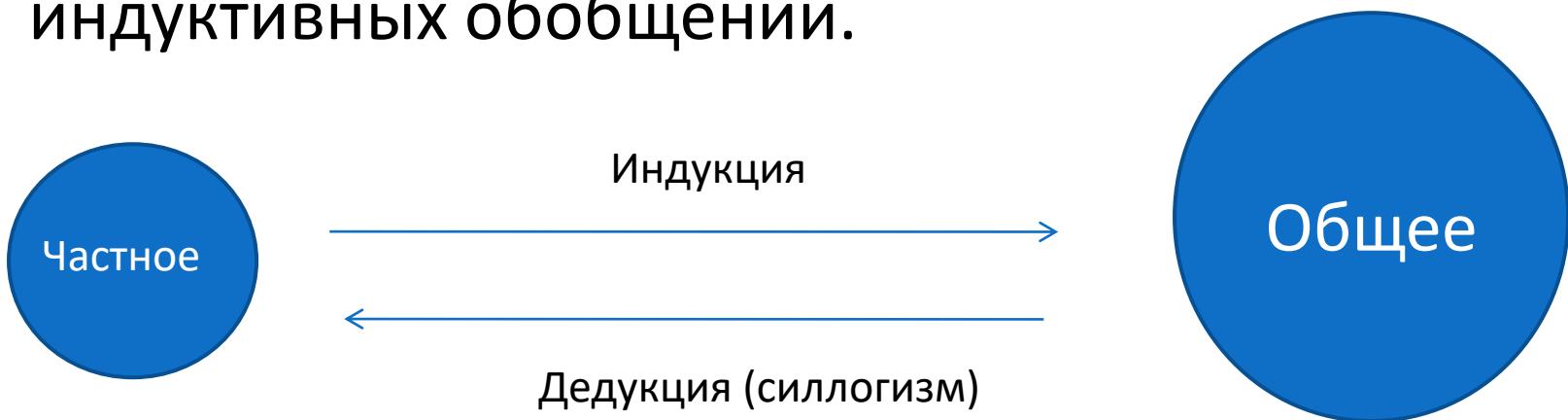


Д.И.Менделеев (1834-1907) русский ученый, химик, энциклопедист

Д. И. Менделеев, изучив отдельные элементы,крыл периодический закон химических элементов – пример индуктивного исследования.

Сопоставление дедукции и индукции

- **Абдукция** (индукция + гипотетико-дедуктивный метод) - подход, являющийся разновидностью гипотетико-дедуктивного метода и предполагающий, что исходные **гипотезы** вводятся не произвольно, а в результате индуктивных обобщений.

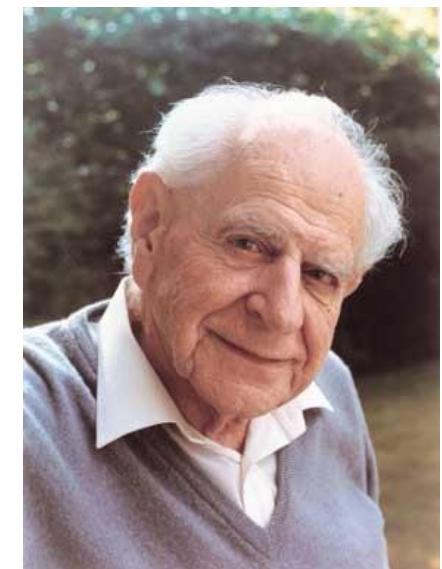


Представители: Христиан Вольф, Гегель и К.Поппер (взаимосвязь Д и И)

Сопоставление дедукции и индукции, абдукция

□ Критика К.Поппером индуктивного метода Бэкона-Милля:

1. Сформулировать заключение о единичном факте можно лишь на основе общих понятий, а это возможно лишь на базе теорий и гипотез;
2. Для наблюдений нужна научная идея (программа, гипотеза); с гипотезы начинается исследование.
Это и есть **абдукция** по К.Попперу



Карл Поппер (1902-1994) – австро-британский философ

Сопоставление дедукции и индукции, абдукция

Абдукция — познавательная процедура выдвижения гипотез.

Формально абдукция представляет вид редуктивного вывода с той особенностью, что из посылки, которая является условным высказыванием, и заключения вытекает вторая посылка.

Например:

первая посылка: люди — смертны;

заключение: Сократ — смертен;

мы можем предположить, с помощью абдукции, что *вторая посылка* здесь будет:

Сократ — человек.

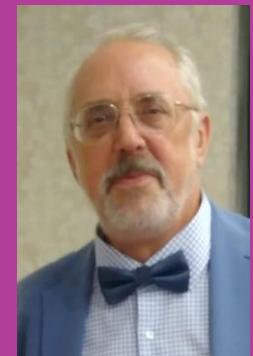
Задание № 4

**Составить по предмету своего
исследования:**

- 1. Софизм и его опровержение
законами логики**
- 2. Дедуктивное умозаключение (как
возможное защищаемое положение)**
- 3. Индуктивное умозаключение (как
возможное защищаемое положение)**



Лекция 5-1

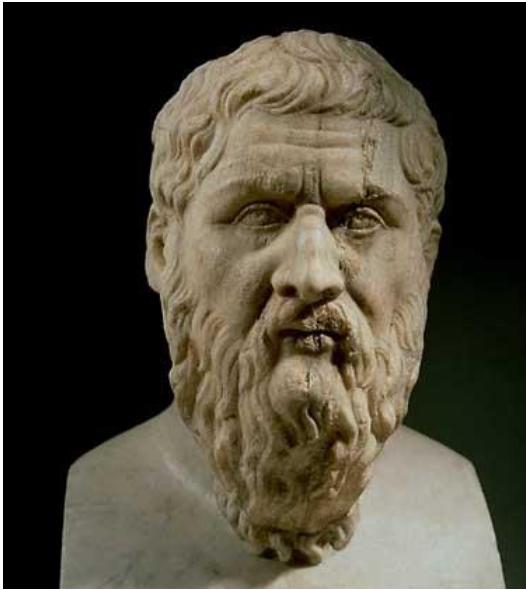


МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Теория познания (гносеология)

- **Гносеология** - раздел философии, изучающий взаимоотношение субъекта и объекта в процессе познавательной деятельности, отношение знания к действительности, возможности познания мира человеком, критерии истинности и достоверности знания.
- **Методология** – учение о методах познания, о принципах, формах и способах научно-исследовательской деятельности (термин введён Ф.Бэконом)
- **Методика** – совокупность конкретных приёмов (способов) осуществления данного исследования

Теория познания (гносеология)



Платон (428-348
гг. до н.э.)

Платон в VI книге «Государства» делит познание на два рода:

- A. постигаемое **ощущением** (чувственно-воспринимаемое) и
- B. познаваемое **умом** (умопостигаемое).

В «Письмах» он излагает свою **теорию познания** любого предмета (явления и т.п.), состоящую из 5 ступеней:

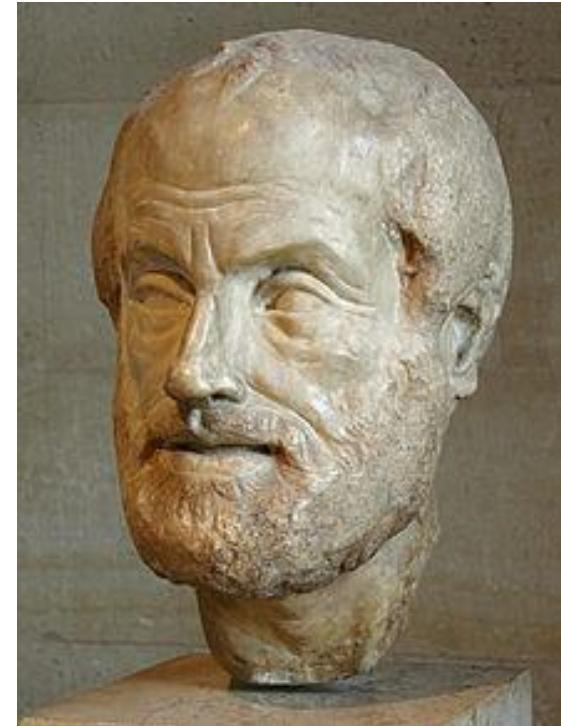
- 1) имя (термин)
- 2) определение
- 3) изображение (образ)
- 4) познание (понимание)
- 5) познание само по себе (бытие)

Первые 4 ступени относятся к «A», 5-я ступень – к «B»

Теория познания (гносеология)

Аристотель, разрабатывая теорию познания, заложил основы **рационализма**, в основе которого такой метод познания как **аналитика** или **логика**.

Вслед за Платоном также различал чувственное знание и рассудочное



Аристотель —
копия работы
Лисиппа, Лувр.

Теория познания (гносеология)

В эпоху Нового времени
конкурируют две линии:

1) рационализм (Декарт, Лейбниц)

– опирающийся на дедукцию;

2) эмпиризм (Бэкон, Локк, Юм) –

опирающийся на опыт и
индукцию.



Иммануил Кант

«Существуют два основных ствала человеческого познания, вырастающие, быть может, из одного общего, но неизвестного нам корня, а именно **чувственность** и **рассудок**: посредством чувственности предметы нам даются, рассудком же они мыслятся»

Теория познания (гносеология)

Вопрос о познаваемости мира – основной вопрос философии (гносеологии):

- **оптимизм** – мир познаем, границ познания нет, необходимы лишь время и средства (Лейбниц)
- **Позитивизм** – «эмпиризм без философии» (О.Конт, Д.Милль)
- **Эмпириокритицизм** (2-й позитивизм) - «чистый опыт» человека – основа познания (Авенариус)
- **Неопозитивизм** (3-й позитивизм, логический эмпиризм, «махизм») – мир познаем, надо только исключить ненаблюдаемое (Эрнст Мах – принцип «экономии мышления», причинность заменил функциональностью)



Огюст Конт (1798-1857)



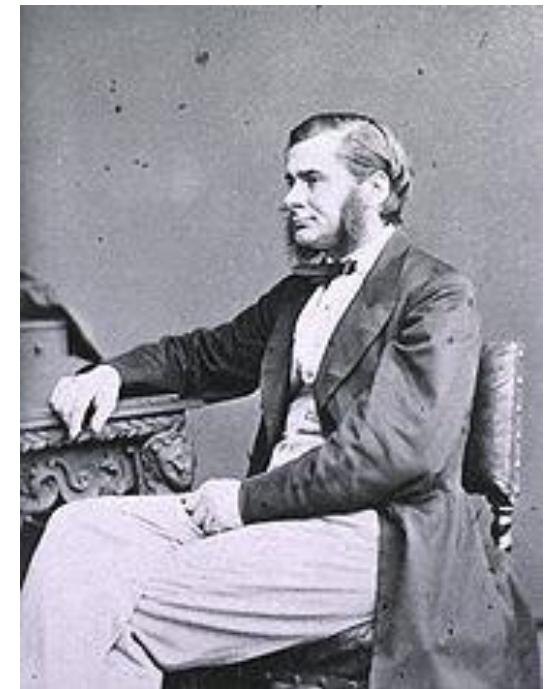
Эрнст Мах (1838-1916)

Эмпириокритицизм

- попытка дать общую теорию опыта, без каких-либо гносеологических предпосылок.
- В основе - опыт, в том виде, в котором он непосредственно познается людьми; от этой точки исходят мыслители всех возможных направлений Э.
- Эти непосредственные данные Э. принимает как то, что признается неоспоримым всем человечеством, составляет «естественное» понятие о мире.

Агностицизм

- **агностицизм** — мир непознаваем в принципе, человек не познаёт мир, а строит виртуальный мир на основе чувственного восприятия (Т.Хаксли)
- **скептицизм** — мы познаём реальный мир, но в силу несовершенства чувств постоянно вводим себя в заблуждение (Р.Декарт, Д.Юм).



Томас Хаксли (Гексли)
(1825-1895)

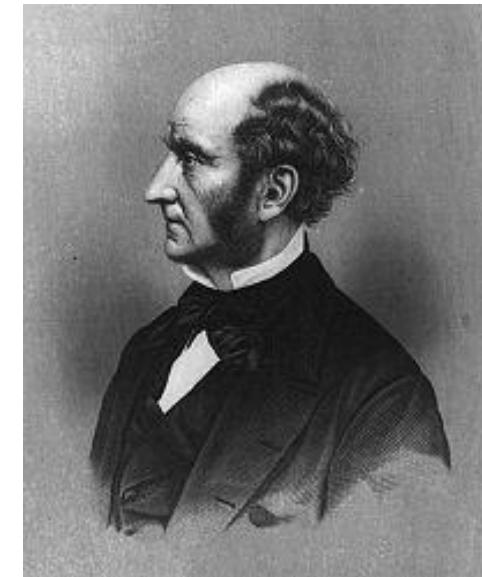
Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

Аксиомы индукции по Дж.Миллю:

- - единообразие природы;
- - то, что произошло один раз, будет обязательно иметь место, как только снова создадутся те же самые условия

В 1843 г. издает книгу: «**Система логики силлогистической и индуктивной**», в которой излагает 4 принципа причинности.

- Критиковал силлогизмы Аристотеля, считая, что в них уже заложен вывод



Джон Стюарт Милль
(1806-1873) –
британский философ,
экономист и политик

Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

Индукция и причинность

Четыре метода Милля индуктивного исследования (выявления причины):

1. **Метод сходства (согласия):** Если в разных случаях изучаемого явления только А является общим для всех случаев обстоятельством, то А и будет причиной этого явления.
В этом методе анализируем части явления предшествующие и последующие



Джон Стюарт Милль
(1806-1873) –

Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

Пример использования и формула метода сходства:

Пусть → обозначает причинное следование. Тогда, согласно методу сходства, справедливо следующее умозаключение:

1. Наблюдение $AB \rightarrow a$

2. Наблюдение $AC \rightarrow a$

Закон: $A \rightarrow a$

Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

2. **Метод разницы (различия):** если явление наступает и не наступает при всех обстоятельствах кроме одного, то оно и будет причиной этого явления

Пример использования и формула метода различия:

1. Наблюдение AB → a

2. Наблюдение нетAB → нет a

Закон: A → a

«Опыт» Фридриха II в XIII веке по выявлению у младенцев «естественного» языка (еврейский, греческий или латынь?), запретив нянькам с ними разговаривать.

Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

Соединение 1 и 2 метода (сходства и различия) называют **соединенным методом**

Пример соединенного метода: Джованни Грасси соединенным методом установил, что переносчиками малярии являются только комары рода *Anopheles*:

1. И малярия, и комары распространены в болотистых регионах (сходство)
2. Малярией болеют только там, где есть *Anopheles* (различие)



Д.Грасси (1854-1925)-
итальянский энтомолог

Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

3. Метод остатков:

Нам дан ряд явлений A, B, C – предшествующих
и ряд a, b, c – последующих;

Если из предыдущего опыта известно ,что B есть причина b , а C есть
причина c , тогда вычитая известные причины получим (в остатке), что
 A есть причина a

1. Наблюдение	ABC	\rightarrow	abc
2. Наблюдение	B	\rightarrow	b
3. Наблюдение	C	\rightarrow	c
Закон:	A	\rightarrow	a

Пример: открытие планеты Нептун, исходя из известного факта
замедления движения Урана на определенном участке его
траектории

Индуктивистский позитивизм Дж.С.Милля

4. Метод сопутствующих изменений: если определенное изменение какого-либо явления всегда вызывает определенное изменение в параллельном (другом) явлении, то первое будет причиной второго

Примеры: а) нагревание и увеличение объема тел;
б) приложение давления и деформирование тел и т.д.

Все методы Милля – по сути, есть применение метода **неполной индукции** (рассмотренного выше). Но они не гарантируют от ошибок – ложного обобщения.

Современная гносеология

Две модели причинно-следственных связей:

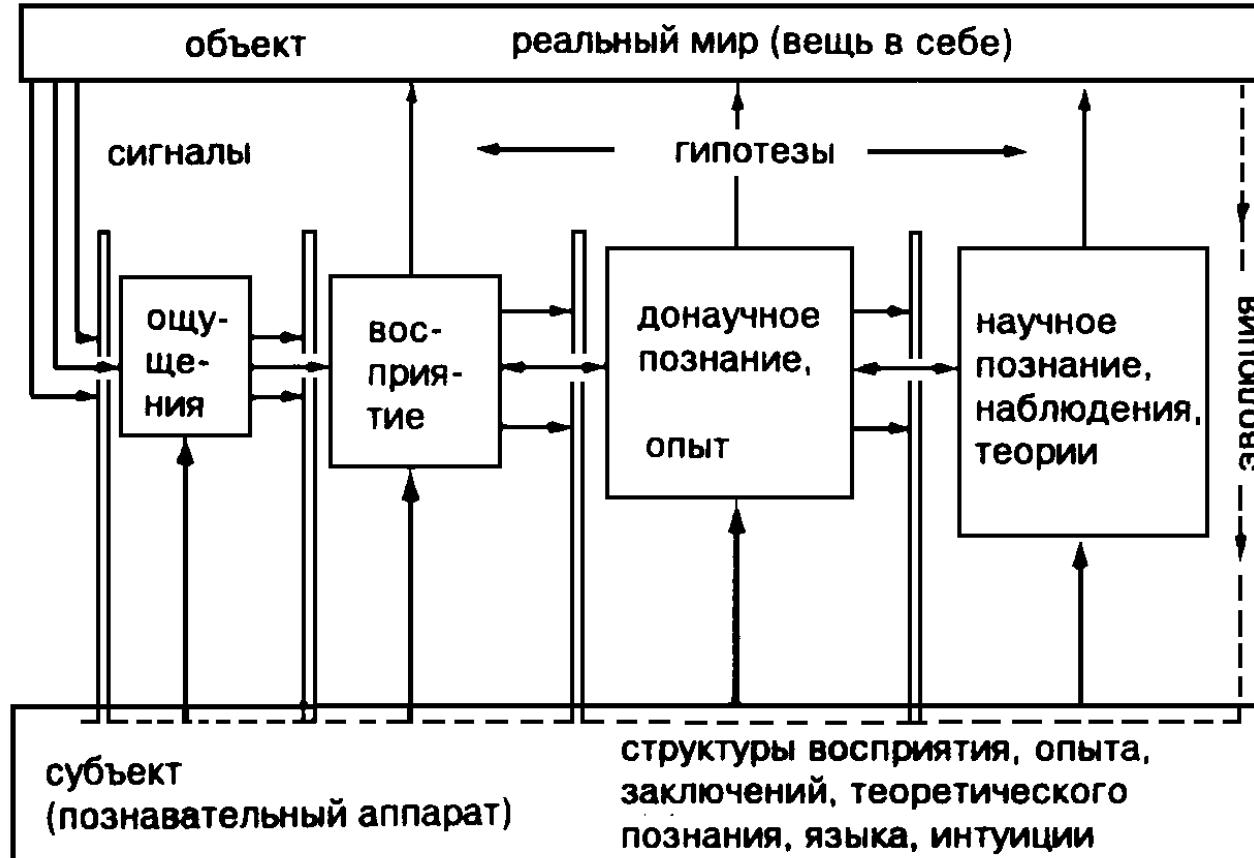
- а) Модели, опирающиеся на временной подход (**эволюционные** модели).
Здесь главное внимание акцентируется на временной стороне причинно-следственных отношений. Одно событие — «причина» — порождает другое событие — «следствие», которое во времени отстает от причины (запаздывает). **Запаздывание — отличительный признак эволюционного подхода (принцип причинности в физике).**
- б) Модели, опирающиеся на понятие «взаимодействие» (**структурные** или **диалектические** модели). Главное внимание здесь уделяется взаимодействию как источнику причинно-следственных отношений. В роли причины выступает само взаимодействие. **Большое внимание этому подходу уделял Кант, но наиболее четкую форму диалектический подход к причинности приобрел в работах Гегеля.**

Современная гносеология

Два современных направления теории познания:

1. Эволюционная теория познания
(К.Поппер и др.)
2. Интуитивно-эвристическая теория
(Гришунин и др.)

Современная гносеология



Теоретико-познавательная схема согласно
эволюционной теории познания

Современная гносеология

Эволюционная эпистемология Карла Поппера:

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

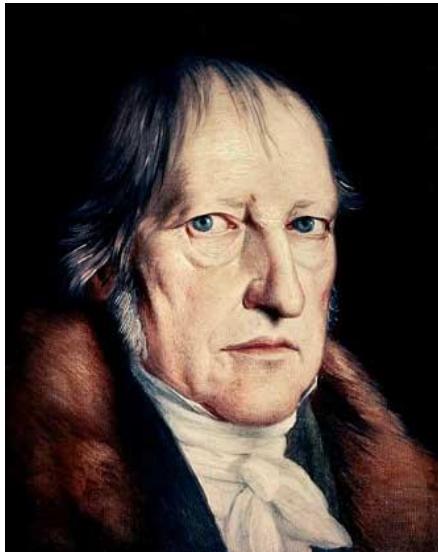
Проблема (P_1) порождает попытки решить её с помощью пробных теорий (TT). Эти теории подвергаются критическому процессу устранения ошибок EE и улучшению теорий. Затем выявленные ошибки порождают новые проблемы P_2 и т.д.

Расстояние между старой (P_1) и новой (P_2) проблемой часто очень велико: оно указывает на достигнутый прогресс.

Методы гносеологии

- **Методы исследований:**
 1. **Всеобщие** (философские законы)
 2. **Общенаучные** - действующие во всех науках (законы логики и т.п.)
 3. **Частные** - действующие в данной науке, (например только в инженерной геологии)
 4. **Специальные** - специфические для данной науки (например только в грунтоведении и т.п.)
- Условность такого деления

Всеобщие методы познания – законы философии



Гегель (1770-1831) –
ввел и обосновал
первые два закона

1. Закон единства и борьбы противоположностей – основной закон диалектики (диалектической логики):

«Движение и развитие в природе, обществе и мышлении обусловлено раздвоением единого на взаимопроникающие противоположности и разрешение возникающих противоречий между ними через борьбу»

Всеобщие методы познания – законы философии



Ф.Энгельс (1820-1895) –
развил законы диалектики
«Диалектика природы»
(1873-1883гг.)

□ Значение закона:

1. Раскрывает источники, **причины** развития материального мира
2. Выявление и анализ противоположностей, противоречий – требование любого исследования

Два вида противоречий:

Внутренние противоречия – основные

Внешние противоречия –
второстепенные

Единство – относительно (временно), а
борьба противоположностей -
абсолютна

Всеобщие методы познания – законы философии

2. Закон перехода количественных изменений в качественные

«Развитие осуществляется путём накопления количественных изменений в предмете, что неизбежно приводит к нарушению его меры (стабильного состояния) и скачкообразному превращению в качественно новый предмет».

Закон дает ответы на вопросы: каков механизм рассматриваемого процесса, как появляются новые качества и т.п.?

Качество – проявляется в свойствах предмета (различия между неподобными предметами)

Количество – проявляется в его частях (различия между подобными предметами)

Количественные изменения – носят медленный, постепенный характер

Качественные изменения – носят прерывный, скачкообразный характер

Всеобщие методы познания – законы философии

3. Закон отрицания отрицания:

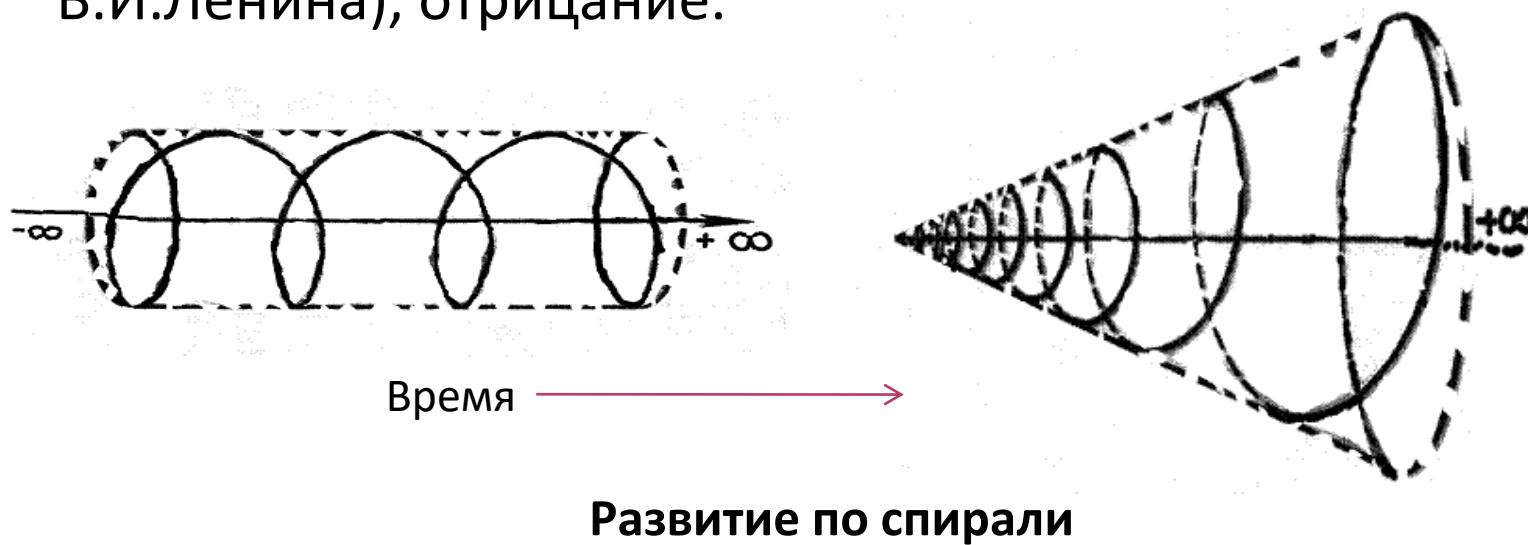
**«Развитие идёт через постоянное
отрицание противоположностей
друг другом, их
взаимопревращение, вследствие
чего в поступательном движении
происходит возврат назад, в
новом повторяются черты
старого».**



Гегель (1770-1831)
– ввел первую
формулировку
этого закона

Всеобщие методы познания – законы философии

- В диалектике для отрицания характерна преемственность, а не простое «голое» (по выражению В.И.Ленина), отрицание.



Эволюционное развитие в инженерной геологии:

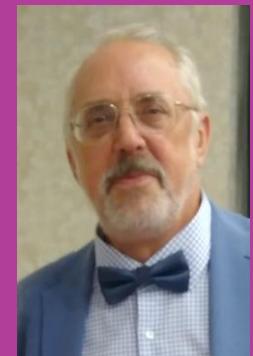
- Эволюция и наследование структур грунтов
- Эволюция инженерно-геологических процессов и т.п.

Выводы

1. Законы философии играют основную роль в методологии науки
2. Они дают наиболее общую картину мира
3. **Законы диалектики** вскрывают причину (1-й закон), механизм (2-й закон) и тенденцию (3-й закон) развития любого процесса
4. В инженерной геологии их применение целесообразно на всех стадиях научного исследования, но наиболее рационально – на начальной



Лекция 5-2



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Организация научно-исследовательской работы

- **Виды НИР:**
 - ▣ Квалификационные
 - ▣ Исследовательские (поисковые)
 - ▣ Изыскательские (инженерно-геологические изыскания)
- **Формы реализации:**
 - ▣ Госбюджетные НИР
 - ▣ Хоздоговорные НИР (коммерческие)
 - ▣ Грантовые НИР
 - ▣ Инициативные НИР (получение квалификации)

Квалификационные НИР

Ученые степени РФ:

- Академик РАН
- Член-корр. РАН
- Доктор наук
- Кандидат наук
- Магистр
- Дипломированный специалист
- Бакалавр

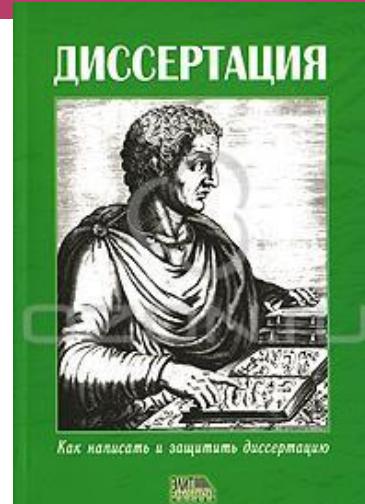
Ученые степени зарубежом (болонская система):

- Академик
-
- Доктор философии (phd, philosophy doctor)
- Магистр
- Бакалавр

Структура диссертации

□ Введение

- Проблема и ее актуальность
- Объект исследования
- Предмет исследования
- Идея работы
- Цель и задачи работы
- Фактический материал
- Личный вклад автора
- Методика (методы) исследования и достоверность результатов
- Научная новизна
- Защищаемые положения
- Практическая значимость и реализация (внедрение) работы
- Апробация работы (доклады)
- Публикации по работе
- Структура и объем диссертации
- Благодарности



Структура диссертации

Глава 1. Современное представление о состоянии вопроса (назначение литобзора – обосновать поставленные задачи, **выявить что ясно, а что нет**, обоснование предмета исследования)

Глава 2. Характеристика объектов исследования (обосновать выбор объектов)

Глава 3. Методика решения поставленных задач (доказать и обосновать логичность и эффективность способа решения задач)

Главы 4-...6. Результаты исследования (как доказательство каждого из защищаемых положений в каждой главе)

Заключение (выводы, как ответы на поставленные задачи)

Список литературы

Приложения

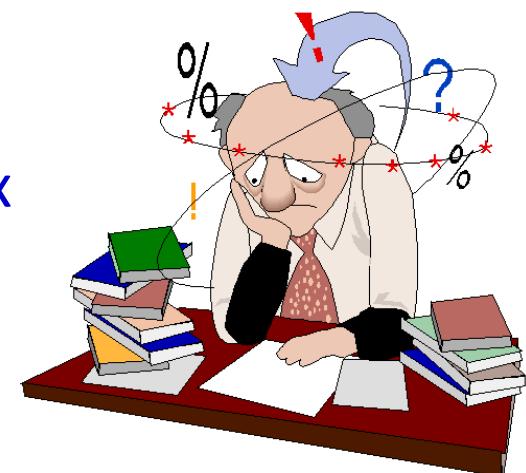


Организация и планирование НИР

Планирование — оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленной цели.

Планирование в самом общем виде подразумевает выполнение следующих этапов:

- Постановка целей и задач
- Составление программы действий
- Выявление необходимых ресурсов и их источников
- Определение непосредственных исполнителей и доведение планов до них

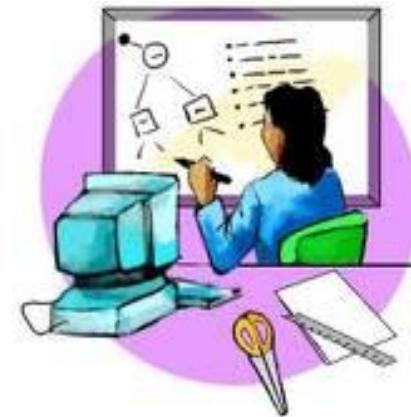


Организация и планирование НИР

План – средство самоконтроля!!!

Требования к плану:

- Целенаправленность
- Реалистичность
- Конкретность и содержательность
- Этапность (наличие сроков и результатов)



Виды планов:

1. Стратегический и тактический план (планы решения задач)
2. Рабочий план-график (годовой)

Организация и планирование НИР

Полезные советы по самоконтролю выполнения плана:

1. Подумайте о том хорошем, что вы получите, если сделаете это.
2. Начинайте сразу (не откладывать «на потом»).
«Откусывайте по кусочку».
3. Наметьте план действий и четкие **сроки** выполнения.
4. Начинайте раньше (создайте резерв времени).
5. В процессе работы делайте паузы и отдыхайте (переключайтесь).

Организация и планирование НИР

Особенности планов диссертаций:

1. Этапы и сроки работ (элементы, отражаемые в плане диссертации):
 - Составление аналитического литобзора
 - Сдача экзаменов (учебные курсы по уч.плану и дополнительные)
 - Разработка плана экспериментов (методики исследований)
 - Полевые работы (практика)
 - Педагогическая работа (практика)
 - Проведение исследований – основной этап
 - Обработка результатов
 - Публикация результатов (апробация работы)
 - Оформление работы
 - Подготовка к защите
2. Заблаговременное окончание эксперимента
3. Подготовка материалов к защите (графика, автореферат диссертации, справки и т.п.)

Организация и планирование НИР

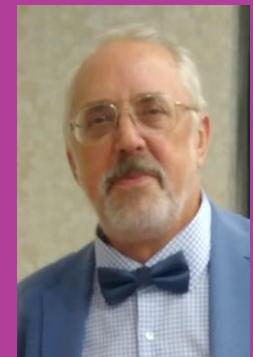
Пример рабочего плана-графика магистерской диссертации на 2 года:

Задание № 5

Составить **долгосрочный** (на 2 года) и
краткосрочный (на 1 год, два семестра)
рабочий план-график подготовки своей
магистерской диссертации (**согласовав его с**
научным руководителем, за его подписью)



Лекция 6-1



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Общенаучные методы исследований

Действуют и применимы во всех науках

Два уровня научного знания:

Эмпирический уровень

1. Наблюдение
2. Сравнение
3. Счет (вычисление)
4. Измерение
5. Эксперимент

Теоретический уровень

1. Анализ и синтез
2. Дедукция и индукция (обобщение)
3. Абстрагирование, идеализация
3. Формализация
4. Аналогия (принцип актуализма), подобие
5. Таксономия, типизация, классификация
6. Моделирование
6. Исторический метод
7. Аксиоматический и гипотетический метод

Общенаучные методы исследований

Уровни научного знания по С.А.Лебедеву (2016):

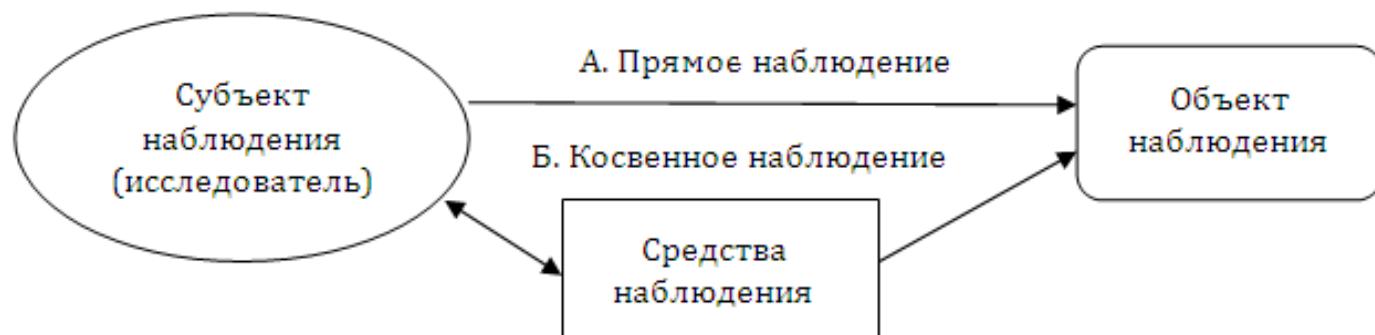
1. **Чувственный** – данные чувственного восприятия
«голые факты»)
2. **Эмпирический** – эмпирические факты
(высказывания), модель чувственного знания
 (=закономерности и законы)
3. **Теоретический** – модель идеальных объектов
 (=научная гипотеза и теория)
4. **Метатеоретический** – общенаучное и философское
знание

1. Наблюдение

1. Наблюдение - организованное, целенаправленное, фиксируемое восприятие явлений с целью их изучения в определенных условиях (без вмешательства наблюдателя)

- Выделяют **объект** и **предмет** наблюдения, они связаны с наблюдателем (**субъект**). Предмет – интересующие нас в объекте факты (по А.Пуанкаре – «голые факты»)

Схема структуры наблюдения:



1. Наблюдение

- **Прибор для наблюдений** – познавательное средство (устройство), приводимое исследователем в специфическое взаимодействие с изучаемым объектом с целью получения полезной информации.
- **Подразделение приборов** (Лебедев А.С., 2007):
 1. Приборы-усилители (микроскоп, телескоп и т.п.)
 2. Приборы-анализаторы (спектроскоп, дифрактометр, колориметр, лазерный анализатор и т.п.)
 3. Приборы-преобразователи (термометр, манометр, тензометр, спидометр и т.п.)

1. Наблюдение

Область применения наблюдения:

- наблюдение применяется там, где вмешательство экспериментатора нарушит процесс взаимодействия человека со средой;
- сбор и регистрация фактов (первой информации).



**Наблюдение – начальный этап (часть)
мониторинга**

1. Наблюдение

Классификация наблюдений в инженерной геологии

№ пп	Вид наблюдений	Принцип выделения
1	Целенаправленное и случайное	Наличие (отсутствие) цели
2	Прямое (непосредственное, созерцание) и инструментальное (косвенное)	Наличие (отсутствие) технических и иных средств наблюдения
3	Сплошное и выборочное (т.е. по отдельным параметрам)	Набор отслеживаемых параметров
4	Полевое и лабораторное	Естественные или искусственные условия
5	Систематическое и несистематическое	Периодичность наблюдений
6	Режимное, инвентаризационное, методическое и т.п.	Назначение в системе мониторинга
7	Точечное, линейное, площадное (2-мерное), объемное (3-мерное), многомерное (n-мерное)	Распределение в пространстве пунктов (точек) наблюдения
8	Дистанционное и наземное	По положению субъекта или средств наблюдения

1. Наблюдение

Этапы наблюдения

1. Определение предмета наблюдения, объекта, ситуации и цели.
2. Выбор способа (метода) наблюдения и регистрации данных.
3. Создание плана (программы) наблюдения.
4. Выбор метода обработки результатов.
5. Собственно наблюдение.
6. Обработка и интерпретация полученной информации.

1. Наблюдение

Методы наблюдений в инженерной и экологической геологии:

Вид наблюдений	Методы
Дистанционные	Аэрокосмические: многозональная фотосъемка Геофизические: ИК-съемка, лазерное сканирование и т.п.
Наземные	Инженерно-геологическая съемка Инженерно-геодезические наблюдения Гидрогеологические наблюдения Геокриологические наблюдения Геохимические наблюдения Инженерно-геофизические наблюдения и др.

2. Сравнение

2.Сравнение (сравнительный анализ)

Всё познается в сравнении!

Сравнение — процесс количественного или качественного сопоставления разных свойств (сходств, отличий, преимуществ и недостатков) двух или более объектов, явлений.

В философском смысле - познавательная операция, лежащая в основе суждений о сходстве или различии объектов. С помощью сравнения выявляются качественные и количественные характеристики предметов

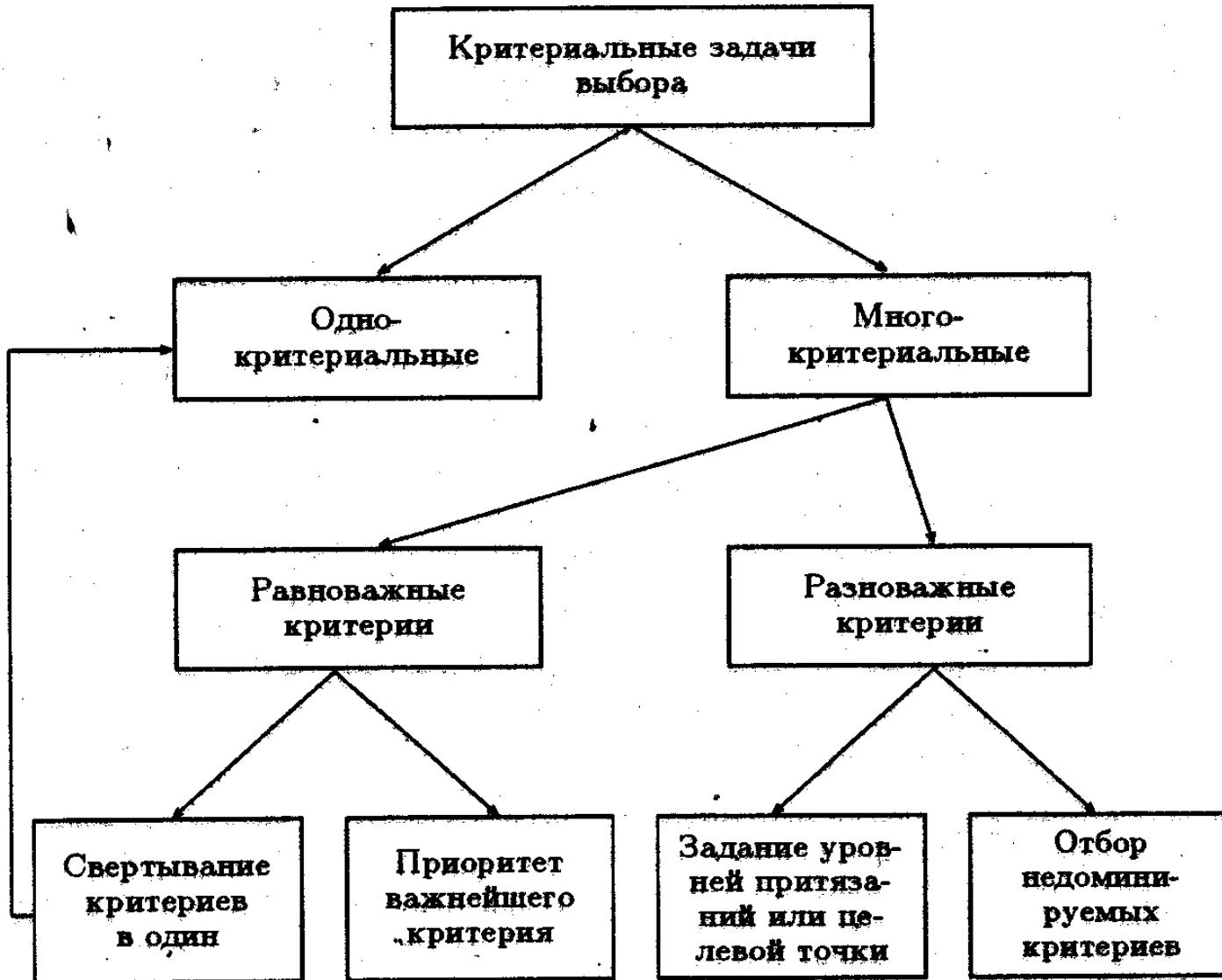
Сравнительно-геологический анализ – общегеологический метод исследований

2. Сравнение

- **Сравнение количественное** – по характеристикам, параметрам, показателям и т.п. Осуществляется легко и однозначно статистическими методами.
Используется в *измерении*.
- **Сравнение качественное** – по вводимым критериям, которые требуют обоснования. Осуществляется более трудно и не всегда однозначно.

Например, сравнение по критериям «более важный», «менее важный» и т.п.

Классификация задач выбора и способов сравнения в системном анализе



2. Сравнение

Применение сравнения в инженерной геологии:

1. Типологические оценки (сравнение с типом)
2. Проверка однородности исходных данных – для отбраковки крайних значений совокупности
3. Оценка сходства (тождества) геологических тел (статистическое сопоставление) – для выделения границ тел (ИГЭ и др.), сходства ИГУ, ЛТС и т.п.
4. Оценка пространственной неоднородности (изменчивости) геологических тел: а) *стационарной* (случайной незакономерной) и б) *нестационарной* (случайной закономерной)

3. Счет или вычисление

3.Счет

Счет или вычисление — математическое преобразование, позволяющее преобразовывать входящий поток информации в выходной, с отличной от первого структурой. Если смотреть с точки зрения теории информации, вычисление - это получение из входных данных **нового знания**.

В основе счета – алгоритм вычисления (от простого арифметического до вероятностного)

3. Счет или вычисление

«Всё есть число» (*Пифагор*)

«В каждой науке столько науки, сколько в ней математики»
(*И.Кант*)

Математизация (цифровизация) инженерной геологии:

- Н.В.Коломенский – введение понятия «ИГЭ» (1940-1950-е гг.)
- И.С.Комаров, В.В.Пендин – теория инж. геологической информации (1970-1990-е гг.)
- Г.К.Бондарик – теория изменчивости геол. параметров (1970-1980-е гг.)
- М.В.Рац – статистические методы в ИГ (1970-1980-е гг.)
- Компьютерные технологии в ИГ (с 1990-х гг.)

4. Измерение



Христиан Гюйгенс
(1629-1625) –
голландский физик и
математик

4. Измерение

Измерение - совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу (эталоном).

Измерение физических величин производят с помощью техн. средств (измерительных приборов)

Наука об измерении – **метрология**
(зародилась в XVII-XVIII веке)

Первая **мера длины** – $1/3$ маятника с периодом колебания в 1 с (Гюйгенс) = 8 см

4. Измерение

Классификация измерений:

1. Прямое, косвенное и совместное
(одновременное измерение нескольких величин для нахождения зависимости между ними)
2. Метрологические : а) максимально возможной точности; б) контрольно-проверочные (с гарантированной точностью); и технические
3. Абсолютные и относительные
4. Однократные и многократные
5. Равноточные (на приборе с одинаковой точностью) и неравноточные



Карл Гаусс (1777-1855) – немецкий математик и физик, создатель абсолютных систем единиц измерений (1832)

4. Измерение

Измерение указывают с определенной точностью:

$P = 4,5 \pm 0,1$ МПа, т.е. Р лежит в пределах 4,4 и 4,6 с определенной вероятностью, где 0,1 – погрешность измерений

Погрешность (ошибка) измерения - оценка отклонения величины измеренного значения параметра от её истинного значения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения.

Виды погрешностей:

1. **По форме представления:** абсолютная и относительная
2. **По причине:** инструментальная, методическая и субъективная
3. **По характеру:** случайная, систематическая, прогрессирующая, грубая (промах)

4. Измерение

Определение погрешности:

- Метод Корнфельда, заключается в выборе доверительного интервала в пределах от минимального до максимального результата измерений, и погрешность как половина разности между максимальным (x_{\max}) и минимальным (x_{\min}) результатом измерения

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$$

4. Измерение

□ Средняя квадратическая погрешность:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

где n – число значений (измерений); \bar{x} – среднее арифметическое

Абсолютная погрешность — ΔX является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины X_{meas} . При этом неравенство:

$$\Delta X > |X_{true} - X_{meas}|,$$

где X_{true} — истинное значение, а X_{meas} — измеренное значение, должно выполняться с некоторой вероятностью близкой к 1. Если случайная величина X_{meas} распределена по нормальному закону, то, обычно, за абсолютную погрешность принимают её **среднеквадратичное отклонение**. Абсолютная погрешность измеряется в тех же единицах измерения, что и сама величина.

4. Измерение

- **Относительная погрешность** — отношение абсолютной погрешности к тому значению, которое принимается за истинное:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X}$$

- Относительная погрешность является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах.
- Точность определения параметров свойств грунтов регламентирована ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.

4. Измерение

Практические рекомендации измерений:

1. Точность окончательного расчета не может быть выше точности исходных данных.
2. Не приступая к расчету на основании относительных погрешностей, следует оценить относительную погрешность получаемого результата.
3. Погрешность наименее точного измерения определяет и погрешность результата вычислений.
4. Окончательный вариант вычислений надо давать с тем числом значащих цифр, которое отвечает его погрешности.

Задание № 6-1

Выписать из справочников по инженерной геологии формулы для :

1. **Проверки однородности** исходных данных – для отбраковки крайних значений совокупности
2. **Оценки сходства** (тождества) **геологических тел** (статистическое сопоставление) – для выделения границ тел (ИГЭ и др.)
3. **Оценки пространственной неоднородности** (изменчивости) геологических тел: а)
стационарной (случайной незакономерной) и б)
нестационарной (случайной закономерной)



Лекция 6-2



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Общенаучные методы исследований

5.Научный эксперимент

Эксперимент (от лат. *experimentum* — проба, опыт) – исследование объектов путем контролируемого материального воздействия на них с последующим наблюдением происходящих изменений.

Термин вошел в науку из словаря средневековой инквизиции – буквально: **пытка** – допрос с применением контролируемого физического воздействия.

Как средство познания использовался с древних времен, но как основной метод науки был признан с эпохи Возрождения (Леонардо да Винчи, Г.Галилей, Р.Бойль, Парацельс, Р.Гук) и в Новое время (Ф.Бэкон)

5. Научный эксперимент

Отличие от наблюдения: активное взаимодействие с изучаемым объектом

Наблюдение:



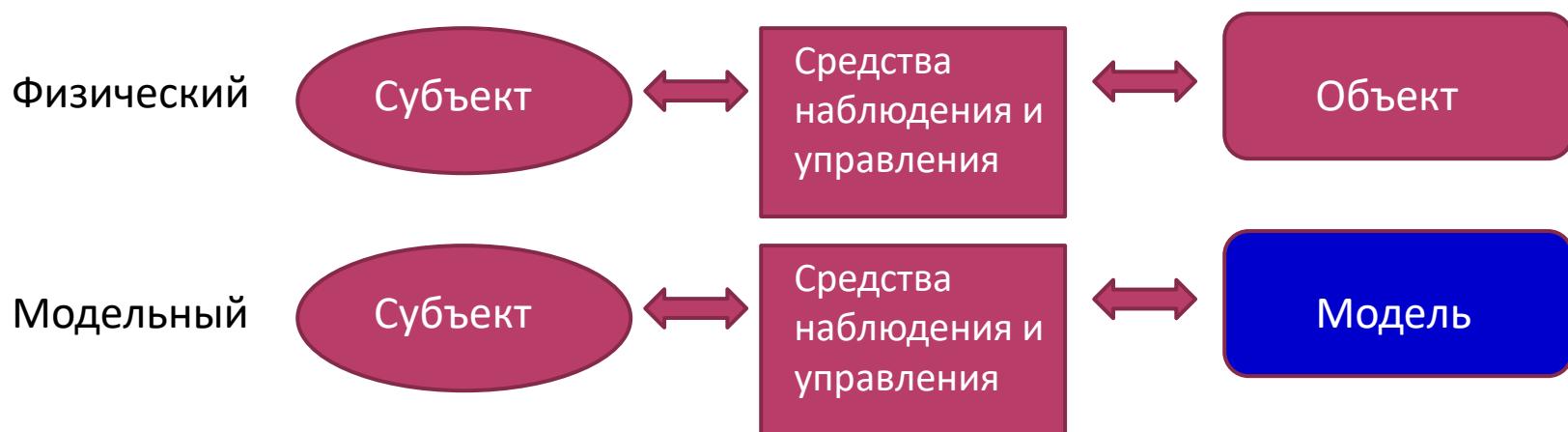
Эксперимент:



5. Научный эксперимент

Классификация экспериментов:

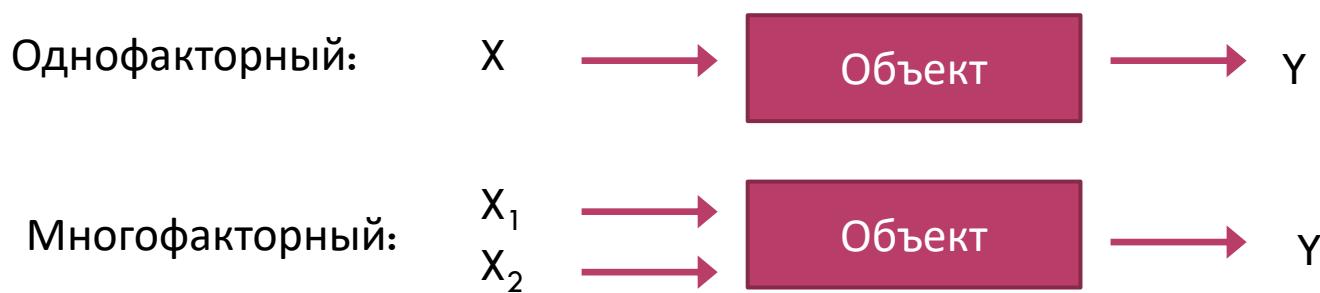
1. По условиям проведения: **естественный** (натурный, природный) и **искусственный** (лабораторный)
2. По материальности объекта: **физический** (над физическим объектом) и **модельный**: а)**математический** (численная, компьютерная модель) и б)**мысленный** (мысленная модель, термин введен Эрнстом Махом)



5. Научный эксперимент

Изучаемые отношения в эксперименте:

- ❑ Отношение «причина – следствие»
- ❑ Отношение «вход – выход»



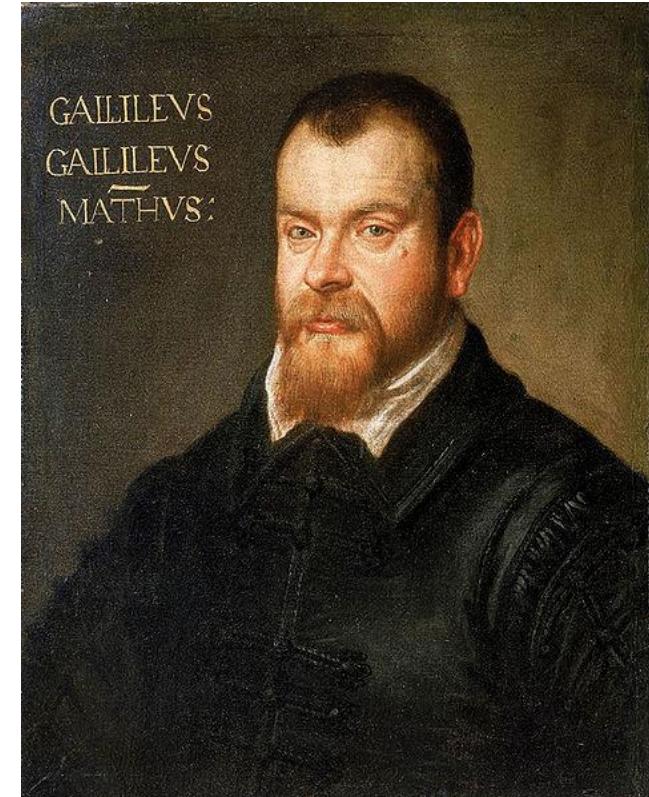
Виды экспериментов:

1. Мысленные (идеальные)
2. Физические (материальные)

5. Научный эксперимент

Роль мысленных экспериментов в истории науки:

- Классические мысленные эксперименты Галилея (человек в закрытой комнате на корабле), падение тел разной массы и т.д.
- Мысленные эксперименты Х.Гюйгенса и др.
- Мысленные эксперименты С.Карно (идеальная тепловая машина, вечный двигатель и т.п.)



Г.Галилей (1564-1642)
(портрет кисти Д.Тинторетто)

5. Научный эксперимент

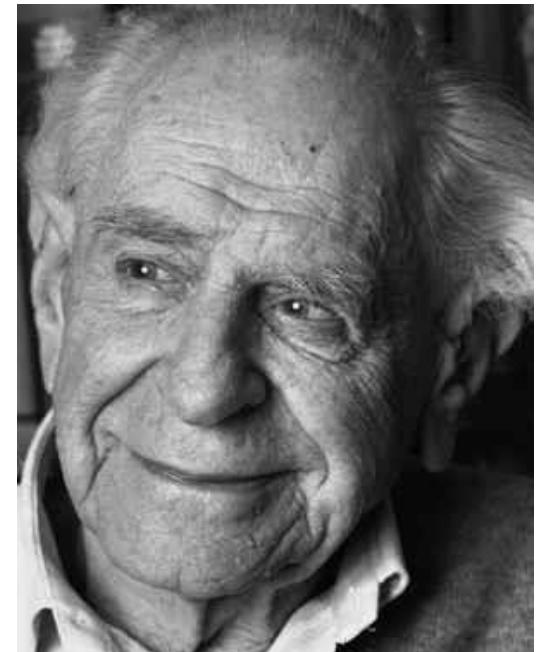
3. По конечной цели выделяют эксперименты:

- ❑ **Поисковый** (факторы не известны, устанавливается их значимость)
- ❑ **Преобразующий** (активное изменение факторов в соответствии с выдвинутой гипотезой) и **случайный** (случайное изменение факторов, строится на базе теории вероятности)
- ❑ **Констатирующий** – для проверки (констатации) предположений
- ❑ **Решающий или критический** (*experimentum crucis*, термин введен Ф.Бэконом) – ставится точка в споре, подтверждение теории или гипотезы

5. Научный эксперимент

Роль критического эксперимента в науке:

- Ф.Бэкон считал его основой доказательств теорий
- Карл Поппер также считал наличие «экспериментум круцис» критерием достоверности научного знания.



Карл Поппер (1902-1994) – австрийский и британский философ

5. Научный эксперимент

4. По воздействующим факторам: **вещественный** (действие вещественных факторов) и **энергетический** (действие энергетич. полей)
5. По числу факторов: **однофакторный** (поочередно меняют 1 фактор) и **многофакторный** (меняют сразу несколько факторов)
6. По взаимодействию с объектом: **пассивный** (нет активного влияния на меняющийся объект, т.е. только наблюдение за процессом его изменения) и **активный** (изменение воздействующих факторов)

5. Научный эксперимент

Методика эксперимента – совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования или эксперимента

Обоснование и выбор **правильной методики** – залог успеха любого исследования

Новая методика – одно из защищаемых положений диссертации

Цель эксперимента определяется поставленными задачами исследования

5. Научный эксперимент

Стадии и компоненты разработки методики эксперимента:

1. Предварительное наблюдение за объектом с целью выбора исходных факторов
2. Обоснование условий проведения эксперимента (выбор объекта, механизма воздействия на объект, устранение мешающих факторов и т.п.)
3. Определение и обоснование пределов изменений факторов
4. Обоснование и создание системы регистрации изменений (точность метода, автоматизация регистрации и т.п.)
5. Обоснование и создание системы повторяющихся ситуаций (воспроизводимость), перекрестных воздействий и факторов
6. Обоснование методов математической обработки результатов (статистические и др. методы)
7. Обоснование применения логического анализа, обобщения и способа теоретической обработки результатов

Теория планирования эксперимента

- **Планирование эксперимента** - комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов, раздел математической статистики.
- Основная **цель** планирования эксперимента – достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов.
- Планирование эксперимента применяется при поиске оптимальных условий, построении интерполяционных формул, выборе значимых факторов, оценке и уточнении констант теоретических моделей, анализе более 2-х факторов и др.

Теория планирования эксперимента



Рональд Фишер (1890–1962) – английский биолог-эволюционист, основатель математической статистики

История методологии планирования эксперимента

С 1918 г. Р. Фишер начал серию работ на Рочемстедской агробиологической станции в Англии по оптимизации числа экспериментов. В 1935 году появилась его монография «Design of Experiments», давшая название всему направлению.

Фишер разработал **метод факторного планирования**. Его особенность – необходимость ставить сразу большое число опытов (выигрыш времени).

Теория планирования эксперимента

Математическое исследование **блок-схем эксперимента** выполнено Р. Боузом в 1939 г. Вначале была разработана теория сбалансированных неполноблочных планов (BIB-схемы). Затем Р.Боуз, К. Нер и Р. Рао обобщили эти планы и разработали теорию частично сбалансированных неполноблочных планов (PBIB-схемы).

В 1945 г. Д. Финни ввел **дробные реплики** от факторного эксперимента. Это позволило сократить число опытов и открыло дорогу техническим приложениям планирования. Другая возможность сокращения необходимого числа опытов была показана в 1946 г. Р. Плакеттом и Д. Берманом, которые ввели насыщенные факторные планы.

В 1947 г. - новый этап теории планирования эксперимента после создания Н. Винером теории **кибернетики**. Развитие – в наши дни.

Теория планирования эксперимента

Основные понятия:

Факторы – независимые переменные, влияющие на процесс или объект (обозначают $x_1, x_2, x_3..$)

Уровни фактора – значения переменных в опыте.

Функции отклика – реакция системы на действующие факторы (y)

Связь x_i и y дается функцией отклика вида: $y = y(x_1, x_2, \dots, x_n)$,
 $i=1, 2, \dots, m$ (поверхность); чаще всего описывается полиномом
 n -степени

Факторное пространство – координаты (n -мерные), по осям
которых отложены факторы

План эксперимента – совокупность значений x_i , задаваемых в
эксперименте

Теория планирования эксперимента

Этапы планирования эксперимента:

1. Определение цели и задач эксперимента
2. Выбор главных и второстепенных факторов (включение по убыванию). Если факторов мало – однофакторный эксперимент, если много – многофакторный
3. Определение объема эксперимента (числа опытов)
4. Выбор шага изменения факторов (интервал между точками)
5. Выбор конкретных средств измерений (надо знать приборы, оптимальный журнал регистрации)
6. Выбор способов обработки результатов
7. Корректировка плана

Теория планирования эксперимента

Литература по планированию эксперимента:

1. Фёдоров В.В. Теория оптимального эксперимента. – М., Наука, 1971;
2. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М., Наука, 1971;
3. Протодьяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. – М., Изд-во АН СССР, 1972.
4. Бродский В.З. Введение в факторное планирование экспериментов. – М., Наука, 1976
5. Учебники по математической статистике.



Теория планирования эксперимента

Задачи, решаемые планированием эксперимента:

- Получение математического описания многофакторных систем с построением адекватных моделей
- Нахождение экстремальных режимов функционирования систем
- Сравнительный анализ разных вариантов испытаний
- Выявление наиболее существенных факторов, влияющих на систему

Теория планирования эксперимента

- **Простые планы**, или однофакторные, предусматривают изучение влияния на зависимую переменную (y) только одной независимой переменной - x (**однофакторный эксперимент**). Преимущество таких планов состоит в их эффективности при установлении влияния независимой переменной, а также в лёгкости анализа и интерпретации результатов.
- Описываются функциями $y=y(x)$ разного вида
- **Требование:** не менее 5 уровней (5 точек)

Теория планирования эксперимента

Сложные факторные планы

- **Факторные планы** подразумевают использование более чем одной независимой переменной. Таких переменных (факторов) может быть сколько угодно, однако обычно ограничиваются использованием двух, трёх, реже — четырёх.
- Факторные планы описываются с помощью системы нумерации, показывающей количество независимых переменных и количество значений (уровней), принимаемых каждой переменной. Например, факторный план 2×3 («два на три») имеет две независимые переменные (факторы), первая из которых принимает два значения («2»), а вторая — три значения («3»); факторный план $3 \times 4 \times 5$ имеет соответственно три независимые переменные, принимающие «3», «4» и «5» значений соответственно.

Теория планирования эксперимента

- В эксперименте, проводимом по факторному плану 2x2, допустим, что один фактор, А, может принимать два значения — A_1 и A_2 , а другой фактор, В, может принимать значения B_1 и B_2 . В течение эксперимента согласно плану 2x2 должно быть проведено четыре опыта: A_1B_1 A_1B_2 A_2B_1 A_2B_2
- Порядок следования опытов может быть различным в зависимости от целесообразности, определяемой задачами и условиями каждого конкретного эксперимента.
- **Чем больше факторов, тем больше опытов.**
- **Например**, если свойство грунта зависит от 5 факторов, то при изменении каждого 5 раз (т.е. по 5 уровней) необходимо провести $5^5=3125$ опытов!!!

Теория планирования эксперимента

□ Главная идея планирования:

воздействие каждого фактора на результат выявляется в опытах при одновременном изменении сразу всех факторов (2-х, 3-х или более); за счет этого – сокращение числа опытов

Важно: установить существенные факторы, они должны быть управляемыми, однозначными, независимыми и измеряемыми с заданной точностью

Теория планирования эксперимента

Виды сложных факторных планов:

- **Полный факторный эксперимент (ПФЭ)-** реализуют все возможные сочетания уровней факторов; кол-во опытов превосходит число коэффициентов уравнения $y=y(x_1, x_2, \dots, x_n)$
- **Дробный факторный эксперимент (ДФЭ)-** реализует лишь часть возможных сочетаний уровней и позволяет уменьшить число опытов

Теория планирования эксперимента

Пример таблицы ПФЭ:

Изучение зависимости прочности грунта от температуры и давления

		Давление, МПа				
Темпе- ратура, °C		1	2	4	8	15
	0	x	x	x	x	x
	10	x	x	x	x	x
	20	x	x	x	x	x
	40	x	x	x	x	x
	80	x	x	x	x	x

Итого: надо провести $5^2=25$ опытов

Теория планирования эксперимента

Пример дробного факторного эксперимента:

Изучаем влияние давления ($P=x_1$) и температуры ($T=x_3$) на проницаемость (Π) песчаных пород разного состава.

Проницаемость оцениваем коэффициентом пористости ($e=x_2$), состав пород – содержанием в них карбонатного цемента ($C=x_4$ в %)

Т.о. имеем 4 независимых фактора; для 5 уровней каждого из них получим, что надо провести $5^4=625$ опытов!!!

С помощью методики ДФО уменьшаем кол-во опытов, не теряя точности и информации:

Теория планирования эксперимента

Пример ДФЭ

- Комбинационный квадрат состоит из 25 средних квадратов, разделенных на 25 малых, всего – 625 = числу опытов.
- Заштрихованы квадраты, которые необходимо реализовать для точного решения поставленной задачи = 25, т.е. число опытов удалось уменьшить в 25 раз (методика обоснования и расчета комбинационного квадрата – см. в пособиях!!!).
- В итоге получают зависимость: $\Pi = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ или $\Pi = f(P, T, e, C)$

Комбинацион- ная таблица плана ДФЭ:

X_1 – давление,
кг/см²;

X_3 - температура, °C;

X_2 – коэффициент пористости, %;

X₄ – содержание карбонатов в цементе, %

Задание № 6-2

Для «исследователей процессов»:

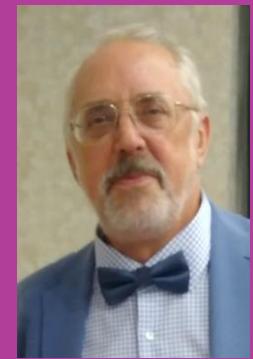
- составить план полного 2-х факторного эксперимента изучения процесса (с выделением 2-х ведущих факторов);
или
- план факторного анализа процесса (цель – выделение ведущих факторов из множества);

Для «лабораторных исследователей»:

- Составить план «своего» ДФЭ



Лекция 7-1



МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Общенаучные методы исследований.

Теоретический уровень

6-7. Анализ и синтез

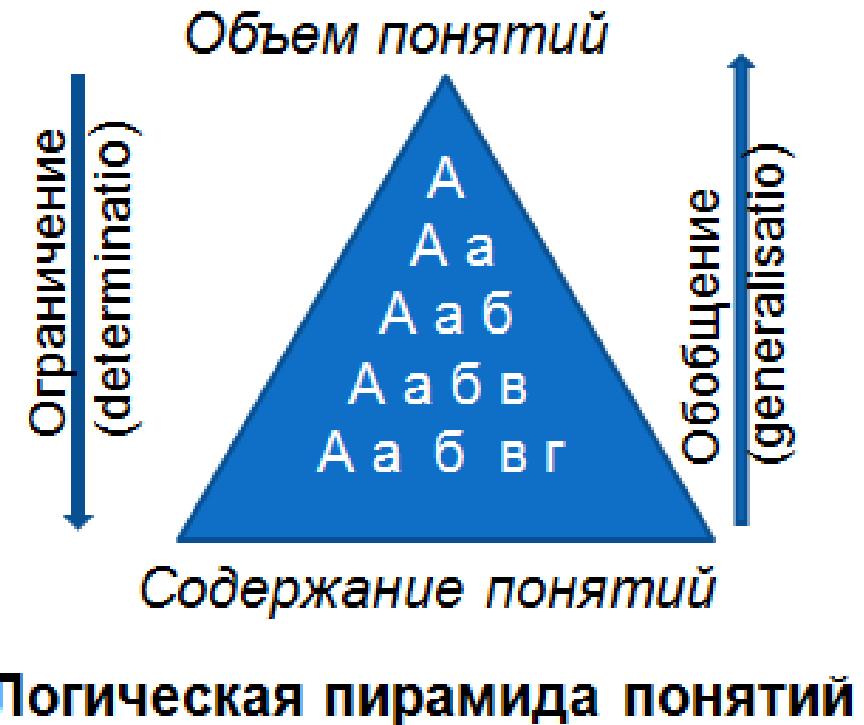
Анализ (от др.-греч. «разложение, расчленение») — операция мысленного или реального расчленения целого (вещи, свойства, процесса или отношения между предметами) на составные части, выполняемая в процессе познания или предметно-практической деятельности человека.

Отсюда – **два вида** анализа:

- **Мысленный** (или логический) – теоретические методы исследований
- **Фактический** (предметный) – аналитические способы исследований объекта по частям (например, гранулометрический, минералогический и др.)

Анализ и синтез в инженерной геологии

- Логический анализ строится применением операции **ограничения**, т.е. дедуктивным путем – от целого к частному; синтез – обратным путем: от частного к целому (**обобщение**)

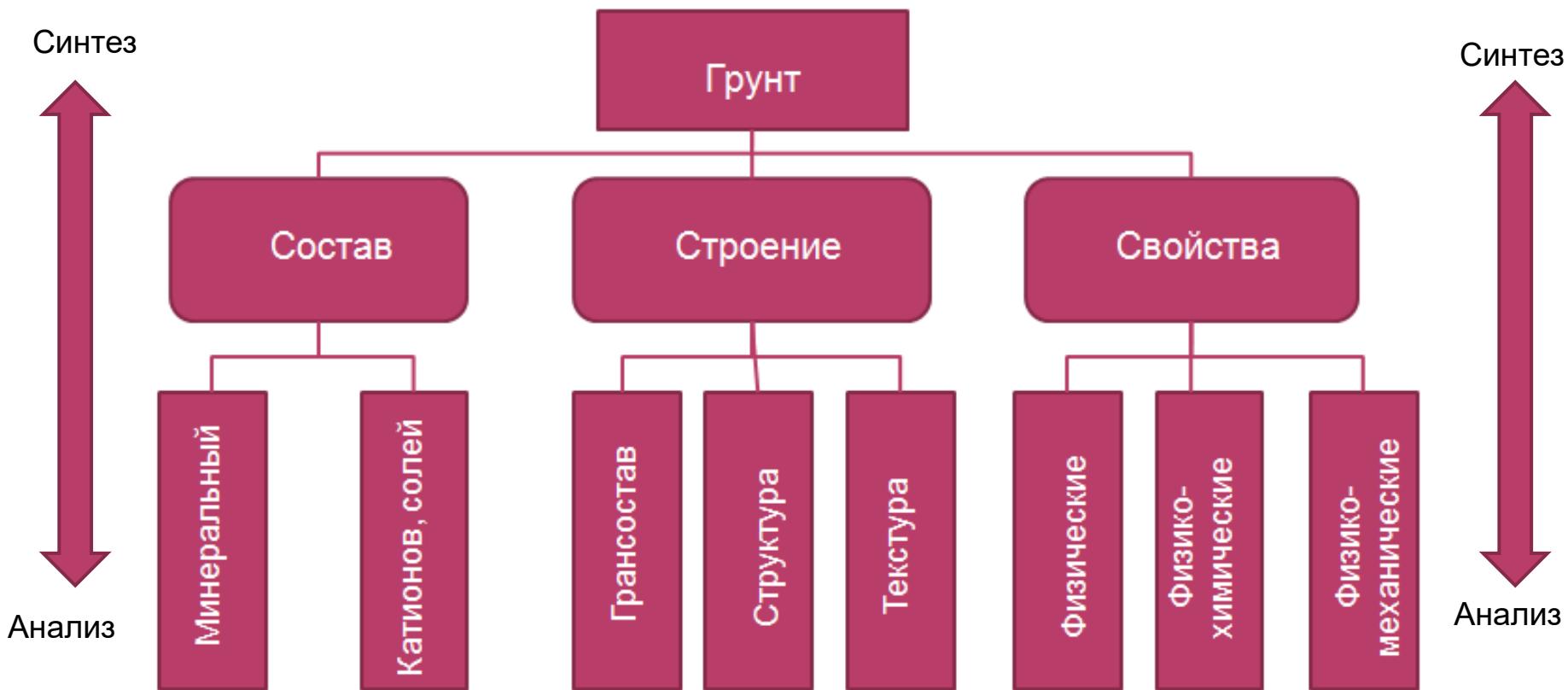


Анализ и синтез в инженерной геологии

- **Цель анализа:** познание частей как элементов целого
- **Цель синтеза:** познание целого как состоящего из частей (элементов)
- Анализ и синтез в инженерной геологии:
 - Анализ и синтез при исследовании грунтов
 - Анализ и синтез в инженерной геодинамике
 - Анализ и синтез в региональной инженерной геологии
 - Синтез в создании общей теории инженерной геологии

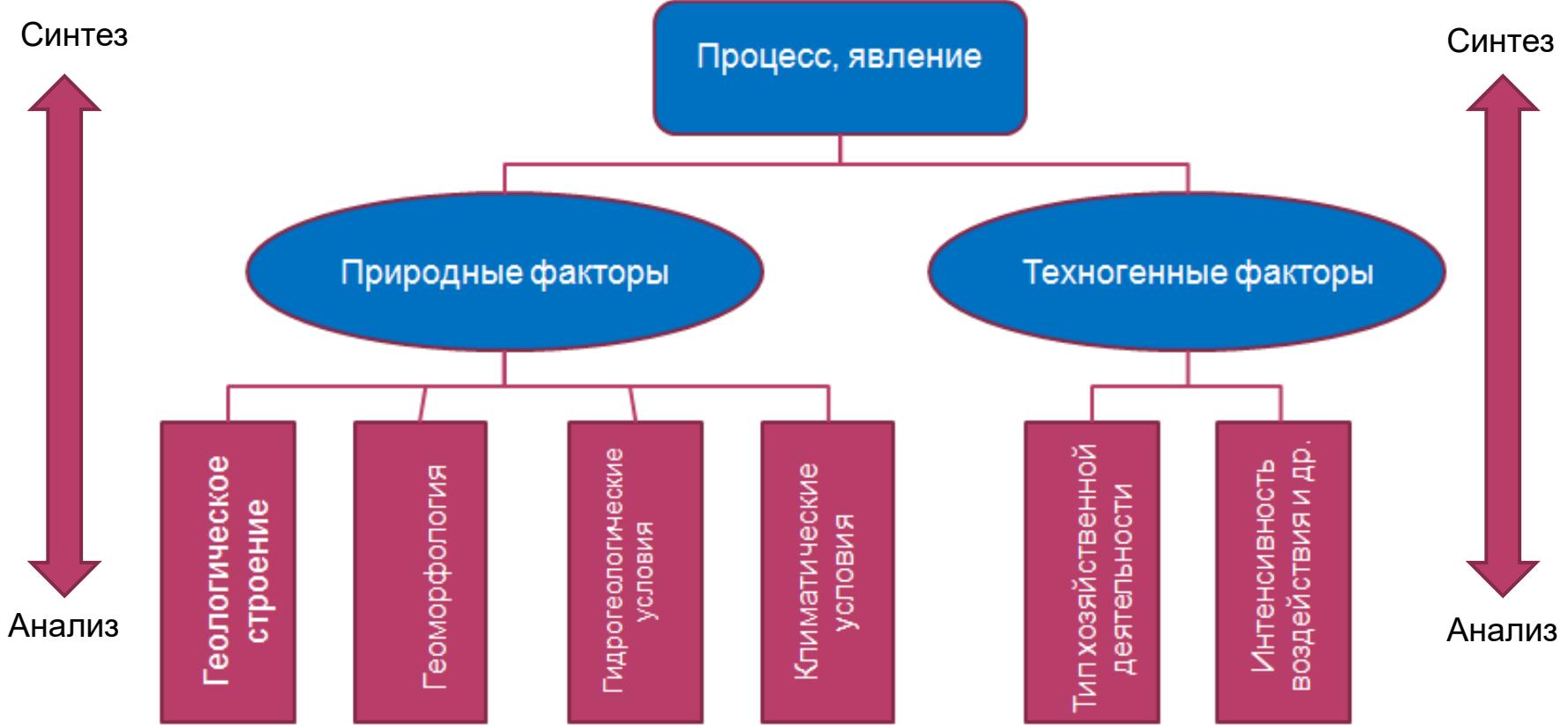
Анализ и синтез в инженерной геологии

Анализ и синтез при изучении грунтов:



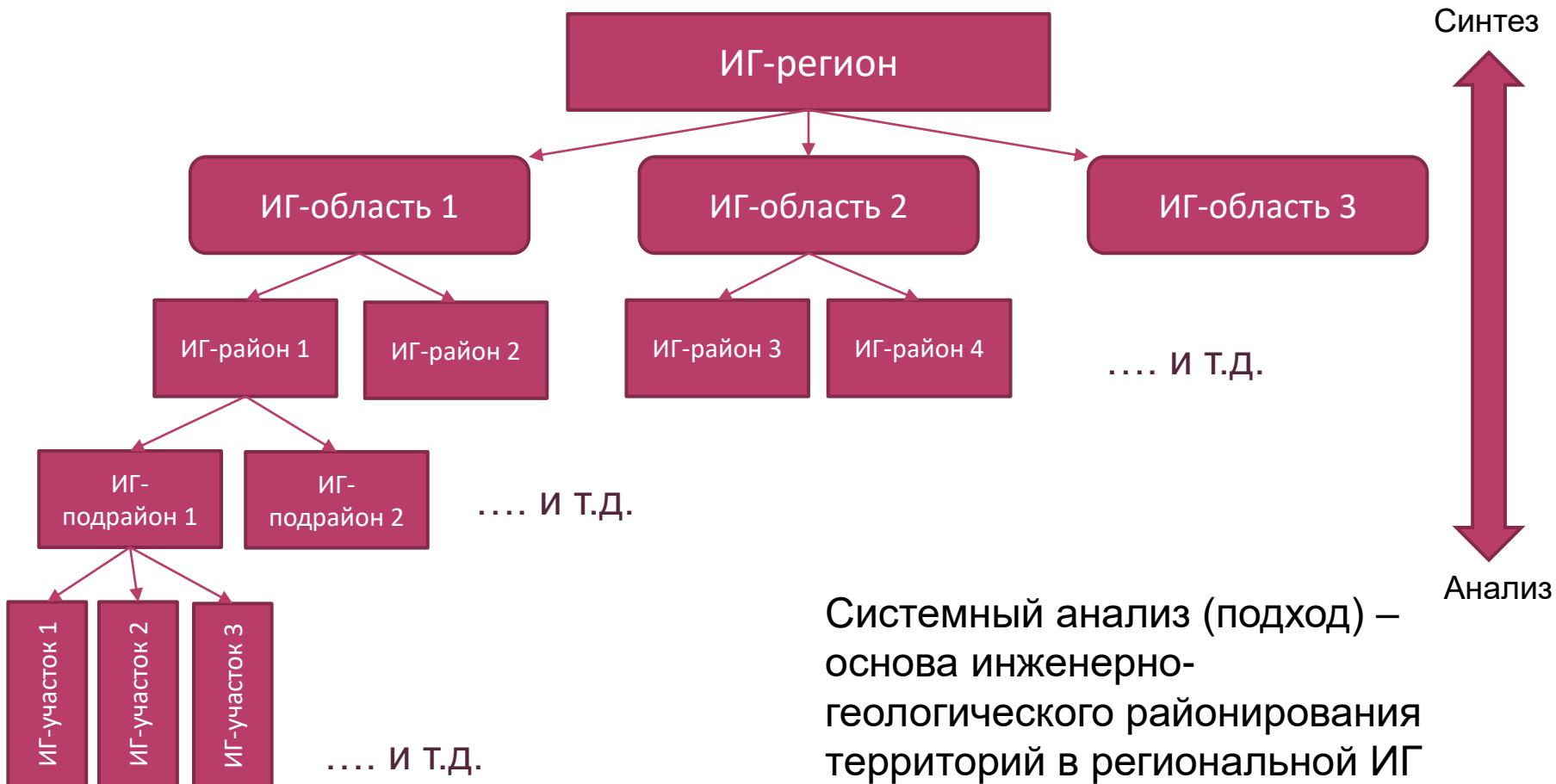
Анализ и синтез в инженерной геологии

Анализ и синтез в инженерной геодинамике



Анализ и синтез в инженерной геологии

Анализ и синтез в региональной инженерной геологии



Системный анализ в ИГ

- Другая проблема анализа и синтеза:

эмерджентность систем

Вследствие закона перехода количественных изменений в качественные, не всякое целое можно получить путем суммирования его частей (!!).

Эмерджентность (англ. *emergence* — возникновение, появление нового) в **теории систем (системном анализе)** — наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; **несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов**

Синоним — «системный эффект»

Системный анализ в ИГ

Системный анализ - научный метод познания целостных систем, обладающих структурой и эмерджентными свойствами, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы.

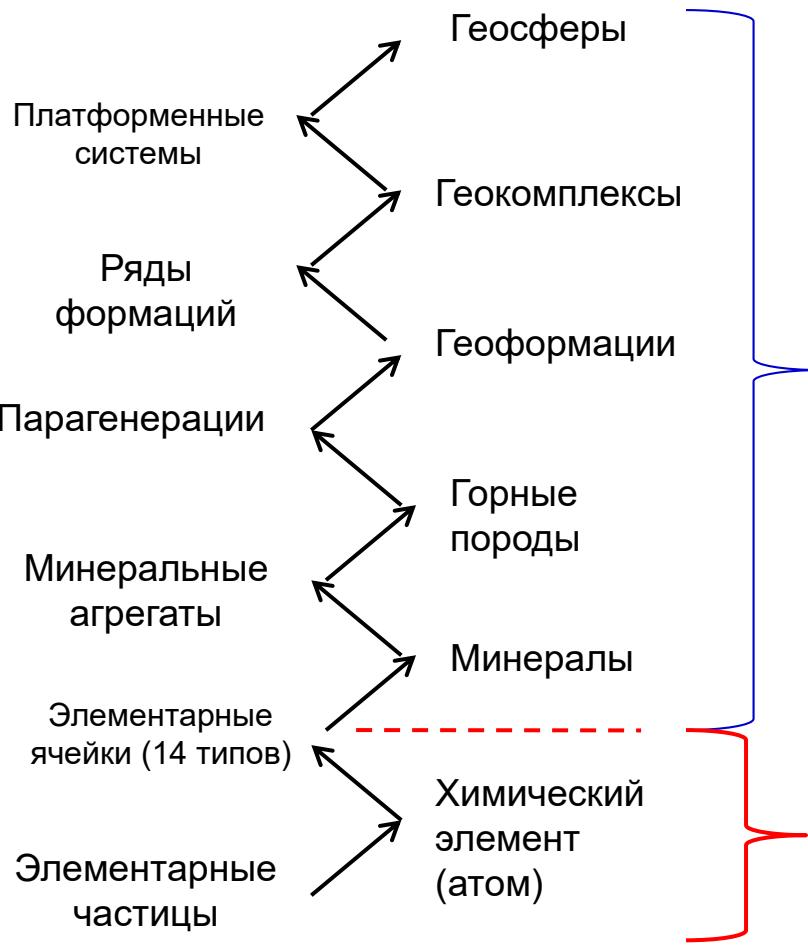
Строго говоря, это не самостоятельный метод познания, а совокупность всех методов, включая анализ и синтез. Поэтому правильнее говорить о «системном подходе»

Проблемы ИГ, решаемые системным анализом

- Проблема иерархии геологических тел в инженерной геологии – их изучение на разных масштабных уровнях (от образца до массива)
- Проблема перехода от свойств образца к свойствам массива
- Проблема разложения целого на части в геологии – проблема иерархии геологических тел (или проблема иерархии их «элементарных ячеек»)
- Проблема иерархии инженерно-геологических систем, ЛТС, ПТС и др.

Системный анализ в геологии

Элементарные ячейки (слева) и тела (справа)



Иерархия геологического уровня организации (по В.Ю.Забродину и др., 1986)



В.Ю.Забродин – доктор геолого-минералогических наук

Системный анализ в ИГ

Проявления эмерджентности в инж. геологии:

- Свойства массива не сводятся к сумме свойств слагающих его грунтов
- «Масштабный эффект» проявляется в любых свойствах грунтов
- Геологическое явление (выветривание, оползень и др.) не сводится к сумме «элементарных» физических явлений (*редукционизм*)

Отсюда – необходимость иного вида анализа - системного

Для реализации системного анализа необходимо (по Шарапову, 1977):

1. Определить предмет, который рассматривается как система
2. Составить перечень компонентов системы
3. Найти закон композиции и выявить структуру системы
4. Выявить эмерджентные свойства системы.

Синергетика в инженерной геологии



**Илья Романович
Пригожин (1917-2003) –
российско-белгийский
физик, Нобелевский
лауреат**

Взаимосвязь системного анализа и синергетики систем

- Синергетика (от греч. συν — «совместно» и греч. εργος — «действующий») — междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем (состоящих из подсистем).
- Или «...наука, занимающаяся изучением процессов самоорганизации и возникновения, поддержания, устойчивости и распада структур самой различной природы...»

Синергетика в инженерной геологии

Основные принципы синергетики:

1. Природа иерархически **структурирована** в несколько видов открытых нелинейных систем разных уровней организации: в динамически стабильные, в адаптивные, и наиболее сложные — эволюционирующие системы.
2. Связь между ними осуществляется через хаотическое, **неравновесное состояние** систем соседствующих уровней
3. Неравновесность является необходимым условием появления новой организации, нового порядка, новых систем, т.е — **развития**

Синергетика в инженерной геологии

Основные принципы синергетики:

4. Когда нелинейные динамические системы объединяются, новое образование не равно сумме частей, а образует систему другой организации или систему иного уровня (**эмержентность**)
5. **Общее** для всех эволюционирующих (включая ИГ) систем: неравновесность, спонтанное образование новых микроскопических (локальных) образований, изменения на макроскопическом (системном) уровне, возникновение новых свойств системы, этапы самоорганизации и фиксации новых качеств системы

Синергетика в инженерной геологии

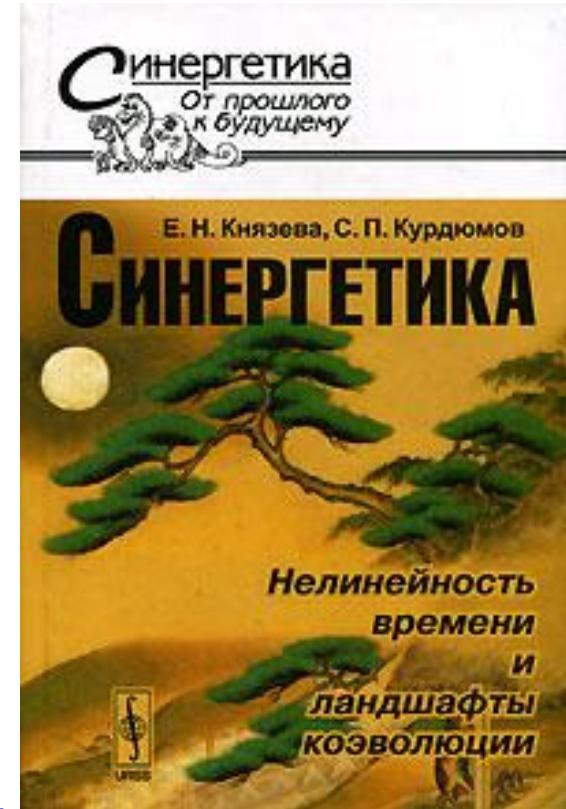
Основные принципы синергетики:

6. При переходе от неупорядоченного состояния к состоянию порядка все развивающиеся системы ведут себя одинаково (в том смысле, что для описания всего многообразия их эволюций пригоден обобщённый математический аппарат синергетики)
7. Развивающиеся системы всегда **открыты** и обмениваются энергией и веществом с внешней средой, за счёт чего и происходят процессы локальной упорядоченности и самоорганизации
8. В сильно неравновесных состояниях системы начинают воспринимать те факторы воздействия извне, которые они бы не восприняли в более равновесном состоянии

Синергетика в инженерной геологии

Основные принципы синергетики:

9. В неравновесных условиях относительная независимость элементов системы уступает место **корпоративному поведению элементов**: вблизи равновесия элемент взаимодействует только с соседними, вдали от равновесия — «видит» всю систему целиком и согласованность поведения элементов возрастает
10. В состояниях, далеких от равновесия, начинают действовать **биfurкационные механизмы** — наличие кратковременных точек раздвоения перехода к тому или иному относительно долговременному режиму системы — аттрактору. Заранее невозможно предсказать, какой из возможных аттракторов займёт система.



Выводы

- Анализ и синтез – одни из самых распространенных общенаучных методов исследований, широко применимы в инженерной геологии
- Системный анализ (системный подход) – комплексный метод познания в ИГ
- Основные (нерешенные) геологические проблемы связаны изучением иерархии геологических тел
- Наименее изучено проявление эмерджентности и синергетики геологических и инженерно-геологических систем