



ФИЛОСОФСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

ФИЛОСОФИЯ НАУКИ

ПЕЧЕНКИН
АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ

—
ФИЛСФАК МГУ

—
КОНСПЕКТ ПОДГОТОВЛЕН
СТУДЕНТАМИ, НЕ ПРОХОДИЛ
ПРОФ. РЕДАКТУРУ И МОЖЕТ
СОДЕРЖАТЬ ОШИБКИ.
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ
НА [VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).

ЕСЛИ ВЫ ОБНАРУЖИЛИ
ОШИБКИ ИЛИ ОПЕЧАТКИ,
ТО СООБЩИТЕ ОБ ЭТОМ,
НАПИСАВ СООБЩЕСТВУ
[VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).



БЛАГОДАРИМ ЗА ПОДГОТОВКУ КОНСПЕКТА
СТУДЕНТА ФИЛОСОФСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ТИМОХИНА АРСЕНТИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1. ВВЕДЕНИЕ В ФИЛОСОФИЮ НАУКИ.....	8
1. 1. ОСНОВАНИЯ ФИЛОСОФИИ НАУКИ	8
1. 2. ОСНОВАТЕЛИ ФИЛОСОФИИ НАУКИ: ДЖОН СТУАРТ МИЛЛЬ И ЭРНСТ МАХ	9
1. 3. УЧЕНИЕ ОБ ИНДУКЦИИ ДЖОНА СТУАРТА МИЛЛЯ	9
1. 4. МЕТОДЫ ПРЯМОЙ ИНДУКЦИИ	10
1. 5. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТИ В ИЗЛОЖЕНИИ КОЛМОГороВА	11
1. 6. ТЕОРИЯ ИНДУКТИВНОГО ВЫВОДА	12
1. 7. ЭРНСТ МАХ	13
ЛЕКЦИЯ 2. ЭРНСТ МАХ, АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН И ПЬЕР ДЮГЕМ.....	16
2. 1. ЭРНСТ МАХ И ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	16
2. 2. ОПЫТ МАЙКЕЛЬСОНА-МОРЛИ	17
2. 3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ (СТО)	17
2. 4. НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ФИЛОСОФИЯ ЭРНСТА МАХА	19
2. 5. ПЬЕР ДЮГЕМ И ЗАКОН ДЕКАРТА-ШНЕЛЛА	21
ЛЕКЦИЯ 3. ЛОГИКА И ФИЛОСОФИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ.....	24
3. 1. ЧТО ТАКОЕ ЗНАНИЕ?	24
3. 2. ОСНОВЫ ЛОГИКИ	24
3. 3. ОПЫТЫ МАЙКЛА РЕДХЕДА	26
3. 4. КОНЦЕПЦИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ НИЛЬСА БОРА	28
3. 5. СОЗДАНИЕ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ВЕРНЕРОМ ГЕЙЗЕНБЕРГОМ. ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	29
ЛЕКЦИЯ 4. ЕВКЛИДОВА ГЕОМЕТРИЯ И АКСИОМАТИКА ДАВИДА ГИЛЬБЕРТА	32
4. 1. ПОСТУЛАТЫ ЕВКЛИДОВОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	32
4. 2. АКСИОМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕВКЛИДОВОЙ ГЕОМЕТРИИ	33
4. 3. АКСИОМЫ СВЯЗИ ГИЛЬБЕРТА И ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ	34
4. 4. АКСИОМЫ ПОРЯДКА ГИЛЬБЕРТА И ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ	36
ЛЕКЦИЯ 5. АКСИОМАТИКА ДАВИДА ГИЛЬБЕРТА	39

5. 1. АКСИОМЫ СВЯЗИ ГИЛЬБЕРТА И ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ.....	39
5. 2. АКСИОМЫ ПОРЯДКА ГИЛЬБЕРТА И ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ	41
5. 3. ФОРМАЛЬНАЯ АКСИОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГИЛЬБЕРТА. ИСЧИСЛЕНИЕ ВЫСКАЗЫВАНИЙ. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМЫ.....	42
ЛЕКЦИЯ 6. ФОРМАЛЬНАЯ АКСИОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГИЛЬБЕРТА	46
6. 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМАЛЬНОЙ АКСИОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГИЛЬБЕРТА.....	46
6. 2. ПОСТРОЕНИЕ ФОРМАЛЬНОЙ АКСИОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГИЛЬБЕРТА	48
6. 3. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ В ФОРМАЛЬНОЙ АКСИОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ.....	49
6. 4. МЕТАТЕОРЕМА О ДЕДУКЦИИ И СЛЕДСТВИЯ ИЗ НЕЁ	50
ЛЕКЦИЯ 7. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИКИ И ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНЫЙ МЕТОД.....	52
7. 1. МЕТАТЕОРЕМА О ДЕДУКЦИИ И СЛЕДСТВИЯ ИЗ НЕЁ. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ ПРИ ПОМОЩИ МЕТАТЕОРЕМЫ О ДЕДУКЦИИ.....	52
7. 2. АКСИОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КЛИНИ	53
7. 3. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИКИ	53
7. 4. ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНАЯ СИСТЕМА.....	55
ЛЕКЦИЯ 8. ТЕОРИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА	56
8. 1. АКСИОМАТИЗАЦИЯ КЛИНИ И ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМЫ.....	56
8. 2. ИСЧИСЛЕНИЕ ПРЕДИКАТОВ.....	57
8. 3. ФОРМАЛЬНАЯ АРИФМЕТИКА.....	58
ЛЕКЦИЯ 9. ФОРМАЛЬНАЯ АРИФМЕТИКА	60
9. 1. ИСТОРИЯ ФОРМАЛЬНОЙ АРИФМЕТИКИ	60
9. 2. АКСИОМЫ АРИФМЕТИКИ ПЕАНО	61
9. 3. ЛОГИЧЕСКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ АКСИОМ АРИФМЕТИКИ ПЕАНО. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ	62
ЛЕКЦИЯ 10. ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНАЯ ТЕОРИЯ.....	64
10. 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНОЙ ТЕОРИИ.....	64
10. 2. ПРОТОКОЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ. МОДЕЛЬ ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНОЙ ТЕОРИИ	65
10. 3. ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНОЙ ТЕОРИИ. ЗАПАДНЫЕ КЛАССИКИ ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНОГО ПОДХОДА.	67

10. 4. Основные идеи Карла Поппера	68
ЛЕКЦИЯ 11. ГИПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНАЯ ТЕОРИЯ И ДРУГИЕ МОДЕЛИ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ.....	70
11. 1. Общие положения гипотетико-дедуктивной теории.....	70
11. 2. Модель Гемпеля-Оппенгейма-Поппера	70
11. 3. Эмпирический конструктивизм Баса ван Фраассена.....	72
11. 4. Биография Карла Поппера и его основные идеи	73
11. 5. Карл Поппер и биология.....	75
ЛЕКЦИЯ 12. КАРЛ ГЕМПЕЛЬ.....	77
12. 1. Формальная арифметика и доказательство теоремы.....	77
12. 2. Модель Гемпеля-Оппенгейма-Поппера и тезис объяснения-предсказания	78
12. 3. Парадокс подтверждения Гемпеля.....	79
12. 4. Корроборация Поппера.....	81
12. 5. Отечественная философия науки в контексте идей Поппера и Гемпеля....	81
ЛЕКЦИЯ 13. КИБЕРНЕТИКА И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД.....	83
13. 1. Развитие философии науки в России и на Западе	83
13. 2. Кибернетика. Винер и Шеннон.....	84
13. 3. Развитие кибернетики в Советском Союзе	85
13. 4. Системный подход. Парадоксы общей теории систем	86
13. 5. Системные подходы Овчинникова и Берталанфи	87
13. 6. Понятие диссипативной структуры у Пригожина и Тьюринга	88
13. 7. Онтология самоорганизации.....	90
ЛЕКЦИЯ 14. РУДОЛЬФ КАРНАП И УИЛЛАРД КУАЙН	91
14. 1. Рудольф Карнап. Концепция языковых каркасов	91
14. 2. Каркас вещей	91
14. 3. Каркас свойств. Дилемма номинализма и реализма.....	94
14. 4. Критика Карнапа Куайном. «Две догмы эмпиризма».....	96
ЛЕКЦИЯ 15. УИЛЛАРД КУАЙН	98

15. 1. КОНЦЕПЦИЯ ЯЗЫКОВЫХ КАРКАСОВ. КРИТИКА КАРНАПА КУАЙНОМ В СТАТЬЕ «ДВЕ ДОГМЫ ЭМПИРИЗМА»	98
15. 2. ТЕЗИС ДЮГЕМА-КУАЙНА	101
15. 3. «ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ». ТЕЗИС О НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПЕРЕВОДА	102
15. 4. ТЕЗИС ОБ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.....	105
ЛЕКЦИЯ 16. СОЦИАЛЬНАЯ ФИЛОСОФИЯ НАУКИ 1.....	107
16. 1. НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ПЕРЕВОДА НАТУРАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ НА ЯЗЫК ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ. ТЕЗИС ОБ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	107
16. 2. ИМПЛИКАЦИИ ФИЛОСОФИИ КУАЙНА. ОТ КУАЙНА К ФЕМИНИСТСКОМУ ЭМПИРИЗМУ	108
16. 3. БОРИС ГЕССЕН. ДОКЛАД «СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КОРНИ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА»	109
16. 4. РОБЕРТ МЕРТОН	112
ЛЕКЦИЯ 17. СОЦИАЛЬНАЯ ФИЛОСОФИЯ НАУКИ 2.....	115
17. 1. РОБЕРТ МЕРТОН. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАУКИ.....	115
17. 2. ДЭВИД БЛУР. СИЛЬНАЯ ПРОГРАММА СОЦИОЛОГИИ ЗНАНИЯ	117
17. 3. «ВЕЙМАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА, ПРИЧИННОСТЬ И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА».....	119
17. 4. БРУНО ЛАТУР	121
ЛЕКЦИЯ 18. БРУНО ЛАТУР И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА	124
18. 1. ЛАТУР И ПАСТЕР. УХОД ОТ ИНТЕРНАЛИЗМА И ЭКСТЕРНАЛИЗМА	124
18. 2. ОТКРЫТИЕ ДВОЙНОЙ СПИРАЛИ УОТСОНОМ И КРИКОМ	124
18. 3. НАУЧНЫЕ ФАКТЫ.....	125
18. 4. «МЫ НИКОГДА НЕ БЫЛИ НОВОВРЕМЕННЫМИ».....	126
18. 5. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА. КОПЕНГАГЕНСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ.....	127
18. 6. ПАРАДОКС ЭЙНШТЕЙНА-ПОДОЛЬСКОГО-РОЗЕНА	129
18. 7. НЕОРТОДОКСАЛЬНЫЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	131
ЛЕКЦИЯ 19. АКСИОМАТИКА ДАВИДА ГИЛЬБЕРТА	133
19. 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМАЛЬНОЙ АКСИОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГИЛЬБЕРТА.....	133

19. 2. Построение формальной аксиоматической системы Гильберта. Доказательство теорем	133
19. 3. Метатеорема о дедукции и следствия из неё	135
19. 4. Расширения формальной аксиоматической системы Гильберта	136
19. 5. Математический интуиционизм и неконструктивные доказательства ...	136

Лекция 1. Введение в философию науки

1. 1. Основания философии науки

Мы начинаем лекции по философии науки (по-английски *the philosophy of science*). Science — не вполне русская наука, это точное знание. Русская наука охватывает и гуманитарное знание. Русская наука больше соответствует немецкому слову *wissenschaft*. Science же — это знание физики, математики и других наук, в которых используются физика и математика. Философия науки возникла в XX веке. В науке XX века происходили различные изменения, которые касались, собственно, науки. Они затрагивали широкую публику скорее из любопытства, из стремления понять, что вообще делается в науке. В XX веке крупными физиками и математиками стали издаваться научно-популярные книги. В то время был интерес к тому, что происходит в науке. Наука автономна, отдельна, поэтому то, что происходило в науке, касалось, прежде всего, науки. Кроме того, что писалось для широкой публики, писалось именно для тех, кто занимался наукой. Анри Пуанкаре, Эрнст Мах («Механика») и другие крупные учёные писали о науке. Писали учёные разных уровней, хотя уровень учёного выясняется уже посмертно. Писали во многом из интереса: самим было интересно понять, что происходило в науке во второй половине XIX — первой половине XX вв.

Как известно, в 1905 году Альберт Эйнштейн сформулировал теорию относительности. Никому не известный служащий патентного бюро вдруг опубликовал три интересных в научном плане статьи и сразу стал великим учёным. Кроме того, крупнейшим достижением было создание Вернером Гейзенбергом первой формулировки квантовой механики — матричной механики. Позже её довели до совершенного вида Вернер Гейзенберг, Макс Борн и Паскуаль Йордан. В это же время Эрвин Шрёдингер сформулировал свою волновую механику — другую формулировку квантовой механики.

Неясность и некоторый разброд насчёт того, что вообще считать основанием науки, неясность того, что такое свет, как он распространяется — всё это было значительно раньше, чем в XX веке великими учёными были совершены прорывы. Это породило литературу, которая, с одной стороны, должна была осведомить публику, но и с другой стороны, должна была помочь самим специалистам разобраться в том, что есть и чего ещё нету. Мы будем проходить тех философов науки, которые непосредственно были связаны с наукой: не тех, которые смотрели со стороны, но тех, которые были сами участниками этих событий.

Стоит поговорить о проблемах, которые возникали. Не было ясно, что такое свет. Есть такая книга «Волны в воде, воздухе и эфире». Волны в воде — это волны в воде, волны в воздухе — это звук, волны в эфире — это свет. Но дело в том, что волны в эфире не вполне отвечали тому, что есть свет. Возникали сложности с распространением

этих волн. Есть такой известный эксперимент о скорости этих волн. В нём обнаружили некоторые несоответствия.

Также необходимо рассказать о двух-трёх философах науки. Как же формировалась философия науки? Она формировалась не за счёт самих деятелей науки, например, Пуанкаре. Он писал много статей, и наполовину это были статьи исторического характера, а наполовину рефлексия по поводу современного состояния науки.

1. 2. Основатели философии науки: Джон Стюарт Милль и Эрнст Мах

Чёткой грани провести невозможно, но первыми должны быть упомянуты Джон Стюарт Милль (1806-1873 гг.) и Эрнст Мах (1838-1916 гг.). Пожалуй, эти два человека могут считаться основателями философии науки. С одной стороны, Джон Стюарт Милль представитель позитивизма. Но таковым мы считаем и Эрнста Маха. Последний пишет о науке и думает будущем, о том, какой наука должна быть. Он выделяет науку, как особую область своего предмета. Позитивисты писали о классификации наук, о языке, о жизни. Хотя это тоже безусловно полезно. Сами научные работники работают в сфере научного знания: они работают с математикой, с опытом, с экспериментом, с приборами. Они всё-таки обладают некоторой автономией. Джон Стюарт Милль уже стал писать о том, что было бы полезно для науки. Он развил учение об индукции.

Об индукции и дедукции. Не стоит считать, что дедукция — это вывод от общего к частному. В некоторых случаях так можно сказать, но это не будет определением дедукции. Пример: Петя хорошо учится. Петя студент. Отсюда следует, что некоторые студенты хорошо учатся. Это не является выводом от общего к частному. На примере математики это видно ещё более отчётливо. Хотя учение о дедукции развил Аристотель. У него было множество разных силлогизмов, но больше было выводов от общего к частному, но у него уже были и другие силлогизмы. Грубо говоря, дедукция — это вывод, где из истины следует истина.

1. 3. Учение об индукции Джона Стюарта Милля

Что касается Джона Стюарта Милля, то он занимался не дедукцией, а индукцией. Мы рассмотрим его работу «Начала логики силлогистической и индуктивной». С точки зрения философии науки интересна часть, касающаяся индукции. Во-первых, есть индукции эnumerативная и элиминативная. Путём эnumerативной, то есть индукции через простое перечисление, он устанавливает существование законов природы. Он включает их в свою систему, и они являются её основной категорией. В мире очень много повторений: зима сменяется летом, морозы сменяются теплом и т. д. Исходя из этого, он устанавливает факт существования законов природы: тех, которые, ему были известны. Это законы Ньютона, закон всемирного тяготения, законы Фарадея,

законы электромагнитной индукции. Интересен тот факт, что Милля заинтересовало получение законов природы.

Какова должна быть индукция? Последующее развитие индукции связано с теорией вероятности. Оно оказалось вписанным в теорию вероятности, оно стало его составной частью. Учение Джона Стюарта Милля получило своё развитие: на его основе стали делать алгоритмы.

Энумеративная индукция. Установление наличия законов природы путём простого перечисления. Этот факт является необходимым для дальнейшего построения теории индуктивного вывода.

1. 4. Методы прямой индукции

Методы: метод сходства, метод наличия, метод сопутствующих изменений, метод остатков.

Метод сходства. Речь идёт о некоторой последовательности вещей и некоторых рядах свойств этих вещей. Если последовательность вещей, выделенных каким-то общим принципом, признаком обладает каким-то дополнительным свойством, причём все вещи обладают этим дополнительным свойством, то можно считать, что мы имеем дело с всеобщим законом, что все данные вещи обладают данным свойством.

Пример: селитра аммиачная, нитрат натрия и т. д. — все соли азотной кислоты растворимы. Мы берём ограниченное количество солей азотной кислоты, но экстраполируем это на все соли.

Пример: металлы — электропроводны. Для этого набираем совокупность металлов, которые электропроводны. Из этого делаем вывод, что все металлы электропроводны.

Такие методы могут приводить к ошибкам, но без них движение науки было бы невозможно.

Метод различия. Если мы имеем два ряда предметов. В одном ряду явление имеет место, происходит. В другом явление не происходит.

Пример: Пастер ставил эксперимент (к слову, у Латура Пастер вообще важный персонаж). Он исследовал зарождение микробов, ставил различные пробы. Одни стаканы были изолированы, другие открыты. Он показал, что в одних случаях микробы зарождаются, в других — нет.

Метод сопутствующих изменений. Если мы берём два ряда вещей и какое-то свойство, видим, что вещи меняются в определённой последовательности, то видим, что и свойство меняется в определённой последовательности.

Пример: берём совокупность электропроводящих веществ — металлов. Замеряем их сопротивление при помощи реостата, замеряем их напряжение при помощи вольтметра, заменяем их силу тока при помощи амперметра. И устанавливаем закон, который сейчас называется Законом Ома. Если мы меняем напряжение, то меняется и сила тока. Увеличивается сопротивление — уменьшается сила тока. Увеличивается напряжение — сила тока увеличивается.

Очень много законов природы, в которых можно найти сопутствующие изменения. Этот метод неискусственный, он работает и в XX, и в XXI веке.

Метод остатков. Его иногда не рассматривают, так как считают, что всё уже есть в предыдущих трёх методах. Если у нас имеется некоторый ряд вещей, и мы видим, что этому ряду вещей соответствует некоторая совокупность свойств, которая меняется в соответствии с данными вещами, то мы замечаем, что происходит какая-то аномалия. Некоторые свойства ведут себя не так, как другие свойства, которые ведут себя в соответствии с данными вещами. Мы нашли некоторую закономерность. Вещи А, В, С, D, E и их какие-то свойства (a, b, c, d, e). Мы находим, что d и e не вполне соответствуют тому ряду изменений и тем свойствам, которые типичны для a, b и c. Здесь надо искать какую-то закономерность, исходящую из предметов D и E, которые обладают какой-то особенностью.

Пример: открытие Нептуна. При наблюдении за движением Урана были обнаружены аномалии, которые законом всемирного тяготения и движением планеты не объяснялись. Наблюдаются некоторые возмущения, которые объясняются движением другой планеты, которая эти возмущения обеспечивает. Так открыли Нептун.

1. 5. Теория вероятности в изложении Колмогорова

Джон Стюарт Милль много сделал много для философии науки XX века. Но учение об индукции в философии науки XX века сильно изменилось. Современное учение об индукции опирается на теорию вероятностей, на теорию Колмогорова. В российских учебниках теория вероятности изложена по Колмогорову. Колмогоров — величайший математик XX века. Он сделал многое не только в теории вероятности. Он находился в постоянном поиске, он постоянно искал новое. Это и делало его величайшим математиком XX века. У Колмогорова понятие вероятности прошло определённый путь. Первый путь был связан с азартными играми. Число возможных вероятностей определялось как отношение равновероятных исходов к числу реальных исходов. Это

понятие вероятности идёт с Лапласа. Там были парадоксы чисто математические. Например, парадоксы Бертрана.

Далее идёт частотное понятие вероятности Джона Стюарта Милля. Обратимся ко второй половине XX века. Если взять учебники по теории вероятности, оно существует и в части исторической, и в части прикладной. В некоторых случаях удобно пользоваться частотным понятием вероятности, хотя вероятность всё же определяется по Колмогорову. Первое же понятие выполняют вспомогательные функции. Частотное понятие вероятности говорит, что вероятность — это предел последовательности относительных частот. Например, вы бросаете монету. Какова вероятность, что выпадет орёл? Она равна 0,5. Колмогоров развил понятие вероятности в рамках теории множеств. Имеется некоторое пространство элементарных событий. В нём мы строим некоторую систему подмножеств, которая называется сигма-алгеброй, которая обладает определёнными свойствами. Элементы в сигма-алгебре: положительные числа от 0 до 1. Эти числа называются вероятностями.

1. 6. Теория индуктивного вывода

Теория индуктивного вывода на основе теории вероятности. $P(h / e) = p(h \wedge e) / p(e)$ где \wedge — это конъюнкция (&). Это формула вероятности этой гипотезы. Индукция заключается в том, чтобы вычислить вероятность гипотезы. e — эмпирическое свидетельство. h — вероятность гипотезы. Какова вероятность данной гипотезы при наличии то или иного эмпирического свидетельства?

Пример: игральная кость содержит 6 граней, e — чётная грань. Какова вероятность того, что выпадет чётная грань? Какова вероятность того, что выпадет «2»? $P(2,4,6) = 1 / 2$. Поскольку половина граней чётная. На языке теории множеств то, что здесь написано, означает то, что у нас пересечение. Вероятность выпадения «2»: $1 / 6 \cdot 2 / 1 = 1 / 3$

Пример: где-то в старом доме на чердаке нашли картину какого-то художника, и эксперты говорят, что с вероятностью 0,7 это картина принадлежит Айвазовскому. Самим экспертам можно верить с вероятностью 0,8. Таким образом, $0,8 = 0,7 / 0,8 = 7 / 8$.

Если взять Стэнфордскую энциклопедию, то там условная вероятность связывается со статистикой: сколько человек в данной возрастной группе, какова смертность в возрастной группе, сколько вероятность, что данный Джон Джонсон принадлежит данной возрастной группе и т. д. Стэнфордскую энциклопедию стоит читать в оригинале, без искажений.

Такой подход к вероятности уже другой (не как у Милля). В некоторых случаях и используется сейчас частотное понятие вероятности. Оно было выдвинуто Рихардом

фон Мизесом. Он был специалистом по прикладной математике. Очень интересный человек: с одной стороны он был католик, с другой стороны он был еврей; у него была самая лучшая коллекция произведений Рильке; был другом Леонида Мандельштама, советского физика.

1. 7. Эрнст Мах

Эрнст Мах тоже стоит у истоков того, что мы называем философией науки. В США в понятие науки входит в основном физика, математика, химия (естественно-научный блок). Например, в Гарвардском университете существуют философский факультете и отдел философии науки, где работали величайшие люди, связанные с изучением философии науки, например, Хилари Патнэм, Уиллард Куайн, Джеральд Холтон. Философия науки предполагает основательные знания математики. Физику можно изучать, если есть знание математики, так как математика — это язык физики. Самые главные открытия в XIX веке и сейчас идут в области физики.

Для людей старшего поколения, (и не только) является одиозной фигурой. Неопозитивизм в значительной степени следовал махизму. Неопозитивизм — это махизм плюс логика. Гейзенберг пишет: «В данной статье используются непосредственно наблюдаемые величины» — махистская фраза. Позднее возникли и ненаблюдаемые величины, но исходный посыл, который позволил Гейзенбергу оторваться от тех проблем, которые ставила старая теория Бора, говорит о том, что он принял махистскую феноменологическую позицию, то есть исходил из того, что наблюдаемо. А наблюдаемы интенсивности и частоты спектральных линий. Они стали первичными понятиями его матричной механики.

Гейзенберг ходил на заседания Венского кружка. Его квантовая механика — это 1925 год. Так или иначе, люди, которые учили диалектический материализм или учились с теми, кто учил диалектический материализм, у них к Маху отношение несколько скептическое. А слово «махизм» — Владимир Сергеевич Швырев, который читал лекции для аспирантов института философии — он был автором этого термина. Швырев читал им эти слова: «неопозитивизм — это махизм плюс логика».

Мах известен не только как философ, но и как физик. Есть интерферометр Маха. Мах выдвигался на Нобелевскую премию по физике, причём один из выдвигавших был Фердинанд Браун, а выдвигать могут в основном лауреаты Нобелевской премии. Браун был сугубо прикладной учёный. Он и Маркони выдвигались на Нобелевскую премию. Оба получили Нобелевскую премию за создание радио. Маркони организовал фирму в Англии, а Браун был в Германии, занимался радиопередатчиками. Но не только Браун выдвигал Маха на Нобелевскую премию. Те, кто его выдвигал, считали, что он шёл к теории относительности. Если бы не было Маха, не было бы и теории относительности.

Работы Маха: «Механика: историко-критический очерк её развития» 1872 года. Также «Анализ ощущений» 1886 года.

Философские взгляды Маха были экстремистскими. Самая экстремистская позиция Маха — элементы мира. Это позиция сыграла роль в возникновении неопозитивизма, вообще в развитии физики. Мах критиковал ньютоновскую механику, ньютоновские понятия абсолютного времени и абсолютного пространства. Мах стремился очистить место для новой физики. Он был антиатомистом, также как и Вильгельм Освальд. Последний был крупнейшим физиком. Он создал теорию катализа и ввёл катализ как понятие в химию. Освальд позднее отказался от антиатомизма в отличие от Маха.

Мах: для того, чтобы решать сложные проблемы физики, полезно посмотреть на природу, как на совокупность элементов мира. Элемент мира — это ощущение (как пишет Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме»), но не любое ощущение. Например, ощущение великого и смешного не будет элементом мира. Ощущение должно быть чисто физиологическим: ощущение красного, холодного, гладкого, шероховатого, острого и т. д. (на примере созерцания доски в аудитории). Необходимо разлагать природу на такие элементарные ощущения, которые испытывает человек, но они должны быть нейтральны по отношению к физическому и психическому. Например, если отойти от доски, физически изменив своё состояние и также психически, то в таком случае ощущения останутся теми же. Если подойти — то же самое. Приняв какую-либо дозу алкоголя, ощущения также сохранятся. Возможно, надписей на доске не будет видно, но очертания сохранятся. Если физически разделить доску на несколько частей и распилить, то физически она окажется другой, при этом элементы мира останутся. Ощущение великого и смешного не нейтрально по отношению к физическому и психическому (для сравнения). Это другого рода ощущения. Они не являются элементами мира.

Принцип экономии Маха. Исходя из элементов мира, нужно строить записи, предложения, наши высказывания о природе. Необходимо строить их экономно. Есть два принципа экономии: экономия опыта и экономия мышления. Нужно брать минимальные сведения из того, что мы получаем, и из них строить наши высказывания. Они должны составлять предложения наблюдения. Из них должны состоять более абстрактные законы, которые тоже должны строиться экономно, то есть не должны включать какие-то картинки, философские размышления, а должны фиксировать то, что нам дано. Пример: мы говорим «соль растворяется». Мы устанавливаем закон: соль азотной кислоты растворяются. Мы опускаем её в воду и видим то, что она растворяется. Далее идёт экономия мышления, когда мы говорим, что все соли азотной кислоты растворяются. Таким образом Мах предлагал строить науку. Мах сам не исходил из этих принципов, когда писал «Механику», так как трудно придерживаться такого уровня

чистого наблюдения. Иногда он отходил и писал о более сложных вещах, о более реальных вещах.

Таким образом, махизм преломился в теории относительности эйнштейна и в философии неопозитивизма; последняя стала очень важным звеном в философии науки. Далее происходит революция в физике. Какие трудности возникли в физике, что такое опыт Майкельсона-Морли, который показывал трудности понимания света, движения? Каким образом эти трудности были преодолены и возникла современная физика? Чтобы понять современную физику конца XX века — начала XXI века, необходимо вернуться в прошлое, чтобы взглянуть, каким образом физика рассталась с той картиной мира, которая идёт от Декарта, Ньютона. Это очень крупные люди, которые очень много сделали много в физике, но физика с ними была вынуждена расстаться. Обо всём этом в следующих лекциях.

Лекция 2. Эрнст Мах, Альберт Эйнштейн и Пьер Дюгем

2. 1. Эрнст Мах и теория относительности

Продолжаем темы предыдущей лекции. Конец XIX — начало XX века — это был период неопределённости в науке. Движение к новым теориям сопровождалось критикой старых теорий, причём не только самих старых теорий, но и критикой тех предпосылок, на которых строились старые теории. Мы начнём с такой фигуры, как Эрнст Мах. До сих пор люди старшего поколения испытывают неудобства при упоминании имени Эрнста Маха. Они рассматривают его как нечто реакционное, что движет науку не туда. Это связано с тем, что Эрнст Мах был главным героем книги Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». В этой книге Ленин не оставлял надежды на то, что Мах и его представления станут столбовой дорогой физической науки.

Кто же такой Эрнст Мах? Это физик, написавший книги по физике, но много он написал книг и статей и по философии. Эрнст Мах был радикальным философом. Он не останавливался на каких-то половинчатых решениях и считал, что для новой физики нужны новые мировоззрения. Что касается Эрнста Маха, то о нём марксисты отзывались плохо, но в то же время сам Альберт Эйнштейн писал, что Эрнст Мах пришёл бы к теории относительности, если бы он немного был помоложе возрастом.

Как известно, теория относительности была создана в 1905 году Альбертом Эйнштейном. Он опубликовал статью «К электродинамике движущихся тел». Эта статья вместе с его другими статьями моментально сделало служащего патентного бюро великим физиком. Альберт Эйнштейн сформулировал Специальную теорию относительности (СТО) (ещё есть общая теория относительности (ОТО) — теория пространства, времени и тяготения). Это была теория пространства и времени. Это была новая теория, она шла вопреки ньютоновской теории пространства и времени. Причины не сколько в самом пространстве и времени, сколько в электродинамике.

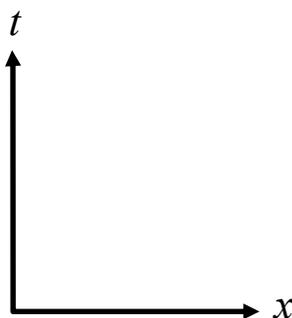


Рисунок 2. 1. Система координат

Электродинамика не вмещалась в те представления о пространстве и времени, которые были в классической физике, в ньютоновские представления. Как известно, у Ньютона было абсолютное пространство и абсолютное время. Эти объекты создавали системы отсчёта. Систему отсчёта можно изобразить, как систему координат (рисунок 2. 1). Пусть будет только ось x — она будет символизировать все остальные оси.

Пришёл такой период, когда электродинамика стала одной из важнейших теорий. Где-то ещё в начале XIX века она была теорией электричества, теорий магнитных явлений. Она не претендовала на мировое господство. В XX веке стало ясно, что что-то не так.

2. 2. Опыт Майкельсона-Морли

Был такой эксперимент Майкельсона-Морли. В чём суть эксперимента? Вот земля (рисунок 2. 2). Был такой прибор — интерферометр. Этот прибор состоял из двух зеркал и линейки. Составляющие: источник света, зеркало, линейка. Свет возвращается назад. С точки зрения движения Земли здесь должно быть разное время прохождения света от лампочки к зеркалу и обратно. То же самое и здесь: эта часть стоит перпендикулярно, а другая часть стоит параллельно. Движение Земли накладывается на движение интерферометра. Должна быть разница во времени. $t_1 \neq t_2$ — это из теории. Время не должно быть равным. Из опыта получалось, что $t_1 = t_2$. Это один из самых замечательных опытов, которые прошли в конце XIX — XX веках. Где-то в 30-х годах этот результат ставился под сомнение, считалось, что опыт проведён не чисто. Всё должно быть согласно теории, согласно классической механике. Но ситуация сложилась так, что опыт оказался справедливым.

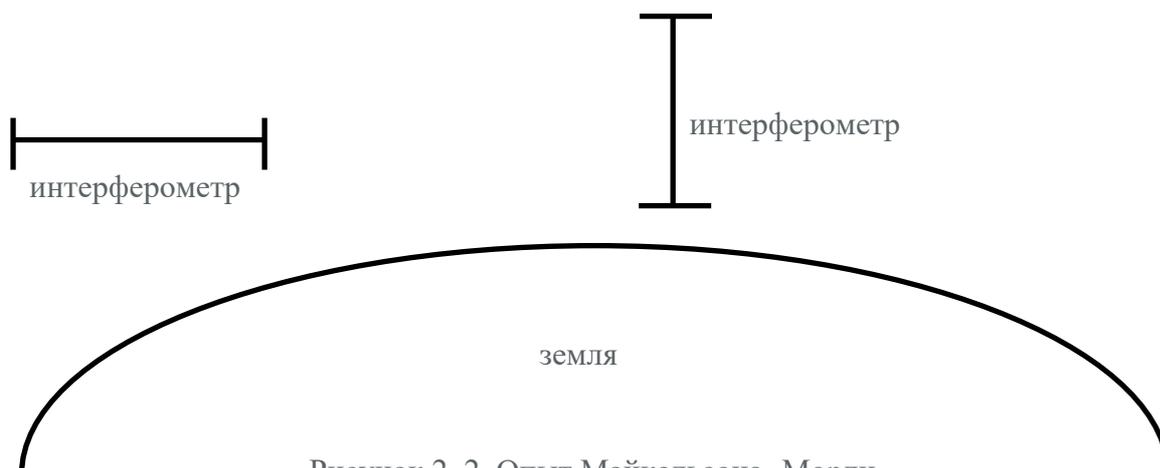


Рисунок 2. 2. Опыт Майкельсона- Морли

2. 3. Специальная теория относительности (СТО)

Специальная теория относительности обозначается как СТО. Общая теория относительности (ОТО). Это сделано для различения. Общую теорию относительности

мы затрагивать не будем, так как это теория значительно сложнее: это теория пространства, времени, тяготения. Она требует другой математики. Что касается СТО, то тут математика проще.

И вновь мы возвращаемся к опыту Майкельсона-Морли (рисунок 2. 2). Опыт проходит таким образом. Здесь есть лампочка и зеркало. Луч света идёт от лампочки к зеркалу и обратно. Прибор стоит параллельно поверхности. Это совпадает с движением Земли. Также прибор ставят таким образом: перпендикулярно движению Земли. Движение Земли накладывается на движение интерферометра, то это будет t_1 , а перпендикулярно t_2 . t_1 не должно быть равно t_2 . Но получилось именно так. Это было весьма существенное для физики событие. Можно по-разному записать, как это получилось. Это можно посмотреть в учебнике.

Теория оказывалась не верной. И вот в этот период Альберт Эйнштейн создал свою знаменитую теорию относительности (СТО), состоящую из двух постулатов:

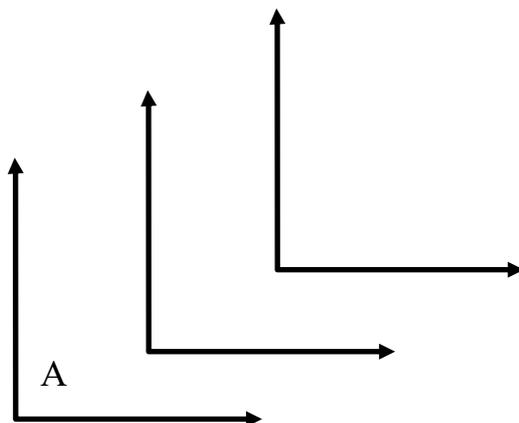


Рисунок 2. 3. Инерциальные системы отсчёта

1. Всякое тело сохраняет состояние покоя или движется равномерно или прямолинейно, пока на него не подействует сила (это практически принцип относительности Галилея). Но между ними всё-таки есть различие. Дело в том, что в ньютоновской механике было понятие абсолютного времени, и когда мы говорим, что система координат движется в каком-то направлении, то мы имеем в виду, что у Ньютона существует абсолютное пространство. По отношению к этому абсолютному пространству происходит движение тел по отношению к системе координат. Можно сказать, что существует некоторый класс инерциальных систем отсчета. Это системы отчёта, которые движутся равномерно и прямолинейно относительно неподвижного абсолютного пространства. Система отсчёта — некоторая точка и часы. Мы производим измерение. Если система отсчета покоится, то мы можем и в отношении неё сделать множество подвижных систем отсчета. Эйнштейн говорил, что существуют системы

отсчёта, в которых всякое тело сохраняет равномерно прямолинейное движение, пока на него не подействует другое тело. Он вводит понятие системы отсчета, не вводя понятия абсолютной системы отсчета. Мы не можем сказать относительно какой системы отсчёта система отсчёта A движется или покоится.

Знаменитые опыты Галилея. Были системы отсчёта, которые покоились. Пример: идёт корабль, а берега не движутся. Корабль же движется. Если он движется равномерно и прямолинейно, то он составляет инерциальную систему отсчёта. Что касается Альберта Эйнштейна, то у него была два постулата. Первый постулат — принцип относительности, который не вполне совпадает с классическим принципом. Он говорит, что существуют системы отсчёта, которые движутся равномерно и прямолинейно. Чем геометрия Гильберта отличается от геометрии Евклида? В первой нету абсолютной системы отсчёта. Мы не определяем, что такое прямая, точка и т. д. Понятие прямой, точки определяется в контексте систем отсчёта, в контексте тех геометрических построений, которые проводит Гильберт. Так и здесь нет точки отсчёта, от которой всё движется. Всё движется, но есть системы отсчёта, в которых всякое тело сохраняет состояние покоя или движется равномерно и прямолинейно. Это то, что сказал Эйнштейн.

2. Скорость света является постоянной. $c = const$. Первый постулат — это фактически принцип относительности Галилея, но без какой-либо абсолютной системы отсчета, а второй постулат — это постулат постоянности скорости света. Таким образом, Эйнштейн сформулировал свою частную теорию относительности. Какие предпосылки были для этого? Для того, чтобы прийти к таким выводам, что скорость света постоянна, принципу относительности без абсолютной системы отсчета, необходимы определённые предпосылки. Этим открытиям предшествовали некоторые интересные пертурбации в физике.

2. 4. Научные достижения и философия Эрнста Маха

Что же произошло? Решающую роль играл Эрнст Мах, на котором мы сейчас и остановимся. Физики старшего поколения вздрагивают при слове Эрнст Мах. Мы всё учили, что Эрнст Мах — это плохо, но вообще Эрнст Мах входит в здание современной физики. Эрнст Мах известен своим критическим взглядом на мир. Он написал книги по физике, известен его интерферометр. Известны и некоторые другие достижения. Например, он критикует опыт Ньютона с ведром. Он критикует этот опыт, который, согласно Ньютону, должен был демонстрировать абсолютное пространство. Эрнст Мах разрушил классическое представление о мире. С точки зрения Маха мир — это не есть материя, это не есть объективная реальность. Согласно Маху первичными являются элементы мира. Элементы мира — это такие атомы бытия, но только атомы не физические, а психофизические. С точки зрения Маха весь мир мы видим и сами участвуем в нём. Мы видим его элементы, а элементы, как сказал бы Ленин, это есть

ощущения. Но не всякие элементы мира являются нашими ощущениями. Элементы мира — это ощущения, это есть некоторые инварианты нашего бытия.

Пример: берём доску в аудитории (магнитно-маркерная доска белого цвета с двумя створками с полочкой для мела/маркеров/тряпки). Ей свойственны белизна, гладкость, шероховатость, металлический блеск, здесь выступают болты, выпуклости. Мы рассматриваем её не с точки зрения того, как она устроена, а с точки зрения того, как мы её воспринимаем. Эти элементы мира нейтральны по отношению к физическому и психическому. Вот, я отхожу от доски, меняю своё физическое состояние, и если не очень далеко отхожу, то я вижу то же самое. Я могу нарисовать на доске окружность, я буду видеть эту окружность. Мы можем порезать эту доску на части. Доска исчезнет. Элементы мира останутся. Зелёной окружности не будет, но будет зелёные части доски. Будут гладкие шероховатые участки доски. Одним словом, это есть некоторые инварианты нашего бытия. С точки зрения классической физики инвариантами являются атомы, молекулы, мицеллы. Всё строение вещества входит в качестве инвариантов в наше бытие. А мы уже с этими инвариантами ставим опыты, и исходя из них, сохраняя эти инварианты, мы получаем какие-то картины и создаём какие-то более экзотические картины, более важные для нас картины, поскольку мы посредством них изучаем мир. Но эти элементы: атомы, молекулы, электроны — они сохраняются.

Есть два подхода к миру: материалистический и махистский. Первый подход состоит в том, что существуют такие мельчайшие частицы вещества, которые не могут быть дальше делимы. То есть у них есть разные свойства, но в пространственные отношения они неделимы.

Второй подход есть то, что есть пишет Мах: элементы — это есть мои ощущения. С точки зрения элементов мира физических мы строим наше мироздание. Из атомов строим молекулы, из молекул мицеллы, из атомов и молекул кристаллы. В общем, из этих элементов мы конструируем наш мир. Этот подход в корне противоположный. Элементами мира у него являются наши ощущения и наши восприятия, из которых мы затем строим мир. То есть он включает в картину мира человека.

Опять об опыте Майкельсона-Морли. С точки зрения классической физики всё нормально. С её точки зрения получается, что время не равно в описанном случае. Громадное количество усилий было сделано, чтобы спасти классическую физику. В 30-е годы во время советской власти приезжал американец, который доказывал, что опыт Майкельсона-Морли подтверждает классическую физику.

С точки зрения современного физика кажется не очень хорошо строить образ мира, исходя из наших ощущений. А почему нет? Ведь наши ощущения — это то, что наиболее близко нам и то, что мы испытываем. Махизм был в этом отношении такой философией, которая если и не симпатична, но, тем не менее, она возможна.

2. 5. Пьер Дюгем и закон Декарта-Шнелла

Пьер Дюгем (1861-1916 гг.). Он жил фактически одновременно с Махом. Мах всё же выше Дюгема, так как он был революционным мыслителем, его даже выдвигали на Нобелевскую премию, но он не получил её. В России были физики, которые были достойны премии: Мандельштам и Ландсберг, которые открыли комбинационное рассеивание света, но тогда премию получил физик Раман. Но это вопрос социальной истории науки.

Как менялись представления физиков о мире? Последователем или близким человеком к Маху был Пьер Дюгем, французский философ. Он тоже не исходил из того, что существует объективная реальность, которая дана в ощущении, а исходил из того, что существуют наши ощущения, а вот эти ощущения являются первичным механизмом, из которого строится физика. Пьер Дюгем наиболее интересен своей критикой различных классических объяснений в физике. Обычно объяснения были механическим. Очень часто всё сводилось к построению механической модели. Дюгем вообще не жаловал объяснения, но предпочитал видеть описания. Но их он видел таким же образом, как Эрнст Мах. То есть состоящие из ощущений, восприятий мира. Какой пример привести объяснений, которое критикует Дюгем? Их множество. Вот одно из них.

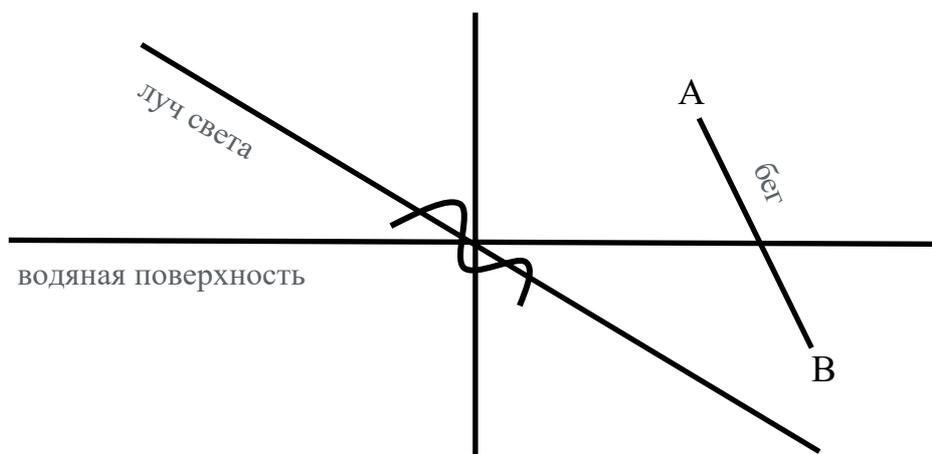


Рисунок 2. 4. Принцип наименьшего времени

Оно заключается в том, как идёт свет. А свет преломляется, и вот есть закон Декарта-Шнелла (рисунок 2. 4). Как объяснить соотношение вот этих углов: альфа и бета? Оказывается, можно объяснить. Делается это так. Закон связывает эти углы преломления и падения угла. Вот поверхность воды (абсцисса). Но более глубокое объяснения даёт Ферма. Он утверждает, что мы используем принцип наименьшего времени. В фейнмановских лекциях по физике такой пример: вы находитесь в одном месте (выше), а ниже тонет девушка, а вы быстрее бегае, чем плавате. Вы пытаетесь больше пробежать и поменьше проплыть. Это и есть принцип наименьшего времени (принцип Ферма), из которого можно вывести Закон Декарта-Шнелла. Диагональ – луч

света. Линия между точками А и В — бег. Объяснений огромное количество предлагается и в физике, и в математике, и в химии. Это интересное объяснение, поскольку в нём заложена некоторая телеология. Поскольку вы не объясняете устройства этих лучей и т. д., а в целом объясняете это исходя из количества времени, которое будет потрачено. Закон Декарта-Шнелла утверждает границы. А если придумать какой-то другой луч света, который затратит больше времени, а он не совпадет с этим законом, то объяснение будет нарушено.

К закону Декарта-Шнелла:

1. Закон Декарта-Шнелла (соотношение угла падения и угла преломления)
2. Зависимость скорости волны от показателя преломления
3. Принцип наименьшего времени
4. Философия конечных причин

Как известно, Аристотель выделял 4 причины: материальную, формальную, действующую и целевую.

Закон Декарта-Шнелла — закон, непосредственно действующий из того, что мы наблюдаем. Зависимость скорости волны от показателя преломления — это то же близкая вещь. А принцип наименьшего времени (рисунок 2. 4)— это уже теоретический принцип. Философия конечных причин — это уже некоторая формулировка принципа наименьшего времени. Оказывается, трудно отделить физику от метафизики. Этот пример скорее не в пользу нашего героя Дюгема, а призывает с ним поспорить. Когда Дюгем приводит в пример споры между метафизиками, которые касаются одной и той же физики, он достаточно убедителен, в том числе в том, что метафизика излишня.

Что говорил сам Дюгем? Дюгем, когда он приводит всякие споры метафизические, которые касаются одной и той же физической проблемы, здесь он более убедителен. Он приводит в пример письмо, которое Гюйгенс, отправил Лейбницу. «Что касается объяснения, которое даёт явлению прилива Ньютон, то оно меня столь же мало удовлетворяет, как и все другие теории, основанные на принципе притяжения, представляющим, по моему мнению, чистейший абсурд». — Гюйгенс Лейбницу. Ньютон и ньютонианцы исходили из того, что слово «притяжение» присуще каждой отдельной частице материи. Частицы движутся друг относительно друга и взаимно притягиваются.

Декарт отрицает за материей всякие другие свойства, кроме размера, движения, различия фигуры и движения. Закон сохранения количества движения исходит из того, что тело имеет определённый объём и скорость. Понятия массы у Декарта не было, оно появится позже. И вот получается спор между картезианцами и ньютонианцами. Картезианцы объясняли движение планет, исходя из гипотезы вихрей. Вихри переносят планеты, которые движутся вокруг центральных тел. Вихри состоят из земли, воздуха и

огня. Ньютон критиковал эту концепцию в своих «Математических началах» во второй главе.

Физическая теория по Дюгему — это не есть объяснение (это метафизика, наглядные построения и т. д.), это система математических положений, выведенных из небольшого числа принципов и имеющих целью выразить возможно проще, точнее цельную систему экспериментально установленных законов.

Лекция 3. Логика и философия квантовой механики

3.1. Что такое знание?

Что такое вообще знание? Один классик писал: ну как же быть, ведь человек дорос, чтоб знать ответ на все свои загадки. А вот вопрос: «что значит знать?». С этим не всё в порядке. Один советский философ Павел Васильевич Копнин начинает свою книгу словами: «я не знаю, что такое знание». Это очень неприятная вещь, если это произносит философ. Это значит, что он не понимает своей главной задачи. Философ может не знать, что такое биогенетический код, что такое метagalactica, но он должен знать, что такое знание. Если он не знает этого, то это чревато тем, что он не может выполнить свою профессиональную функцию. А профессиональная функция — это значит знать, что такое знание для философа. К сожалению, этот директор Института философии Павел Васильевич Копнин очень недолго был директором, и, возможно, институт философии пошёл бы по другому пути. Это было давно в 1980-х или даже раньше. Если бы так ставился вопрос, то, возможно, наша философия получила бы дополнительный импульс развития, а значит и дополнительные знания. Одна из важнейших черт философии состоит в том, чтобы знать, что такое знание.

3.2. Основы логики

Для того, чтобы знать, что такое знание, приходится пользоваться логикой. Ничего более для этого не придумано. Логика была создана ещё Аристотелем. Были силлогизмы. Более поздняя логика ближе к пониманию того, что есть знание. Какие есть законы логики? Логика — явно и неявно входит в математику, а последняя — это основа науки. Есть определённые логические значки (коннекторы): $\&$ (и), \vee (или), \neg (отрицание), \supset (импликация). Каким образом они задаются?

A	$\neg A$
И	Л
Л	И

Таблица истинности для отрицания

Примечание: в лекции в отношении таблицы истинности для дизъюнкции сказано, что это закон

$A \vee B$	A	B
И	И	Л
И	Л	И
И	И	И
Л	Л	Л

Таблица истинности для дизъюнкции

исключённого третьего, но это ошибка. Закон исключённого третьего: $A \vee \neg A$.

Пример: есть карандаш. Он не является красным карандашом и не является голубым карандашом, тогда он не является красным карандашом или не является голубым карандашом.

Пример для отрицания: есть красный карандаш. Отрицание красного карандаша означает, что он какого-то другого цвета. А если карандаш не красный, то отрицанием его является красным карандашом.

Это элементарная школьная логика. Она нужна, чтобы вспомнить эти значки. А и В есть некоторые предложения. Они могут быть истинными или ложными. Поскольку они так устроены, что они могут быть истинными или ложными, то возникает необходимость строить таблицы истинности. Если бы у нас была неопределённость, например, карандаш не красный и не жёлтый. Разумеется, у нас не получились бы эти таблицы истинности. Путём того, что у нас есть истина и ложь, и у нас есть разные значки, которые могут быть истинными и ложными, мы получаем вот то, что у нас получается, то, что мы называем элементарной логикой.

Логика, разумеется, не может охватить всё то, что мы знаем. Логика охватывает элементарные формы нашего знания. Эти формы знания проходят на юридических факультетах и философских факультетах. Но, естественно, отсюда не следует, что если мы знаем логику, то мы знаем структуру нашего знания. Есть примеры того, что мы можем из каких-то значений истинности получать другие значения истинности. Причём это делается с железной необходимостью, это уже достижение нашей логики. В первом приближении знать — это значит уже знать логику, то есть знать то, что связывает наши знания. Их можно реконструировать в виде предложений или высказываний (propositions). Если у нас есть исчисление высказываний, то мы уже можем ориентироваться в знании, мы можем уже избежать каких-то грубых и явных ошибок. Разумеется, нужно двигаться дальше. Я не буду сейчас говорить о других логиках, об исчислении предикатов, о модальной логике, о других логиках, которые тоже имеют большое значение. Их много.

Вот эта книга «Введение в математическую логику» Мендельсона. Замечательными книгами по математическим логикам также являются книги Клини. Его «Введение в метаматематику» является очень чёткой и короткой книгой. Другая его книга «Математическая логика» — более объёмная работа.

Как бы мы не радовались возможности выразить при помощи значков наши знания, всё-таки знание идёт дальше этих значков. Либо нужно больше значков, что нас запутает, и в результате вместо логики мы получим путаницу. Или на знание нужно смотреть с другой стороны. Что значит знать? Знание состоит из предложений, а предложения состоят из слов. А предложения могут быть истинными и ложными. Вы должны помнить, что из предложений складываются тексты. А тексты это уже объекты

более высокого порядка, чем совокупности предложений. Если мы можем разобрать какую-то совокупность предложений при помощи значений истина и ложь, то это не значит, что тоже самое мы можем сделать и с текстами.

В любом случае ясно, что такие элементарные вещи как логика высказываний или исчисление предикатов, они ещё не дают того, чтобы проникнуть в глубину того, что значит знать. А что значит знать, вопрос довольно-таки сложный.

Давайте теперь отвлечёмся и перейдём к более сложным вещам, таким как квантовая механика. Мы уже разобрались с логическим «или» и отрицанием. Мы можем ввести также важное понятие импликации. С импликацией связаны парадоксы. При всяком А ложном и В истинном или ложном всегда будет истина. Это такая вещь неочевидная, почему если у нас связана истина и ложь, то вот возникает истина. Тем не менее, для того чтобы сошлись все логические значки, то мы должны пользоваться, в частности, и импликацией. Импликация — это если А истинно, то В истинно. Таким образом нужно понимать импликацию.

$A \supset B$	A	B
И	Л	Л
И	Л	И
И	И	И
Л	И	Л

Таблица истинности для
импликации

Мы взяли самые простейшие вещи. Логика даёт возможность разобраться, что же такое наш язык. Можно разбираться дальше. Строить для различных задач, для различных фрагментов языка свои логики. Это один из путей. Или можно аскетически пользоваться нашим языком, тогда он тоже подойдёт к логике.

3. 3. Опыты Майкла Редхеда

Теперь я хотел бы перейти сразу с места в карьер к квантовой механике. В квантовой механике тоже есть логика, но логика там возникает на самых высоких этажах. Я бы хотел при помощи таких логических значков показать, что же такое квантовая механика и на что она может претендовать. Вот у нас некоторый источник электронов или каких-то других частиц (рисунок 3. 1). У нас могут быть разные ситуации, разные

приборы. Если мы берём приборы неподвижные, вот такую диафрагму. Здесь у нас вот экран. Электроны, идущие через такое отверстие — они либо попадают, либо не попадают. Те, которые попадают, мы их измеряем. Их координата есть x . Это не какое-либо достижение, это просто во многих курсах есть. Не во всех есть.

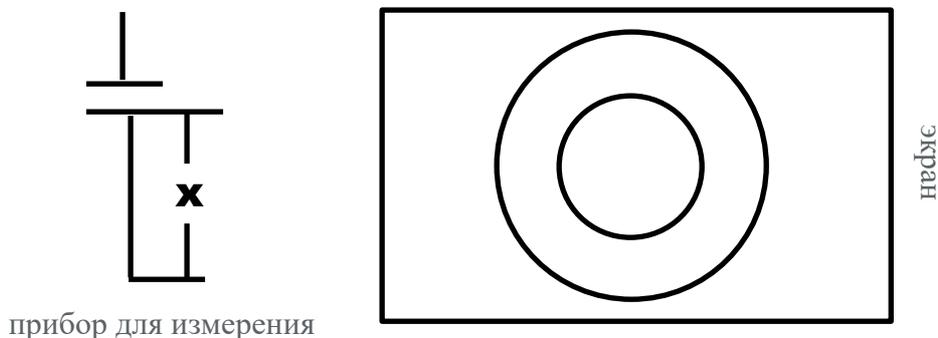


Рисунок 3. 1. Первый опыт

В квантовой механике есть множество мысленных экспериментов. Потому что квантовые частицы, микрочастицы ведут себя и как поле, и как частица, и как волна. Поэтому здесь очень можно запутаться. Для чего мы это всё делаем? Для того, чтобы разобраться в структуре нашего знания.

Майкл Редхед (Michael Redhead). В переводе «красная голова». Ныне здравствующий философ Кембриджского университета. Он написал книгу «Incompleteness, inlocality and realism». Неполнота (incompleteness) — это значит неполнота, это значит, что мы не имеем полной информации по отношению к той, которую мы хотели. Что касается нелокальности (inlocality), это значит, что мы не можем сказать, что точка — это есть нечто, тот объект, который мы хотим разобрать. При всякой попытке его изобразить, она начинает расплываться.

Давайте рассмотрим эти три случая. Первое — это пушка электронов, источник электронов. Это обычный эксперимент квантовой механики, он есть во многих книгах. Это отверстие, которое одновременно пропускает частицу и одновременно измеряет его координату. Когда мы говорим x координата, мы же не имеем в виду координаты на плоскости, мы просто высоту измеряем. Вот это x — это и есть координата данной частицы. Мы предполагаем, что это достаточно тонкая штука, что это достаточно тонкая щель. Что касается экрана, то здесь будет, как если бы вы в занавеске проткнули гвоздём отверстие, то вокруг него образуется вот такая совокупность кружков. Вот это только один из возможных путей. Если мы берём вот это, то мы мало знаем о квантовой механике.

Поэтому мы берём и второй опыт (рисунок 3.2). В данном случае опять будет экран и опять источник электронов. А здесь уже будут не круги, а будут такие вот точки. Дело в том, что электрон может вести себя по-разному. Выше он ведёт себя, как волна.

Он проходит через подвижный измеритель, который измеряет его проекцию на ось x . Вверху просто идёт речь о размере, об отношении отверстия к точке x . Здесь же мы так устроили прибор, что он подвижный, и теперь он изменяет импульс. Импульс в простейшем случае в школьной физике — это произведение массы на скорость ($p = mv$). В данном случае же можно считать его первичной величиной, просто импульсом. И вот в результате того, что здесь попадают электроны, это часть сдвигается вниз, и мы измеряем импульс того, насколько электрон сдвигается вниз. Важно то, что координату и импульс мы измерить не можем. Здесь, то есть вверху, при таком устройстве мы измеряем координату, а при устройстве, что ниже, мы измеряем импульс.

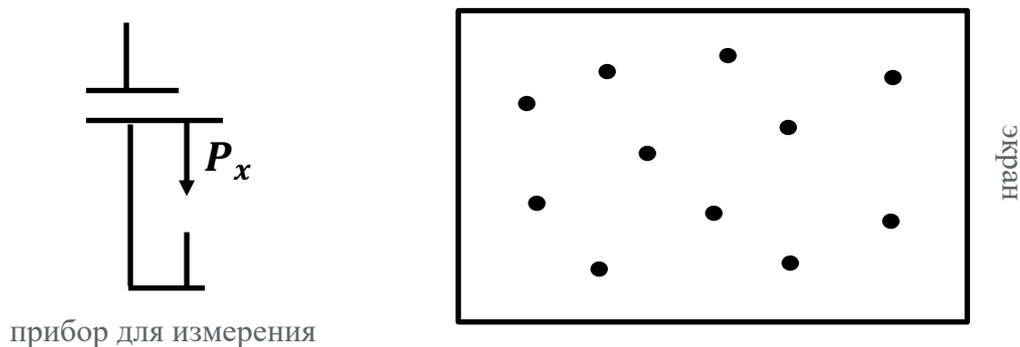


Рисунок 3. 2. Второй опыт

3. 4. Концепция дополнительности Нильса Бора

Здесь идёт речь о самых простых опытах в квантовой механике, опытах вообще объясняющих, что такое квантовая механика. Что мы можем сказать? Если у нас есть прибор, который измеряет x , он не может измерить скорость этой частицы. Здесь существует концепция дополнительности, которую в своё время ввёл Нильс Бор. Как ни крути, мы не можем измерить здесь и то, и то. У нас ситуация такая. У нас возникает отношение дополнительности. По-английски complementarity. Мы либо измеряем частицу, либо измеряем импульс. Есть и другие ситуации, где тоже встречается эта концепция дополнительности, но ради простоты мы их опустим. У нас источник электронов. А как быть, если у нас нету прибора. Фактически это означает, что мы с квантовой механикой работать не можем. Квантовая механика предполагает особенность. Прибор создаёт человек, но это либо какая-то диафрагма, либо измеритель импульса. Его создаёт человек и, более того, он выбирает, где и какой прибор использовать. Отсюда возникает эта концепция дополнительности, которую ввёл Нильс Бор. Мы либо должны пользоваться одним прибором, либо другим прибором. Одновременно и тем и другим у нас не получится пользоваться.

То, что я здесь изложил, это обычная картина, которая свойственна копенгагенской интерпретации квантовой механики. То, что у нас существуют два вида приборов, и мы вынуждены пользоваться одним из них. Стоит заметить, что квантовая механика — это наука о природе. Она началась с того, что изучала строение атома. Изучал его Нильс Бор. Сначала предполагали, что атом очень похож на планетарную систему (рисунок 3.3). Вот Солнце (ядро), а вокруг него движутся электроны. По многим причинам эта позиция встретила с большими трудностями. Она фактически не прошла, и там много было трудностей. В частности, как электрон переходит с одной орбиты на другую? Если смотреть, как вот всё в классической физике, то не получится совпадения с опытом и не получится вообще полной картины того, что мы хотим изобразить. Поэтому в конечном итоге эта картина была подвергнута критике.

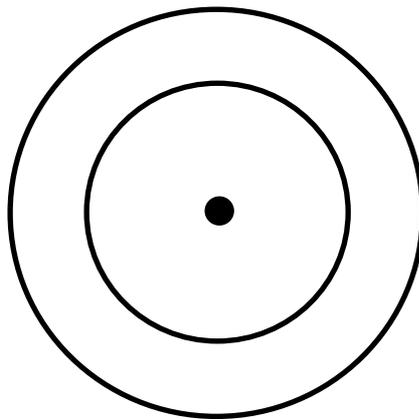


Рисунок 3. 3. Строение атома как планетарной системы

3. 5. Создание квантовой механики Вернером Гейзенбергом. Интерпретации квантовой механики

Кто же был родоначальником квантовой механики? Им стал Вернер Гейзенберг. Он был учеником Нильса Бора. Поэтому противопоставлять их не надо. Он перешёл некоторую грань, взглянул на дела по-другому. А именно так у нас возникает что-то новое. Если мы забываем про старое, и смотрим на что-то новое. Гейзенберг в 1925 году опубликовал статью о квантовой механике, и в ней он пишет, что данная статья использует одни наблюдаемые величины. Эта статья не очень многим понравилась. Почему? Потому что это очень напоминает то, что писал Мах. Мы имеем спектр, толщину спектра, интенсивность спектральной линии, потом из них мы можем составить композиции и высчитывать частоты. Но в принципе мы не выходим за пределы того, что наблюдаем. Первая фраза в этой статье — это то, что мы используем только непосредственно наблюдаемые величины. Махом эта позиция была доведена до философского осмысления. Что, дескать, если мы хотим понять истину, мы должны следовать тому, что нам непосредственно дано. Приблизительно так же считал и Дюгем,

предисловие к книге о физической теории которого, написал Мах. Этого придерживалось и более людей. Что у нас есть? Мы берём электрон, ядро, электронные переходы. У нас есть картинка. Откуда мы берём наши цифры, наши формулы, наши знания? Наверное, это и до сих пор физикам старшего поколения кажется не очень хорошо. Тем более они читали «Материализм и эмпириокритицизм» Ленина, а там сказано, что это плохо.

Есть некоторые спектры изображения, и здесь мы, собственно, и должны решать свои проблемы. Мы можем строить разные модели, строить метафизические модели, например, исходя из того, как строил их Декарт, который исходил из Бога, что Бог всесовершенен. Там более сложная история. Бога Декарта надо было вывести. Всемогущий Бог появляется в результате множества различных рассуждений. И Декарт приходит к тому, что я, вот, во всём сомневаюсь, а потом я прихожу к тому, что, если я во всём сомневаюсь, то это значит, что я мыслю, а если мыслю, то значит и существую. Отсюда уже Декарт приходит к Богу. Сначала у него такая вот сумятица в голове, не поймешь, что, толи мыслю я, сомневаюсь. Но начиная с определённого периода интеллектуального развития, он понимает, что кто-то его направляет. Если раньше он сомневался, то теперь он пришёл к той истине, которую он считает несомненной. Я мыслю, следовательно существую. Это вот такой переход от хаоса к определённости, на современном языке антиэнтропийный переход, и был ключом для Декарта. Именно здесь Декарт пришёл к мысли, что во главе всего стоит Бог. Кто мог вообще поставить меня на путь истинный? Если уже есть Бог, то все законы природы — они не могут обманывать, потому что это означало бы, что Бог меня обманывает. Потому что если я говорю, что импульс сохраняется, то из это следует, что я достиг определённого уровня знания. Кто мог это мне внушить? Сам по себе я прихожу только к сомнению. Если импульс сохраняется, то это уже означает, что есть Бог, который меня направляет. Это закон сохранения импульса. У Декарта был второй закон, такой же, как у Галилея: всякое тело будет сохранять состояние покоя, если на него не воздействует какое-либо другое тело. Это тоже очевидно, и то же было бы несправедливо, если бы Бог нас обманывал.

Возникли две совершенно противоположные картины. Мы видим, что идут споры о квантовой механике, и раньше были споры между картезианцами, ньютонианцами. Позднее к ним присоединились лейбницианцы. Ньютон сам не участвовал в этом, но участвовал его ученик Кларк. Начались всякие дискуссии, и возникает вопрос: где же истина? И это очень сложный вопрос. Мы видим, что, когда мы рассматриваем квантовую механику, у нас есть разные случаи. Один прибор мы поставили — у нас одна картина, второй прибор мы поставили — у нас иная картина. Это вот называется принцип дополнительности. Но вот мы с вами начали с того, что надо построить систему знания. Мы действительно её строили. Мы можем строить всяческие законы, но вот избежать проблем и избежать того, что у нас происходят всяческие нестыковки в нашем развитии знания, к сожалению, этого не удаётся сделать. Когда речь идёт о квантовой механике — это XX век. Нильс Бор ввёл понятие дополнительности.

Он исходил из того, что существует два ряда приборов. И каждый из этих приборов по-своему изображает мир. Как ни крути, всё равно позиция Нильса Бора была подвергнута критике, и возникли десятки интерпретаций квантовой механики. По желанию можно посмотреть Стэнфордскую энциклопедию философии по этой теме. Там можно найти штук десять интерпретаций квантовой механики: модальную, многомировую и т. д. Модальная тоже распадается на несколько. Сплошь и рядом у нас возникают всякая путаница, всякие проблемы. «Успехи физических наук» — журнал. В нём публикуется много статей по философии квантовой механики. Эта тенденция наблюдается в последние годы.

Получается какая-то неопределённость. Есть книга о Вернере Гейзенберге, которая так и называется так «Uncertainty», то есть неопределённость. Это что-то вроде биографии о нём. У него и судьба такая, очень своеобразная. Он был и с фашистами, не вполне им противостоял. Хотя его никто не обвиняет. Но всё-таки достаточно интенсивной борьбы с этим мы от него не видим. Но это второй или первый физик мира. Он много сделал в квантовой механике и после окончания второй мировой войны.

Можно, конечно, и нужно дать какое-то логически совершенное изложение квантовой механики. Такое изложение дано в нашей отечественной книге Ландау и Лившица. Некоторые трудные философские вещи там опущены. Ну вот, например, недавно, лет 20 назад умер Карл Поппер. У него тоже была своя интерпретация квантовой механики. Она была достаточно известна и авторитетна. Он очень много писал о квантовой механике с молодости, начиная где-то с 20-х годовых. Первые его статьи появились в 1934 году. Он был школьным учителем физики. Написал письмо Эйнштейну. Тот ответил ему. Началась дискуссия о том, как вообще устроена квантовая механика. Сейчас я изобразил различные точки зрения о квантовой механике. Есть и другие парадоксы, например, парадокс кота Шрёдингера.

Я постараюсь изложить это далее более систематически. Выделить основные пункты интерпретации квантовой механики. Сейчас есть много теорий, которые пошли ещё дальше: космологии, космогонии. Это одна из тех теорий, о которой до сих пор физики спорят. Вот, например, я упомянул Эрнста Маха, который был в каком-то смысле предшественником Вернера Гейзенберга. Он исходил из того, что можно наблюдать, из того, что мы наблюдаем, видим. Вспомним, как в прошлой лекции я говорил о Махе и Дюгеме. У Маха были элементы мира. Это некоторые краски, то, что мы чувствуем, то, что мы воспринимаем, когда мы обращаемся к миру. Сам мир мы не воспринимаем. Кто-то не согласится, и скажет, что всё надо воспринимать вместе. Элементы мира — это фактически наши ощущения, но не просто ощущения, которые инварианты.

Квантовая механика началась с того, что Гейзенберг решил не заниматься тем, как устроены атомы, а стал заниматься тем, что он наблюдает, и вот так родилась квантовая механика, к которой он пришёл в 1925 году.

Лекция 4. Евклидова геометрия и аксиоматика Давида Гильберта

4. 1. Постулаты евклидовой геометрии

На прошлых лекциях мы критически смотрели на развитие математики и физики, дабы понять, в чём же дальше должна состоять наша работа. Мы в основном видели критические части: элементы мира Маха. Они сами по себе не создают концептуальной основы для физики и математики, также как и идеи Дюгема. Они создают такую критическую часть. Они как бы открывают место для того, чтобы начать строить теорию позитивно. Речь идёт о теории обоснования физики и математики, теории, которая должна расставить всё по своим полочкам. И не оставить недосказанное недосказанным. Это, конечно, максимальное требование. Тем не менее, нужно зафиксировать, что мы сегодня делаем. В отличие от предыдущих лекций, где мы освещали критику физики конца XIX — начала XX века, мы будем позитивно излагать, как наше мышление стало двигаться позитивно. Начать, правда, надо не с XX века, а вернуться к очень-очень давнему времени. А начать надо с аксиом Евклида. Затем можно перейти к более современному изложению математики — Гильберту. У него есть два изложения: первое опирается на естественный язык, а второе изложение символическое. В принципе можно не опираться на чертёж.

Евклид — это где-то III век до н. э. Затем нам придётся совершить скачок к XX веку. Тем не менее, без Евклида невозможно. Он создал некоторые каноны того, под чем нужно понимать основания математики. Его построение состоит из 3 частей: постулаты, аксиомы и определения. Постулаты близки к тому, что сейчас имеется в виду под определениями. Начнём с постулатов, поскольку они задают тот тон, в котором вообще идёт дальнейшее изложение оснований математики. Постулаты в современном изложении можно было бы назвать и аксиомами. Евклид ввёл 5 постулатов, которые до сих пор живут и просветляют нас, и служат точкой отсчёта для дальнейшего развития математики, если взять её основания. Во времена Евклида математика была уже в виде решения задач, а не просто в виде построения логической цепи.

Постулаты Евклида:

1. Из всякой точки до всякой точки можно провести прямую линию
2. Всякую ограниченную прямую можно непрерывно продолжить
3. Из всякого центра всяким раствором циркуля может быть описан круг
4. Все прямые углы равны между собой
5. Если прямая, падающая на две прямые, образует внутренние и по одну сторону углы, в сумме меньшие двух прямых, то продолженные

неограниченно эти прямые встретятся с той стороны, где углы меньше двух прямых (рисунок 4. 1)

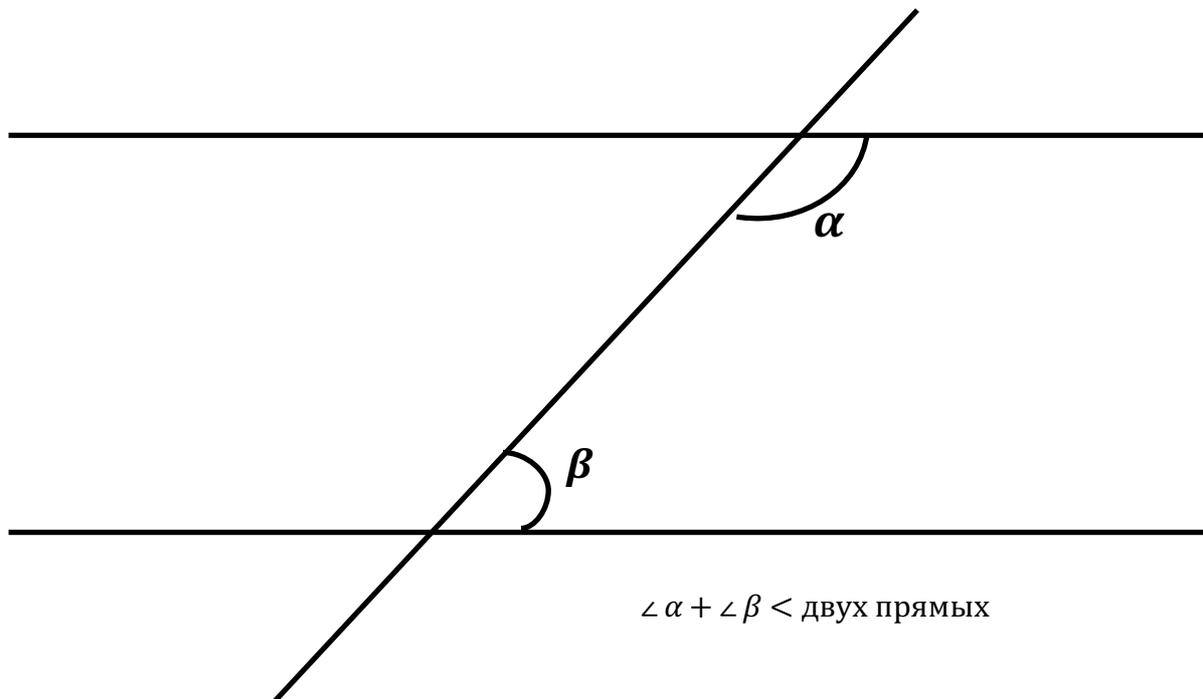


Рисунок 4. 1. Аксиома о параллельности прямых Евклида

Вот это пять знаменитых постулатов Евклида, которые также называют и аксиомами. На них основывается геометрии. Эти постулаты просуществовали, как основы математики, довольно долго. Только в конце XIX — начале XX века Давид Гильберт изменил стиль построения геометрии, хотя в целом осталось вот это словесное построение геометрии. Затем будет символическое, формульное построение геометрии. Кроме постулатов, у Гильберта есть аксиомы и определения, которые имеют большое значение. Аксиомы как бы регулируют применение постулатов. И они скорее похожи на алгебру.

4. 2. Аксиомы и определения евклидовой геометрии

Аксиомы евклидовой геометрии:

1. Равные одному и тому же равны между собой $a = b$, $a = c$, $b = c$
2. Если к равным прибавляются равные, то и целые будут равны $a = b$, $a + c = b + c$
3. И если от равных отнимаются равные, то остатки будут равны
4. И если к неравным прибавляются равные, то целые будут не равны
5. И удвоенные одного и того же равны между собой
6. И половины одного и того же равны между собой

7. И совмещающиеся друг с другом равны между собой
8. И целое больше части
9. И две прямые не содержат пространства

Главное — это постулаты. На этих постулатах строится геометрия. Они просуществовали довольно долго, во всяком случае до Лобачевского, разумеется, в более рафинированной форме. Далее идут определения. С ними всё несколько сложнее. Во многих случаях определения опускаются, так как считается, что постулаты содержат в себе определения. Мы будем дальше говорить о геометрии Гильберта, там такая картина, что дальше нет определений.

Определения:

Определение 1. Точка — есть то, что не имеет частей. Несколько философский постулат, так как непонятно, что такое часть. Но можно понять интуитивно, что точка — это мельчайшая часть какой-то геометрической фигуры, где делить уже не имеет смысла дальше.

Определение 2. Линия — это длина без ширины. То есть уже не может быть.

Определение 3. Прямая линия — это та, которая равно расположена к точкам на ней.

Определение 4. Далее идёт стереометрия, которой мы касаться не будем. Лишь поверхностно.

Определение 5. Поверхность — это то, что имеет только длину и ширину.

Определение 6. Плоская же поверхность — эта та, которая равно расположена по отношению к прямым на ней.

При изложении оснований геометрии мы не будем говорить о стереометрии, мы будем говорить только о планиметрии.

4.3. Аксиомы связи Гильберта и доказательство теорем

Следуя книге нашего замечательного математика, специалиста по математической логике, ученика Колмогорова Владимира Александровича Успенского мы переходим к следующей части. Прошло много времени и вот была построена современная аксиоматическая геометрия. Построена она была Давидом Гильбертом. Мы берём её только как геометрию на плоскости. Особенности этой геометрии Гильберта в том, что в ней нет определений. Вообще в этом есть некоторый глубокий смысл. Все понятия определяются в некоторой системе аксиом. Точка — это то, что соответствует тем аксиомам, где упоминается точка. Также и с прямой. Интересно, что и у него его два постулата, с которых он начинает свою специальную теорию относительности, тоже так

построена, что в ней нет определений. Понятия определяются в контексте тех аксиом, в которых они фигурируют, в которых они содержатся.

«Математика – наука точная, приблизительность ей не к лицу. И математик должен совершенно точно знать, каким именно понятием он оперирует. И вот аксиоматический метод как раз предлагает выход из этого тупика. Чтобы понять этот выход, надо осмыслить встающие перед нами проблемы. Мы хотим говорить о некоторых понятиях, причём совершенно точно, но точности наших рассуждений мешает то, что нет определений этих понятий. Тогда мы поступаем так: мы выписываем свойства этих понятий, а именно те свойства, на которые мы будем опираться в наших рассуждениях. Дадим себе обещания не использовать в своих рассуждениях никаких иных свойств, кроме тех, которые внесены в список наших свойств». — из книги Успенского. Мы фиксируем в аксиомах свойства тех объектов, с которыми мы имеем дело, и мы никаких свойств не используем.

Мы изложим не всю аксиоматику Гильберта. Это необходимо для того, чтобы понять, куда движется основания математики, куда вообще движется аксиоматический метод.

Следуя книге Успенского, мы опускаем его дальнейшие рассуждения, которые касаются стереометрии и некоторые другие рассуждения.

Аксиоматика Гильберта:

Аксиома 1.1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.

Аксиома 1.2. Каждой прямой принадлежит по крайней мере две точки.

Аксиома 1.3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.

Давайте оперировать вот этими аксиомами связи (или принадлежности).

Доказательство теорем.

Теорема 1. Две различные прямые не могут иметь более одной точки, принадлежащей им обеим.

Казалось бы, очень простая теорема. Здесь используется доказательство от противного.

Доказательство:

1. Пусть прямые p и q будут иметь две общие точки, принадлежащие им обоим.
2. По аксиоме 1. 1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.

Это противоречие доказывает теорему.

Теорема 2. Пусть прямая проходит через две различные точки, а третья точка не лежит на этой прямой. Тогда не существует прямой, проходящей через все эти точки.

Доказательство:

1. Пусть прямая проходит через две различные точки, а третья точка не лежит на этой прямой. При этом существует прямая, проходящая через все эти точки.
2. По аксиоме 1.1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.

Это противоречие доказывает теорему.

Теорема 3. Для любых двух различных точек найдётся такая точка C , что A , B и C не лежат на одной прямой.

Доказательство 1:

1. Пусть p — прямая, проходящая через точки A и B . Она существует в силу аксиомы 1.1. Существует точка C , которая лежит на этой прямой p .
2. По аксиоме 1.3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.

Это противоречие доказывает теорему.

Доказательство 2:

1. По аксиоме 1.1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.
2. По аксиоме 1.3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.
3. В силу T2 не существует прямой, проходящей через все три точки.

Если бы все три точки лежали на одной прямой, то это противоречило бы аксиоме 3.

4.4. Аксиомы порядка Гильберта и доказательство теорем

Теперь нужно посмотреть, как строится система аксиом Гильберта. Вторая группа аксиом Гильберта — аксиомы порядка. Смысл всей аксиоматизации Гильберта в том, чтобы всё прописать. Чтобы ничего в качестве такого интуитивного момента само собой не проскальзывало. Во второй группе аксиом также точки и прямые, но есть ещё отношение между.

Аксиома 2. 1. Если точка B лежит между точками A и C , то все три точки различны.

Аксиома 2. 2. Если точка B лежит между точками A и C , то все три точки лежат на одной прямой.

Аксиома 2. 3. Если точка B лежит между точками A и C , то B лежит между точками C и A .

Аксиома 2. 4. Для любых двух различных точек A и B , существует такая точка C , что B лежит между A и C .

Аксиома 2. 5. Единственности промежуточные точки. Среди любых трёх точек существует не более одной лежащей между двумя остальными.

Здесь вводится понятие порядка точек. Оно не формулируется, как некоторый принцип порядка. Просто выделяется некоторая группа аксиом, что позволяет говорить о порядке или позволяет интерпретировать эти отношения порядка.

Само понятие между прорабатывается в этой системе аксиом. Отношение между предполагает различие.

Доказательство теорем.

Теорема 1. На каждой прямой лежит не менее трёх точек.

Доказательство:

1. Пусть p — прямая. По аксиоме 1. 2. на этой прямой находятся различные принадлежащие ей точки A и B .
2. По аксиоме 2. 4. Для любых двух различных точек A и B , существует такая точка C , что B лежит между A и C .
3. По аксиоме 2. 1. Если точка B лежит между точками A и C , то все три точки различны.
4. По аксиоме 2. 2. Если точка B лежит между точками A и C , то все три точки лежат на одной прямой.

Поскольку прямая только одна, то на ней и лежит эта точка C .

- Сумма углов всякого треугольника равна удвоенному прямому углу.
- Сумма углов во всяком треугольнике одна и та же.
- Существует два треугольника, у которых углы попарно равны, а противоположные этим стороны не равны.

Эти три предложения равносильны аксиоме о параллельных Евклида.

Наиболее просто это сформулировал Лобачевский: через всякую точку, не лежащую на какой-либо прямой, проходит не более одной прямой, которая не пересечётся с данной.

Лекция 5. Аксиоматика Давида Гильберта

5. 1. Аксиомы связи Гильберта и доказательство теорем

На прошлой лекции мы начали проходить геометрию Гильберта. Она идёт ступенями: сначала идут аксиомы первого порядка, потом идут другие аксиомы, третьи, и таким образом строится эта система. Эта система строится на естественном языке, а не на языке математики. В основе всего лежит язык математики. Но это здесь не главное. Главное проработать эти логические рассуждения, которые составляют сущность геометрии Гильберта. Гильберт шёл фактически за Евклидом. У Евклида был свой словарь: были понятия, список понятий, понятия имели определения. В этом смысле геометрия Евклида более наглядна. Она давала возможность выйти за пределы точек и взглянуть со стороны на те проблемы, которые она решала. Геометрия Евклида была достаточно узка и не могла решать проблемы, которые были важны для математики конца XIX века. Но в XIX веке математика тоже была различная, было много рассуждений, математических теорем, теорем математического анализа, которые не имеют непосредственно отношения к геометрии Гильберта. Тем не менее, они задают некоторый тон, определяют, каким образом мы движемся от менее абстрактного к более абстрактному. Сейчас мы будем говорить о геометрии Гильберта.

Что касается других аксиом и теорем, которые присутствовали в математике конца XIX века, то стоит сказать, что их было много, и они были очень важными. О них стоит говорить особо. Задача изучения системы Гильберта состоит в том, чтобы понять логику движения мысли, понять, что такое в то время означала математическая точность и строгость. У Гильберта как раз это всё есть. Для это нужно вчитываться в его аксиомы, и тогда станет понятно, что вот эти простые положения несут в себе тот заряд строгости, точности, который необходим для математики вообще. Начиная уже с Гильберта и далее, математика сильно менялась в XX веке. С Гильберта мы уже имеем каноническую систему математики. Соответственно, мы понимаем, что такое математическая строгость, точность и т. д.

Аксиомы Гильберта разбиты на группы. Мы будем говорить только о планиметрии. Определений здесь нет. Весь смысл понятий, которые использует Гильберт, заключен в аксиомах. В отличие от Евклида, где был список понятий и с ними строились аксиомы. Здесь понятия неявно определяются аксиомами. Аксиомы делятся на группы.

Аксиомы связи:

Аксиома 1. 1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.

Аксиома 1.2. Каждой прямой принадлежит по крайней мере две точки.

Аксиома 1.3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.

Всякие аксиомы имеют смысл, если имеют смысл теоремы.

Доказательство теорем.

Теорема 1. Две различные прямые не могут иметь более одной точки, принадлежащей им обеим.

Доказательство 1:

1. Пусть p — прямая, проходящая через точки A и B . Она существует в силу аксиомы 1.1. Существует точка C , которая лежит на этой прямой p .
2. По аксиоме 1.3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.

Это противоречие доказывает теорему.

Доказательство 2:

1. По аксиоме 1.1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.
2. По аксиоме 1.3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.
3. В силу T2 не существует прямой, проходящей через все три точки.

Если бы все три точки лежали на одной прямой, то это противоречило бы аксиоме 3.

Теорема 2. Пусть прямая проходит через две различные точки, а третья точка не лежит на этой прямой. Тогда не существует прямой, проходящей через все эти точки.

Доказательство:

1. Пусть прямая проходит через две различные точки, а третья точка не лежит на этой прямой. При этом существует прямая, проходящая через все эти точки.
2. По аксиоме 1.1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.

Это противоречие доказывает теорему.

Теорема 3. Для любых двух различных точек найдётся такая точка C , что A , B и C не лежат на одной прямой.

Доказательство 1:

1. Пусть p — прямая, проходящая через точки A и B . Она существует в силу аксиомы 1.1. Существует точка C , которая лежит на этой прямой p .

2. По аксиоме 1. 3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.

Это противоречие доказывает теорему.

Доказательство 2:

1. По аксиоме 1. 1. Через каждые две различные точки проходит прямая и причём только одна.

2. По аксиоме 1. 3. Существуют три точки, не лежащие на одной и той же прямой.

3. В силу T2 не существует прямой, проходящей через все три точки.

Если бы все три точки лежали на одной прямой, то это противоречило бы аксиоме 3.

В таком духе развивается геометрия Гильберта.

5. 2. Аксиомы порядка Гильберта и доказательство теорем

Теперь вторая группа аксиом — аксиомы порядка:

Аксиома 2. 1. Если точка В лежит между точками А и С, то все три точки различны.

Аксиома 2. 2. Если точка В лежит между точками А и С, то все три точки лежат на одной прямой.

Аксиома 2. 3. Если точка В лежит между точками А и С, то В лежит между точками С и А.

Аксиома 2. 4. Для любых двух различных точек А и В, существует такая точка С, что В лежит между А и С.

Аксиома 2. 5. Единственности промежуточные точки. Среди любых трёх точек существует не более одной лежащей между двумя остальными.

Чуть позже мы будем говорить о второй системе Гильберта, которая будет использовать уже другой язык.

Теорема 1. На каждой прямой лежит не менее трёх точек.

Доказательство:

1. Пусть p — прямая. По аксиоме 1. 2. на этой прямой находятся различные принадлежащие ей точки А и В.

2. По аксиоме 2. 4. Для любых двух различных точек А и В, существует такая точка С, что В лежит между А и С.

3. По аксиоме 2. 1. Если точка В лежит между точками А и С, то все три точки различны.
4. По аксиоме 2. 2. Если точка В лежит между точками А и С, то все три точки лежат на одной прямой.

5. 3. Формальная аксиоматическая система Гильберта. Исчисление высказываний. Доказательство теоремы

Таким образом, мы прошли две группы аксиом Гильберта. Математика была в то время разветвлённой наукой, и необходимо было строить разные аксиомы и системы. Особенность системы Гильберта в том, что мы можем построить альтернативу системе аксиом Евклида. Например, знаменитая аксиома Лобачевского: через всякую точку, не лежащую на какой-либо прямой, проходит не более одной прямой, которая не пересечётся с данной. Но далее идёт другая аксиома, что это не так. Есть прямая, есть точка, есть множество прямых, которые пройдут через эту точку и не пересекутся с прямой.

Таким образом, если мы возьмём систему, где есть аксиомы Лобачевского, то мы имеем геометрию. Достаточно сложную геометрию. 1829 год — год, когда она была сформулирована. Эта была геометрия достаточно сложная. Был такой писатель Льюис Кэрролл, который написал «Алису в стране чудес» и многое другое. Он был противником геометрии Лобачевского, потому что она сложная. Он считал, что доказательство теорем в этой геометрии сложное.

Итак, мы разобрались, что такое вообще аксиоматический метод. Сначала мы говорили о Евклиде. Там свой язык, там отличаются аксиомы и постулаты. Далее мы пропустили буквально большое число веков и пришёл к тому, как трактовал этот вопрос Гильберт. Это было по-другому, это неформальная система Гильберта. Особенность этой системы в том, что все эти точки, прямые, точки, которые идут после точки и т. д. — все они подчиняются аксиомам Гильберта. Это и есть тот язык, на котором должна говорить строгая математика. Строгая математика, где мы можем быть уверены, что мы находимся на верном пути. Это система аксиом Гильберта. Но Гильберт не остановился на этом и пошёл дальше на пути формализации своей системы. Чтобы проиллюстрировать идеи Гильберта, мы возьмём его логику. Логика, конечно, была создана до Гильберта, но Гильберт излагал логику аксиоматически и строго. Это была строгая математическая теория.

Теперь мы выпишем аксиомы Гильберта, докажем какие-нибудь теоремы при помощи аксиом, а потом посмотрим какие здесь предпосылки.

У меня уже другая книга. Это одна из самых знаменитых книг по математической логике. Это Мендельсон — «Введение в математическую логику». Вообще если говорить о самых выдающихся книгах по металогики, то это Клини —

«Введение в метаматематику». Ещё есть книжка Клини, называется «Математическая логика». С то времени ушло много идей, много было высказано. Потом появилась теория категорий.

Для того чтобы понять язык математической логики, неплохо бы, конечно, знать вот эти логические коннекторы. Сейчас я их напишу (смотрите ниже), а затем мы перейдём к исчислению высказываний Гильберта.

Система аксиом Гильберта. Нам будет достаточно 3 аксиом, чтобы получить все остальные общезначимые предложения, то есть те предложения, которые являются истинными при любой подстановке вместо букв А и В слов истина и ложь.

Используются следующие значки: \supset (импликация), \neg (отрицание), \vee (дизъюнкция), $\&$ (конъюнкция) (в данной системе аксиом только отрицание и импликация).

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $(A \supset (B \supset E)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$

Это система аксиом Гильберта в интерпретации Мендельсона. Смысл здесь в том, что у нас отсутствует разговорный язык совсем. Здесь всё полностью формализовано. Создан особый язык, на котором высказаны основные идеи этой системы. На этом языке мы можем дальше её развивать, мы можем построить другую систему, но она тоже будет иметь скобки, импликации и т. д. Она будет более сложной и более длинной. Смотря для каких целей. В книге Клини «Введение в метаматематику» другая система аксиом. Это связано с тем, что они не допускают той экономии знаков. Все эти знаки вообще имеют определения. Они определяются при помощи таблиц истинности. Например, самое простое.

A	$\neg A$
И	Л
Л	И

Таблица истинности для
отрицания

$A \supset B$	A	B
И	Л	Л
И	Л	И
И	И	И
Л	И	Л

Таблица истинности для
импликации

Мы можем построить такие таблички для всех этих значков, которые здесь есть. Например, $A \supset B$.

Импликация определяется самым простым способом, что только в одном случае она является ложной. Только в том случае, если A является истинным, а B ложным. Здесь можно перестраивать эти значки, но задача наша более скромная. Мы не собираемся изучать математическую логику. Мы пытаемся понять, куда шло развитие формальной математики. Ведь у Гильберта и первое его изложение было достаточно формальным. Там была экономия значков: все три точки лежат на одной прямой и т. д. Это всё переводимо на человеческий язык. Можно понять, что так было, и всегда так будет. Но уже следующая программа Гильберта — это построение некоторой своей системы, некоторого своего языка, который не пересекается с языком естественным, где мы говорим о точках, прямых. Это уже другой язык. В нём тоже есть и аксиомы, и теоремы. Из аксиом выводятся теоремы. Исходя из первых двух строчек можно получать теоремы. Например, мы можем доказать, что $A \supset A$. У нас есть определённые правила вывода: правило *modus ponens* и правило подстановки. Эти правила записываются в метаязыке. Они описывают то, что здесь есть и плюс объясняют, как этим пользоваться.

Вот у нас есть эта система. Мы что-нибудь докажем. Логические значки можно определить друг через друга. Давайте докажем одну самую простенькую теорему, исходя из того, что мы здесь написали. Третья аксиома нам сейчас не потребуется.

Давайте построим самое простое доказательство, которое только может быть в мире при помощи вот этих аксиом. Так строится математическая логика. Бывают и другие исчисления, и другие формулы. В некоторых случаях доказательства бывают трудные. И тогда приходится пользоваться так называемой теоремой о дедукции. В том случае, который я сейчас передам, это не требуется.

Вообще эта система называется формальным доказательством.

Доказательство теоремы $A \supset A$:

1. $(A \supset ((A \supset A) \supset A)) \supset ((A \supset (A \supset A)) \supset (A \supset A))$ – подстановка вместо B формулы $A \supset A$ и вместо C формулы A в схему $A2$
2. $A \supset ((A \supset A) \supset A)$ – подстановка вместо формулы B формулы $A \supset A$ в схему $A1$
3. $(A \supset (A \supset A)) \supset (A \supset A)$ – *modus ponens*: 1, 2
4. $A \supset (A \supset A)$ – подстановка вместо B формулы A в схему $A1$
5. $A \supset A$ – *modus ponens*: 3, 4

Modus ponens: $\frac{A \supset B, A}{B}$

Эта вещь очень важная не только для математики, но и для философии. Если у нас есть такая конструкция, которая была в конце, то мы можем, воспользовавшись этим правилом, получить $A \supset A$.

Лекция 6. Формальная аксиоматическая система Гильберта

6.1. Характеристика формальной аксиоматической системы Гильберта

Мы сейчас продолжим изучение логики. А логика она и сама по себе интересна, и является основанием математики. Но не всю логику удаётся вывести из математики, но это не значит, что она не интересна. На прошлой лекции мы изучали две системы логики: это Евклид и это Гильберт. Причем гильбертовская система такая, что это аксиоматическая система, которая строилась в естественном языке, то есть в обычном разговорном языке. Тем более, все понятия, которые мы там использовали: понятия точки, понятия прямой — они в самом контексте аксиом имели вполне определённое место и смысл. Когда мы доказывали теоремы, мы пользовались тем, что выражено в этих аксиомах и последующих теоремах. Из теорем вытекают следующие теоремы. Таким образом, мы исходили из аксиом и теорем. Каждые аксиомы и теоремы — это предложения. Каждые из них, вот эти термины, имели вполне определённое значение, и если бы это значение менялось, то это доказательство не получилось бы.

Гильберт построил вот эту систему, но пошёл дальше. Он пошёл путём использования математического языка. Уже его вторая система логики – это уже есть часть математики. Другое дело, что это та часть математики, которая является фундаментальной и не выводится из других частей. Это уже язык математики, а не тот, которым пользовался Гильберт в первой своей системе. Во втором случае это уже искусственный язык. Это не естественный язык, который сгруппирован в точные формулировки, но всё равно в первом случае он остаётся естественным языком.

Мы приходим теперь к тому, что Гильберт считал, что нужно использовать искусственный язык, то есть язык математики, но, разумеется, он же строит логику, поэтому использует простые, наиболее понятные положения математики. Строится система Гильберта, как аксиоматическая теория. А что это? Это есть некоторая система аксиом, теоремы и правила вывода. По правилам вывода из аксиом выводятся теоремы. Если правила вывода нарушены, то значит доказательство неверно. Вот это рассуждение, где есть аксиомы и теоремы, оно называется доказательством. Сами эти правила, по которым из аксиом следуют теоремы, обычно называются правилами вывода. Когда мы говорили о Гильберте, то правилами вывода были его словесные формулировки, то есть он опирался на наше понимание того, что такое точка, прямая. И это понимание не требовало дополнительного объяснения.

Дело в том, что математика развивается, что она требует более точных оснований. Теперь опять будет система Гильберта, но более поздняя работа. Это формальная аксиоматическая система, где каждая буква, каждое слово имеет своё место. Должно быть точно выражено, исходя из того, что сказано заранее в предшествующем

изложении. Давайте посмотрим, каким образом строится система Гильберта, но будут необходимы дополнительные замечания, поскольку сам Гильберт, когда говорил и/или, то он пользовался определёнными значками. И эти значки обладали вполне точным смыслом. Большое значение имеет понятие истины. В данном случае сама истина является агентом построения теории.

Задаются вот такие таблицы истинности.

Когда мы хотим построить уже конъюнкцию, то у нас другая таблица, которая и задаёт этот значок.

A	$\neg A$
И	Л
Л	И

таблица истинности для отрицания

$A \wedge B$	A	B
И	И	И
Л	Л	И
Л	И	Л
Л	Л	Л

таблица истинности для конъюнкции
(конъюнкция в данном случае – \wedge ;
это тоже, что и $\&$)

Вот таким образом строятся элементарные таблицы, которые определяют значки, которые здесь показаны. Можно привести всяческие примеры. Можно построить более сложные схемы.

Также используется импликация, дизъюнкция.

Таким образом, мы приходим к тому словарю, из которого мы потом строим наши аксиомы и строим теоремы, которые вытекают из аксиом.

Я бы хотел сделать замечание. Когда речь идёт о множестве предметов, то само это множество может принадлежать к этому множеству. Вот, например, если у нас есть множество натуральных чисел, то мы можем говорить, что это тоже есть натуральное число. Например, если у нас есть множество котов, то множество котов уже не является котом. Вот это важное неформальное разъяснение, но оно существенно, оно важно для понимания того, о чём говорить дальше. Есть множество натуральных чисел. Они могут быть по-разному составлены. Это будет в любом случае тоже натуральное число. Как бы мы это не записывали, всё рано это будет натуральное число.

Давайте перейдём к главному, что есть в этой системе. А главное в этой системе есть аксиомы и теоремы. Также и здесь у Гильберта, как и в других его работах, аксиомы являются фундаментальными положениями, а теоремы выводятся из них. Но разница

заключается в том, что здесь мы имеем дело с таким явлением как формальное доказательство. Это уже доказательство, где понятие точки, прямой — они не имеют такого значения, как раньше. Вместо них мы пользуемся вполне определёнными символами. Каким образом они задаются это тоже вопрос, но, исходя из этих символов, мы строим наши системы.

У Гильберта появляется формальное доказательство. Это уже есть доказательство того, что если у нас сформулирована некоторая знакомая система, то только по правилам вывода, без обращения к интуитивным понятиям, таким, как точка и прямая, лежать на, пересекаться и т. д. строим нашу систему. В этом смысле эта система является более определённой и строгой. В ней всё на своих местах. Вместо того, чтобы дальше рассуждать, давайте начнём с примеров.

Что такое логические конвекторы, мы уже определили. Когда речь идет об аксиомах, уже сами эти значки не имеют того значения, которые они имеют в таблицах истины. Из них уже строятся аксиоматические системы строго определённых записей. В этом отношении Гильберт, если пользоваться таким философским термином, номиналист. Он исходит из того, что записаны буквы. А — это А, и больше ничего.

Гильбертовское построение имеет несколько ступеней. Самая простая здесь система — исчисление высказываний. Далее идёт исчисление предикатов. В отношении записей она самая простая. Есть некоторая совокупность букв, которыми мы оперируем при помощи правил. Эти буквы могут иметь только два значения: истина и ложь. В этом отношении система Гильберта — это такая скупая система, и за счёт этого она более точная.

6. 2. Построение формальной аксиоматической системы Гильберта

Аксиоматических систем много. Мы возьмём одну из самых простых систем. Она состоит из трёх аксиом. Кроме аксиом есть правила вывода. Потом получаются теоремы. Правила вывода уже формулируются в отношении этих аксиом. Надо разбираться в понятиях объектный язык и метаязык, выходя за пределы гильбертовской символики, аксиоматизации, систем. Если говорить про объектный язык — это язык, на котором сформулированы формулы. А метаязык — это язык, который описывает то, как с этими формулами работать. Переход от одной формулы к другой — он уже формулируется в метаязыке.

Три аксиомы:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $(A \supset (B \supset E)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$

Из этих трех аксиом можно вывести все теоремы гильбертовской системы. Мы покажем, что они будут истинными. Как показать, что эти аксиомы истинны? Надо пользоваться определениями этих значков. Мы всегда договариваемся, что считать истиной и ложью. И поэтому в данном случае мы договорились именно таким образом использовать этими понятиями.

У нас есть импликация, отрицание, конъюнкция, дизъюнкция.

Дизъюнкция – на русском языке будет «или», но это не означает, что это то самое «или», которое есть в русском языке. Это то «или», которое есть в логике, оно может отличаться от русского «или».

Эти значения задаются такими табличками. Эти таблички нас интересуют в итоге, когда у нас проведены все вычисления, когда мы касаемся интерпретации.

У нас есть некоторая совокупность аксиом, потом мы вводим некоторую совокупность правил вывода, посредством которых мы из аксиом можем получать теоремы. Собственно говоря, всё. Потом, когда мы начнём переводить всё это на естественный язык, то мы будем пользоваться значениями истина и ложь. А так у нас существует система, и вот есть правила, как этой системой пользоваться. Эти правила называются правилами вывода. Нам достаточно два правила: правила подстановки и *modus ponens*. Оно говорит нам, как переходить от этих записей (аксиом) к теоремам. Здесь чисто техническая трудность. Когда мы переходим к метаязыку, который должен управлять, то мы пользуемся правилами, которые должны быть записаны по-другому. Как они должны быть записаны? Если у нас имеется A и B , то $\frac{A \supset B, A}{B}$ – правило *modus ponens*.

То, что написано вверху, это то, из чего мы исходим. То, что написано внизу, это то, к чему мы приходим. Дело в том, что вот эти A и B не тождественны тем, что я написал. Обычно в книгах пишут это более жирным шрифтом. Если у нас встретилась такая конструкция, что $A \supset B$ и у нас есть A , то из этого следует B . Это одна из главных формул формального исчисления.

Я говорил, что *modus ponens* – это самое простое правило. Но есть и ещё более простое правило – правило подстановки. Это когда мы подставляем в схему аксиомы вместо B , например, $A \supset A$.

6.3. Доказательство теорем в формальной аксиоматической системе

Давайте проведём доказательство простой теоремы.

Доказательство теоремы $A \supset A$:

1. $(A \supset ((A \supset A) \supset A)) \supset ((A \supset (A \supset A)) \supset (A \supset A))$ – подстановка вместо B формулы $A \supset A$ и вместо C формулы A в схему $A2$

2. $A \supset ((A \supset A) \supset A)$ - подстановка вместо формулы В формулы $A \supset A$ в схему А1
3. $(A \supset (A \supset A)) \supset (A \supset A)$ – modus ponens: 1, 2
4. $A \supset (A \supset A)$ – подстановка вместо В формулы А в схему А1
5. $A \supset A$ – modus ponens: 3, 4

Здесь мы использовали правило подстановки, но есть и более сложные правила, например, modus ponens. Мы можем перейти к следующему шагу при помощи правила modus ponens. Что такое modus ponens? Это правило отщепления. Мы можем отщипать вторую часть второй формулы.

Давайте ещё докажем одну теорему.

Доказательство теоремы $(\neg A \supset A) \supset A$:

Отрицание у нас есть только в 3 аксиоме. Вся наша система состоит в том, что мы можем доверять только правильности написания букв.

1. $(\neg A \supset \neg A) \supset ((\neg A \supset A) \supset A)$ – подстановка формулы А вместо формул А и В
2. $\neg A \supset \neg A$ – так как $A \supset A$ уже доказано
3. $(\neg A \supset A) \supset A$ – modus ponens: 1, 2

Мы доказали самые простые теоремы. В обоих случаях мы делали подстановки и пользовались правилом modus ponens

6. 4. Метатеорема о дедукции и следствия из неё

Далее к сожалению для гильберта или для нас есть некоторые сложности. И пользуются тогда так называемой теоремой о дедукции. Теорема о дедукции позволяет нам осуществлять дедукцию, используя те же самые формулы. Сама теорема доказывается. Теорема довольно длинная, мы доказывать её не будем. Надо сказать, каким образом она формулируется и какие два следствия из неё.

Где-то мы можно обойтись и без теоремы о дедукции. До сих пор мы обходились без неё. Давайте сформулируем её. Надо понимать, что мы уже перешли к такому формальному изложению логики. То, что было до этого, оно было тоже формализованное, но не было формальным. А здесь всё должно работать, как машина. У нас было правило modus ponens. Мы пользовались правилом modus ponens и правилом подстановки.

Теорема о дедукции — это не самая легкая вещь. Это метатеорема, то есть теорема о исчислении.

Пусть G – это множество формул. А и В – это формулы. И тогда, если у нас есть такая конструкция $A \vdash B$, что значит, что у нас есть доказательство. Если у нас есть такая

конструкция, то $G \vdash A \supset B$. То есть, если мы доказали, что из A получается B , то мы доказали вот эту импликацию $A \supset B$. Таким образом, $\frac{G, A \vdash B}{G \vdash A \supset B}$.

Давайте подумаем. Теорема о дедукции полезна для доказательств. Пусть A – это есть общий член арифметической последовательности, а B – из этого следует формула суммы этой арифметической последовательности. Мы переписали это другим способом. Это просто иллюстрация данного положения. A оно состоит в том, что если B доказуемо исходя из A , где A может быть некоторая совокупность посылок, то доказуемо, что $A \supset B$. То есть исходя из общего члена арифметической последовательности, мы можем доказать формулы для суммы этой арифметической последовательности.

Если у нас есть некоторая совокупность формул, и мы добавляем ещё формулу A и потом получаем B , то это значит, что из этой совокупности следует импликация $A \supset B$.

Такая вот у нас конструкция, но для практического использования я напишу сейчас какие могут быть следствия из этой теоремы.

Вообще так получилось, что в начале оказалась логика. Современная философия науки так и строится. Если мы возьмём классиков современной философии науки, например, Поппера, которого большинство знает. Мы явно или неявно пользуемся понятиями дедукции, которые у нас сформулированы и на базе которых мы строим свою систему. Есть ли у Поппера понятие? У него есть понятие о корроборации, фальсификации. Но самого понятия как технического элемента у него нет. Он опирается на те понятия, которые есть в логике. Также и Лакатос, Нагель. Вообще почти до конца XX века мы исходили из того, что у нас есть логика. Вся философия строится на базе логики. Там делаются оговорки, вводятся понятия. Наши рассуждения опираются на логику. Потом уже нечто изменилось и начали появляться и другие системы. Например, Тулмин. У него понятия — это одна из составных частей его системы. Можно вспомнить и других классиков философии науки, которые строят свою систему не так как Поппер. Например, Томас Кун. Он строит свою систему не так как Поппер. Но говорить о том, что у него есть своя терминология, она, конечно, есть, но нельзя сказать, чтобы она сильно отличалась от тех, с кем он борется, потому что иначе он не смог бы и спорить.

Следствия из теоремы о дедукции:

1. $A \supset B, B \supset E \vdash A \supset E$
2. $A \supset (B \supset E), B \vdash A \supset E$

Лекция 7. Построение математики и гипотетико- дедуктивный метод

7. 1. Метатеорема о дедукции и следствия из неё. Доказательство теорем при помощи метатеоремы о дедукции

Мы продолжаем изучение аксиоматического метода. Далее идут различные модификации. Каким образом аксиоматическая система может работать, когда речь идёт о методологии науки и давать нам тот концептуальный аппарат, который необходим нам, чтобы разобраться в строении не математики, а научного знания. А сейчас мы будем говорить о математике.

Теорема о дедукции формулируется просто. Если есть множество формул G и плюс есть формулы A, B , то $G, A \vdash B \Rightarrow G \vdash A \supset B$. Если мы можем к совокупности формул G присоединить формулу A и при помощи неё доказать формулу B , то теорема о дедукции утверждает, что из этой неопределённой совокупности G , можем вывести импликацию $A \supset B$.

Далее необходимы два следствия, которыми мы будем пользоваться для доказательства других теорем.

Следствия из теоремы о дедукции:

1. $A \supset B, B \supset E \vdash A \supset E$
2. $A \supset (B \supset E), B \vdash A \supset E$

Мы будем ссылаться на эти следствия при доказательстве теорем. Сама теорема о дедукции на самом деле оперативного значения не имеет, а вот её следствия дают возможность доказывать теоремы. Первый случай – это транзитивность.

Доказательство теорем.

Доказывать мы будем, естественно исходя из той системы из 3 аксиом. Эта теорема интересна при других изложениях. Она может быть аксиомой.

Доказательство теоремы $\neg\neg B \supset B$:

1. $(\neg B \supset \neg\neg B) \supset (\neg B \supset \neg B) \supset B$ (схема аксиомы 3)
2. $\neg B \supset \neg B$ (из $A \supset A$)
3. $(\neg B \supset \neg\neg B) \supset B$ (из второго следствия из теоремы о дедукции, шаги: 1, 2)
4. $\neg\neg B \supset (\neg B \supset \neg\neg B)$ (схема аксиомы 1)
5. $\neg\neg B \supset B$ (из первого следствия теоремы о дедукции, шаги: 4, 3)

Можно доказать ещё много формул, но наша задача состоит в том, чтобы понять место аксиоматического метода в философии науки. В философии науки много можно

вывести формул, много систем, но есть один интересный момент, который бы хотелось отметить.

7. 2. Аксиоматическая система Клини

Теперь напишем другую систему аксиом. Таких систем может быть много. Есть разные аксиоматизации исчисления высказываний. Аксиоматизация Гильберта содержится в книге Мендельсона — «Введение в математическую логику». А вот в книге Клини «Введение в метаматерику». Там будет другая аксиоматизация. Там сохраняются эти значки отрицания. Они существенны. У Клини другой подход к аксиоматическим системам. Для него существенно, что здесь есть двойное отрицание.

Аксиоматизация Клини:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $A \supset (B \supset E) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $A \wedge B \supset A$
4. $A \wedge B \supset B$
5. $A \supset (B \supset (A \wedge B))$
6. $A \supset (A \vee B)$
7. $B \supset (A \vee B)$
8. $(A \supset E) \supset ((B \supset E) \supset ((A \vee B) \supset E))$
9. $(A \supset B) \supset ((A \supset \neg B) \supset \neg A)$
10. $\neg\neg A \supset A$

Дальше вводится знак конъюнкции, который мы не использовали. Раньше мы определяли его при помощи других значков. Достаточно было отрицания и импликации.

$A \wedge B \equiv \neg(\neg A \vee \neg B)$ — вот это определение конъюнкции.

Мы, пользуясь вот этим определением, в нашу систему из 3 аксиом конъюнкцию не включали.

Как мы видим по последней аксиоме, теорема в одной системе может быть аксиомой в другой системе.

Клини сохраняет конъюнкцию и дизъюнкцию в отличие от Гильберта. Дальше он тоже доказывает теоремы, в том числе и теоремы, которые у Гильберта были аксиомами.

7. 3. Построение математики

Так устроена математика, что в ней много условного. От нашего выбора зависит то, как мы строим математическую теорию. Мы таким образом разобрались в том, что

такое вообще аксиоматическая теория. Дальше нужно разбираться в исчислении предикатов.

Что дальше? Дальше мы можем развивать вот эту метаматематику, взяв за основу какую-либо аксиоматизацию и строить дальнейшие теоремы и дальнейшие системы. Во-первых, мы должны доказать некоторые теоремы. Плюс к тому, если мы хотим дальше что-то строить, то мы дополнять всё это новыми символами и новыми определениями. И тогда мы получим, например, теорию первого порядка с равенством. Все эти теории называются теориями первого порядка, поскольку они не включают исчисление предикатов. Они все равноценны в отношении записи этих букв. Мы не переходим ко второй системе — исчислению предикатов. Это уже особая тема. Она даёт возможность развивать нашу теорию, присоединяя к ней дополнительно всякие конструкции. Например, исчисление предикатов с равенством.

Пока что мы затрагиваем самые основы. Мы ещё не продвинулись дальше в построении математики. Если мы напишем исчисление предикатов, то мы сможем дальше ввести понятие исчисления предикатов с равенством. А потом вообще ввести систему аксиом, которая называется формальная арифметика. Мы можем продвинуться ещё дальше, но всё это уже идёт путём присоединения к системе исчисления предикатов. Мы всё больше присоединяем и таким образом получаем основания математики. Далее идут достаточно сложные теоремы, например, теорема Гёделя.

Смысл в том, что исчисление высказываний мы развиваем до исчисления предикатов, потом мы присоединяем к нему другие дополнительные исчисления, формулы, аксиомы и строим дальше основания математики. Задача состоит в том, что мы хотим понять другое, хотим понять, каким образом вот эта система вообще дальше работает в философии науки. А она имеет дело не только с математикой. Математика — это вообще особый раздел философии науки. Она имеет дело с формальной арифметикой и с теорией множеств. На базе последней может быть много всего построено. Мы имеем дело с развитием оснований математики. Наша задача понять, что такое дедуктивная система и дальше перейти к понятию гипотетико-дедуктивная система.

А гипотетико-дедуктивная система является основанием естественных наук, во всяком случае физики. Что это за система? Это фактически применение дедуктивного метода, применение исчисления высказываний или исчисления предикатов. И вот это понятие гипотетико-дедуктивной системы позволяет многое понять, как вообще построена научная теория. Но не математическая теория, а вообще теория. Если скажем мы строим механику Ньютона. У нас есть некоторые предложения, они, разумеется, ни из какой математики не следуют.

$f = ma$ – сила равна произведению массы на ускорение

Первый закон формулируется словесно: всякое тело сохраняет состояние покоя и движется равномерно и прямолинейно, пока на него не подействует какая-то сила.

Ещё есть третий закон: $f_{12} = -f_{21}$ – действие равно противодействию. Хотя это достаточно произвольная запись.

Но самый главный — второй закон. Это дифференциальное уравнение, которое вошло в дальнейшие формулировки механики.

$$f = ma \Rightarrow P = mg$$

Мы получаем известную формулу, которую можно эмпирически проверить. То есть, что это g будет постоянно, независимо от того, где мы бросаем это тело.

Мы можем брать не обязательно классическую механику. Она Ньютоном не таким образом формулировалась. Но символически можно сказать, что из второго закона Ньютона следует закон свободного падения тел, где g – ускорение свободного падения $9,8 \text{ м/с}^2$.

7. 4. Гипотетико-дедуктивная система

То, что мы строили, это аксиоматическая система. А гипотетико-дедуктивная система — это уже искажение системы. Это играет огромную роль в философии науки. Если вы возьмёте крупных философов науки, например, Гемпеля, Поппера, то у них понятие гипотетико-дедуктивной теории работает. При помощи него они разбираются, каким образом построено научное знание в естественных науках, а не в математических науках.

Аксиоматическая система не обязательно применяется к математике. Например, есть аксиоматические системы термодинамики или классической механики. Гипотетико-дедуктивная теория — это такой наиболее общий инструмент, при помощи которого мы строим и понимаем научные теории в естественных науках. В химии мы тоже можем выстроить какие-то общие положения, а затем вывести из них что-то дедуктивно. Важно, что существует дедукция. Её образцом являются теории первого порядка, наша простая аксиоматическая система, которую мы построили выше.

Гипотетико-дедуктивная система — это есть приложение или модификации аксиоматической системы для нужд и понимания естественных наук. У нас есть и другие способы понимания, о которых нужно рассказать. Попробуем рассказать, что такое методология и философия естественных наук. Вот, Поппер, Гемпель, Оппенгейм, Нагель — они классики философии науки начала XX века. Поппер первую свою книгу опубликовал в 1934 году. Независимо от этого, понятие гипотетико-дедуктивной системы существовало. Поппер использовал её и имел определённые цели: он боролся против определённой интерпретации квантовой механики.

Лекция 8. Теории первого порядка

8.1. Аксиоматизация Клини и доказательство теоремы

Продолжим изучение самых простых аксиоматических теорий — теорий первого порядка. Идея в том, что мы построили аксиоматическую систему первого порядка. Но аксиоматических систем может быть много. Одна аксиоматическая система может быть доказуема при помощи другой аксиоматической системы.

У нас была такая система:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $(A \supset (B \supset E)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$

Это только одна из возможных аксиоматизаций теории первого порядка. Во многих выдающихся книгах есть и другие аксиоматизации. Мы здесь пользовались только двумя значками: отрицанием и импликацией. Клини, например, также использует конъюнкцию и дизъюнкцию.

Аксиоматизация Клини:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $A \supset (B \supset E) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $A \wedge B \supset A$
4. $A \wedge B \supset B$
5. $A \supset (B \supset (A \wedge B))$
6. $A \supset (A \vee B)$
7. $B \supset (A \vee B)$
8. $(A \supset E) \supset ((B \supset E) \supset ((A \vee B) \supset E))$
9. $(A \supset B) \supset ((A \supset \neg B) \supset \neg A)$
10. $\neg\neg A \supset A$

В книгах Клини используется эта аксиоматизация. Есть и другие аксиоматизации. Наша задача другая: показать, что эти аксиоматизации связаны, так как из аксиоматизации Гильберта выводится аксиоматизация Клини и наоборот.

Доказательство теоремы $\neg\neg B \supset B$:

1. $(\neg B \supset \neg\neg B) \supset (\neg B \supset \neg B) \supset B$ (схема аксиомы 3)
2. $\neg B \supset \neg B$ (из $A \supset A$)
3. $(\neg B \supset \neg\neg B) \supset B$ (из второго следствия из теоремы о дедукции, шаги: 1, 2)
4. $\neg\neg B \supset (\neg B \supset \neg\neg B)$ (схема аксиомы 1)
5. $\neg\neg B \supset B$ (из первого следствия теоремы о дедукции, шаги: 4, 3)

В одной из книг сказано, что была попытка сделать аксиомы для теории первого порядка, состоящей из одной формулы. Это говорит о том, что аксиом, которые дают нам теории первого порядка – их много. Это говорит с философской точки зрения о том, что здесь есть большие возможности как писать эту теорию. Много есть различных эквивалентных формулировок.

8. 2. Исчисление предикатов

Теперь мы перейдем к другой части.

Исчисление предикатов – это теория первого порядка, но уже в развитом виде. Для этого надо вводить понятие квантора: квантора общности и квантора существования. Мы можем обойтись и одним квантором.

Пример:

Все люди бессмертны

Сократ человек

Сократ бессмертен

1. $\forall x(P(x) \supset Q(x))$, где P – люди, Q – бессмертные.
2. $P(a)$, где a – Сократ
3. $Q(a)$

Это просто иллюстрация какого-то предложения. Перевод предложения естественного языка на язык логики предикатов. Это самый простой способ работы с кванторами.

У нас были правила вывода, связанные с исчислением высказываний: правило *modus ponens* и правило подстановки.

Таким образом, мы добавим ещё две формулы и получим аксиоматизацию исчисления предикатов. Надо добавить правило вывода: правило обобщения (навешивания квантора).

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $A \supset (B \supset E) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$
4. $\forall x A(x) \supset A(t)$, t – терм исчисления предикатов; свободно для x_i
5. $\forall x(A \supset B) \supset (A \supset \forall x B)$

Таким образом строится исчисление предикатов. Далее требуются правила вывода: это *modus ponens* и правило обобщения (связывания квантором общности). Из A следует $\forall x A$.

Всё это есть некоторая иллюстрация того, каким образом может развиваться наше исчисление высказываний. Всё это примеры теории первого порядка, то есть теории, в которой нет кванторов по предикатным переменным. Здесь у нас их нет.

8.3. Формальная арифметика

Развивать дальше мы это не будем. Перейдём теперь к более простой вещи, а именно к формальной арифметике.

Исчисление предикатов — это дальнейшее развитие гильбертовской аксиоматизации логики. Сначала у нас была аксиоматизация Евклида, затем геометрия Гильберта, дальше аксиоматизация Гильберта, но уже на формальном языке. В последней аксиоматизации уже значки, чисто абстрактные значки. Исходя из них, мы вот строим наше исчисление высказываний и исчисление предикатов. На этом не оканчивается программа Гильберта. Здесь надо понять, что исчисление предикатов включают в себя исчисление высказываний. А дальше уже идут различные дополнения. В частности, формальная арифметика уже есть дополнение к исчислению предикатов.

Формальная арифметика — это уже следующая часть аксиоматизация Гильберта. А последняя не идёт путём того, что у нас есть некоторая система аксиом и мы туда что-то вписываем. Нет, она устроена таким образом, что мы постоянно пополняем её.

После формальной арифметики могут быть дополнения теории множеств, теории групп, различные алгебраические теории дополняют аксиоматизацию Гильберта. Они из неё не вытекают, они к ней присоединяются.

Формулы формальной арифметики возникли независимо от Гильберта. Тот, кто добавляет формулы формальной арифметики к формулам исчисления высказываний и исчисления предикатов, тот уже получает теорию, которая доказывается при помощи всего этого арсенала этого формализма Гильберта.

Формальная арифметика возникла у Лейбница. В учебнике есть формулировка, которую даёт Дедекин в 1901 году. Пока что мы ограничимся формулировкой Дедекинда.

Аксиоматизация формальной арифметики:

1. 0 есть натуральное число
2. Для любого натурального числа x существует натуральное число x' , называемое следующим за x
3. $0 \neq x'$ (всякое следующее за x число нулю не равно)
4. $x' = y' \Rightarrow x = y$
5. Если Q есть свойство, которым могут обладать одни натуральные числа, а другие не обладают, то

- a. Натуральное число 0 обладает свойством Q
- b. Для всякого натурального числа x , из того, что x обладает свойством Q , следует, что свойством Q обладает натуральное число x' и в таком случае свойством Q обладают все натуральные числа

5 — самая сложная аксиома. Здесь мы уже приходим к понятию индукции. Это пятая аксиома называется аксиомой индукции. Это один из самых сложных разделов формальной арифметики.

Лекция 9. Формальная арифметика

9. 1. История формальной арифметики

Мы пойдём по историческому пути. Мы говорили об исчислении высказываний и об исчислении предикатов. Теперь о формальной арифметике. Формальная арифметика присоединяется к логике, понимаемой как исчисление высказываний и исчисление предикатов. Формальная арифметика имеет свою историю. Она идёт от Декарта, а также от Ньютона и Лейбница. Они создали современную математику, математику, на которую опираются математический анализ, механика. У них разные формулировки, они подходили к этому вопросу по-разному. Но все три внесли свой вклад. В принципе нужно было бы изучать каждого из них отдельно, если говорить об истории науки. Отдельно изучать Декарта. Декарт – создатель аналитической геометрии. Затем нужно изучать Ньютона и его великий труд «Математические начала натуральной философии». Сначала идёт введение, где даются основные понятия, формулировки законов. Далее идёт математическая часть, она отличается от Декарта и от того, что идёт далее у Лейбница. Это разные математические формулировки, но они способны, особенно у Ньютона и Лейбница, решать одинаковые проблемы, то есть проблемы дифференциального и интегрального исчисления. Про каждую из этих исторических фигур можно рассказывать до бесконечности, и книги ими написаны.

«Математические начала натуральной философии» переведены на русский язык с латыни, хотя эта книга очень трудная. Это до сих пор является не то что памятником, скорее образцом того, как вообще писать книги по математизированной физике, физике, в которой формулируются основные понятия. Все нам известны понятия абсолютного времени, абсолютного пространства и абсолютного движения. Потом здесь формулируются определения основных понятий и потом формулируются законы. Законы, к слову, формулируются не так, как они сейчас сформулированы.

Поскольку логика – главная тема, мы посмотрим, как строилась логика, исходящая из Лейбница, но он только начал её строить. Как я говорил у нас есть такой остов: это исчисление высказываний и исчисление предикатов. К нему мы можем присоединять разные другие теории, например, теорию групп. Но необходимо это соответствующим образом аксиоматизировать.

Лейбниц ввёл такой значок x' - следует за. То есть, если x – это 2, то x' – это 3. Он начал строить математический анализ, арифметику, вообще математику, как некоторое формальное исчисление. Наверное, были и до него люди такие же талантливые и крупные, но Лейбниц здесь одна из первых фигур.

9. 2. Аксиомы арифметики Пеано

Мы возьмём уже XX век. Это фактически Дедекинды, Пеано. Они аксиоматически сформулировали формальную арифметику, которая потом уже вошла в учебники логики, опять же в несколько переработанном виде. Я всё-таки сформулирую вот эти аксиомы, которые предшествовали чисто логическому изложению арифметики.

Система аксиом Пеано:

1. 0 есть натуральное число
2. Для любого натурального числа x существует натуральное число x' , называемое следующим за x .
3. $0 \neq x'$ (0 не следует за чем-либо)
4. $x' = y' \Rightarrow x = y$
5. Если Q есть свойство, которым могут обладать одни натуральные числа, а другие не обладают, то
 - a. Натуральное число 0 обладает свойством Q
 - b. Для всякого натурального числа x , из того, что x обладает свойством Q , следует, что свойством Q обладает натуральное число x' и в таком случае свойством Q обладают все натуральные числа

Последняя аксиома — принцип индукции, без которого нельзя понять формальную арифметику.

Допустим, свойство натурального числа Q — делимость на 3. Известно из совершенно элементарной арифметики, что, если сумма чисел делится на 3, допустим $3 + 9 = 12$. 12 делится на 3.

$$3 + 3 + 3 + 3 = 12.$$

$$3 + 9 = 12.$$

Таким образом, смысл аксиомы индукции в том, что если некоторый x обладает свойством Q и следующее число x' тоже обладает свойством Q , то это не значит, что если $x = 3$, то 4 делится на 3. x' — это число, которое входит в совокупность чисел, которые делятся на 3, то есть 3, 6, 9, 12 и т. д. В школе проходят признаки делимости, в том числе и на 3. Если сумма чисел делится на 3, то и сами числа делятся на 3. Есть признак делимости на 5: если число оканчивается на 0 или на 5, то оно делится на 5. Так что есть целый ряд признаков, и они входят в нашу аксиому индукции, потому что мы ими в дальнейшем пользуемся, мы на них опираемся для того, чтобы доказывать разные теоремы на этот счёт. Мы сформулировали систему аксиом Пеано, которая генетически восходит к Лейбницу. Дальше мы можем сформулировать современную систему аксиом, которая уже отвечает тем требованиям, которые предъявляет Гильберт к аксиоматическим системам. Это дополнение к тому, что у нас было раньше. Формальная

арифметика не выводится из исчисления высказываний и исчисления предикатов. Но эти исчисления позволяют присоединить дополнительные аксиомы, которые позволяют получить исчисление, из которого уже следует формальная арифметика.

Особенность гильбертовской программы обоснования математики в том, что у него не рассчитано, что у него всё выводится из какого-либо принципа или одного исчисления, а рассчитано на то, что мы присоединяем. Мы и дальше можем присоединять и таким образом развивать то исчисления, которое сформулировал Гильберт, то есть исчисление высказываний и исчисление предикатов.

Арифметика не вытекает, как у Евклида и Гильберта в первом его изложении. Она вытекала из некоторой системы аксиом. Здесь смысл в том, что мы присоединяем дополнительные исчисления, и таким образом мы получаем более развитую конструкцию, которая приближается к современной математике.

9.3. Логическое изложение аксиом арифметики Пеано. Доказательство теорем

Теперь перейдем к аксиоматике, которая восходит к Пеано, а затем к Лейбницу. Далее посмотрим, что из этих аксиом можно получить.

Формальная арифметика — это теория первого порядка. Не содержит кванторов по предикатным и функциональным переменным. Тут есть кванторы, но только по индивидуальным переменным. Это в каком-то смысле ограниченное исчисление предикатов.

Арифметика Пеано (формализованная):

1. $x_1 = x_2 \supset (x_1 = x_3 \supset x_2 = x_3)$
2. $x_1 = x_2 \supset x'_1 = x'_2$
3. $0 = (x_1)'$
4. $x'_1 = x'_2 \supset (x_1 = x_2)$
5. $x_1 + 0 = x_1$
6. $x_1 + x'_2 = (x_1 + x_2)'$
7. $x_1 \cdot 0 = 0$
8. $x_1 \cdot (x'_2) = x_1 \cdot x_2 + x_1$
9. $A(0) \supset \forall x(A(x) \supset (x')) \supset \forall x A(x)$

Оказывается, этих 8 аксиом недостаточно, поэтому за ними следует аксиома индукции (9). Это одна из стандартных записей формальной арифметики. Она оканчивается аксиомой индукции. Она говорит о том, что если свойство A выполняется для нулевого (0) элемента, и из того, что для всякого x это свойство выполняется для x' , то из этого следует, что этим свойством обладают все x .

Сейчас мы решим несколько задач простых.

Как бы не была проста формальная арифметика, она имеет большое значение при построении формальной логики, математики.

Докажем несколько простых теорем.

Мы утверждаем, что эти предложения являются теоремами формальной арифметики:

$$t = r \supset (t = s \supset r = s)$$

$$t = r \supset t' = r'$$

$$0 \neq t'$$

$$t' = r' \supset t = r$$

$$t + 0 = t$$

$$t + r' = (t + r)'$$

$$t \cdot 0 = 0$$

$$t \cdot r' = (t \cdot r) + t$$

Вместо переменных мы ставим постоянные. Вместо x , который может принимать разные значения, мы ставим вполне определённые постоянные, которые могут принимать вполне определённые значения 2, 3, 10 и т.д.

Далее здесь нет аксиомы индукции, так как она предлагает переменные, а здесь постоянные числа.

Доказательства будут простыми теоремами.

Доказательство теоремы $t=t$:

1. $t + 0 = t$ – A5
2. $(t + 0 = t) \supset (t + 0 = t \supset t = t)$ – A1
3. $t + 0 = t \supset t = t$ – modus ponens: 2, 1
4. $t = t$ – modus ponens: 3, 1

Доказательство идёт также, как и в исчислении высказываний. Дальше идут сложные теоремы, это где применяется математическая индукция.

Доказательство теоремы $t = r \supset (t = t \supset r = t)$:

1. $t = t \supset (t = r \supset r = t)$ – A1
2. $t = r \supset r = t$ modus ponens: $t = t$, 1

Лекция 10. Гипотетико-дедуктивная теория

10.1. Общая характеристика гипотетико-дедуктивной теории

Тема сегодняшней лекции: гипотетико-дедуктивная теория. Название такое фирменное, символическое. Потому что, когда говорят «теория первого порядка», все-таки ясно о чём речь идет. Название прижилось, поэтому мы будем им пользоваться.

Гипотетико-дедуктивная теория обычно в философии науки представляет теорию, которая опирается на эмпирические факты. Есть аксиоматические теории, с которыми мы уже познакомились. Но есть и другие аксиоматические теории. Они есть и в термодинамике, и классической механики. Понятие гипотетико-дедуктивная теория — это понятие методологическое и не очень ясное. Не очень отработанное в деталях, но оно позволяет понять структуру самых различных теорий, которые хотя могут быть очень различны, и их сведения вместе — некоторое насилие над ними. В то же время эти теории можно понять: как построены, в чём их смысл и т. д. Гипотетико-дедуктивные теории являются некоторым приложением, углублением того, о чём мы говорили, когда проходили аксиоматические теории. Если аксиоматические теории в логике мы писали последовательно шаг за шагом, фиксируя все промежуточные ступени, выписывая полные системы аксиом, чтобы не было никаких сомнений дальше, что всё идёт правильно. Гипотетико-дедуктивные теории – это вещь сама по себе приближительная, для того чтобы окинуть взором то, что здесь вообще происходит.

Иногда это называется стандартная (standard) модель теории. Но мы все-таки будем говорить о гипотетико-дедуктивной теории, о гипотетико-дедуктивной структуре теории. В западной литературе чаще говорят о стандартной.

Что здесь имеется в виду? Когда мы говорили об аксиоматических теориях, о формальной арифметике, достаточно простой аксиоматической теории, мы учитывали, что в логике их значительно больше.

Вот некоторые из аксиом формальной арифметики:

1. $x_1 = x_2 \supset (x_1 = x_3 \supset x_2 = x_3)$
2. $x_1 = x_2 \supset x'_1 = x'_2$
3. $0 = (x_1)'$
4. $x'_1 = x'_2 \supset (x_1 = x_2)$
5. $x_1 + 0 = x_1$

Когда говорят о гипотетико-дедуктивной теории, не влезают в дебри, говорят о простых вещах и говорят достаточно грубо.

Вообще гипотетико-дедуктивные теории стали популярны в конце XIX века. Например, Дюгем. «Физическая теория, её цель и строение» — в этой книге Дюгем писал

о гипотетико-дедуктивной теории. Есть и другие авторы. Кроме того, был определённый стимул к тому, чтобы прийти к понятию гипотетико-дедуктивной теории. Когда возник неопозитивизм, Венский кружок и общество эмпирической философии в Берлине, главная проблема была в том, чтобы отделить науку от метафизики, от того, что не является наукой. То есть иметь такую картинку, где это разложено по полочкам: с одной стороны наука, а с другой стороны — метафизика. Таким образом, обойти включение в науку таких понятий, которые являются неясными, и научными понятиями их назвать трудно. Смысл неопозитивизма состоял в том, чтобы создать некоторую систему протокольных предложений. А каждое протокольное предложение описывает непосредственно опыт. Это не то, что предложение, которое можно проверить при каких-то особых обстоятельствах, это те предложения, которые описывают непосредственно опыт, непосредственно эмпирически данное. То, что не относится к протокольным предложениям, то является метафизикой. Это или философия, которая имитирует науку, или это какие-то образные рассуждения. Одним словом, это не наука.

Если брать простые примеры. Например, мы будем описывать падение тела или движение тела без ускорения. $s = ut$ или $s = \frac{at^2}{2} + ut$ — это обычные формулы кинематики. Они описывают то, как происходит движение. В то же время с самого начала пользовались таким подходом. Требовалось понятие абсолютного пространства, понятие абсолютного времени, абсолютного движения. У Декарта тоже были свои метафизические понятия, были несколько систем метафизики, и они между собой в основаниях спорили, но когда речь шла о том, что можно измерить, что можно записать, то они приводили к одним и тем же формулам. Такие формулы стали называть протокольными предложениями. Это уже не просто протокольное предложение, это где фиксируется всё: расстояние, время и т. д. Это уже некоторый вывод. А вообще протокольное предложение — это есть фиксация совокупности эмпирически данного. То, что здесь написано, это близко к тому, что является протокольным предложением (формулы выше). И когда мы описываем падение тела, мы пишем $V = gt$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. Скорость будет меняться в соответствии со временем.

10. 2. Протокольные предложения. Модель гипотетико-дедуктивной теории

Такие простые вещи, которые хотя уже, если речь пойдёт о термодинамике, механике сплошных средств, в таком случае ситуация станет более сложной. Задача состоит в том, чтобы представить наше знание отдельно от метафизики и от различных наглядных рассуждений, которые борются, потому что они наглядны. Философия неопозитивизма провозгласила такой принцип, что нужно исходить из протокольных предложений. Протокольные предложения — это протоколы лабораторных работ. Школьники, не говоря уже о студентах, составляют разные таблицы, графики, где они просто фиксируют, что они наблюдают при помощи различных приборов, таких как линейка часы, весы и т.д.

Мы приходим к неопозитивизму, но всё-таки уже было ясно с самого начала, что не всё мы решаем. Мы провели грань, демаркацию: то, что относится к неопозитивизму — это есть непосредственно то, в чём мы можем быть уверены, и есть метафизика и наглядные рассуждения, которые мы воздерживаемся применять или вообще не применяем. Поэтому надо исходить из того, что наиболее надёжно. Как ни крути, все эти рассуждения, которые опираются на опыт, всё-таки дают для науки мало. Поэтому вводится такое понятие как научный закон. Протокольные предложения — это единичные предложения. Выше написаны формулы, которые обобщены. Из них мы можем получить отдельные записи. Например, $s_1 = u_1 t$.

Но всё-таки это ещё не построение научной теории. Для того, чтобы создать модель научной теории, нужны не только протокольные предложения, но и предложения, имитирующие научные законы. Схема должна быть такая (рисунок 10. 1):



Рисунок 10. 1. Модель гипотетико-дедуктивной

научные законы, ниже протокольные предложения, наблюдаемое; выше них над чертой метафизика (или совокупность каких-то суждений, которые делают науку наглядной, но ненадёжных самих по себе). Из научных предложений при помощи дедукции выводятся протокольные предложения. Может быть другой способ рассуждения, который не исключает первый, что протокольные предложения дают возможность выводить научные законы путём индукции. Индукция тоже может пониматься по-разному: как самая примитивная индукция, то есть некоторое обобщение единичных данных, там используется понятие вероятности. Значит, вот, разным способом трактуется вероятность. В любом случае мы должны установить связь. У нас есть, с одной стороны, дедукция, которая позволяет из законов выводить протокольные предложения, потом есть законы различного уровня, то есть из более общих выводить менее общие законы. Например, из $v = at$ получить $V = qt$. Если мы хотим измерить путь, пройденный телом, то $s = \frac{gt^2}{2}$.

Таким образом, здесь есть некоторая совокупность различных суждений, которые очень близки к опыту. Некоторые более общие, некоторые более частные. В любом случае их можно зафиксировать, перевести на язык таких приборов, как часы, весы, амперметр, вольтметр и т. д. У нас есть некая совокупность предложений, которые включают в себя протокольные предложения. В то же время уже существуют научные законы. Существует понятие дедукции. Мы говорили о понятии дедукции, имея в виду исчисление высказываний, исчисление предикатов, формальную арифметику и т. д. То есть мы имели в виду некоторые теории, которые являются образцами точности. Из них много интересного следует. Пока что для того, чтобы понять, как сориентироваться в эмпирическом материале достаточно таких понятий, которые я здесь написал. Важна линия демаркации. Есть метафизика, которая может быть и полезна, но к ней надо относиться с очень большой осторожностью, если вы её как-либо используете.

Эта совокупность (на схеме) обычно называлась гипотетико-дедуктивная теория или стандартная модель научной теории. Если у нас есть то, что сюда не входит, то это уже такая философия, метафизика, которой нужно воздержаться, типа абсолютного пространства, абсолютного времени. Дальше надо бы посмотреть, как это трактуется классиками философии науки. Понятие гипотетико-дедуктивная теория и сейчас используется, но особенно популярно оно было в XX веке. Например, Карл Гемпель. Дюгем был ещё до неопозитивизма, хотя тоже близко, но там были свои проблемы.

10.3. Отечественная литература по гипотетико-дедуктивной теории. Западные классики гипотетико-дедуктивного подхода.

На русском языке есть замечательная книга В. С. Швырева. Она называется «Неопозитивизм и проблемы эмпирического обоснования науки». Обоснование имеется в виду с низу, с точки зрения эмпирии, опыта, то есть в смысле, что это выводится из каких-то обоих принципов. Кроме того, Рузавин. У него есть и книги, и статьи на эту тему. Также Садовский, хотя меньше писал об этом. В нашей литературе, хотя она была в этом отношении вторична, потому что мы исходили из классиков марксизма-ленинизма. Сейчас это уже не так. Эта литература опиралась на западную литературу. В основном это были хорошие обзоры западной литературы, чтобы было понятно, что хотят сказать эти люди на Западе, которые строят концепцию гипотетико-дедуктивной теории. Швырев наиболее сильно, наиболее аутентично воспроизводил то, что пишется в западной литературе без каких-либо искажений, потому что желание критики западной литературы было неизбежно, оно заставляло наших философов не только критиковать, но и исказить написанное.

Давайте возьмём западных классиков гипотетико-дедуктивного подхода. Вот этому гипотетико-дедуктивному подходу предшествовал неопозитивистский подход протокольных предложений. Здесь уже более сложная структура, гипотетико-

дедуктивная структура. Гемпель, один из классиков, также Нагель, Брэйтвейт (Braithwaite), Поппер.

10. 4. Основные идеи Карла Поппера

Последний весьма известный в России философ, его книга «The Logic of Scientific Discovery» была написана на немецком и издана в 1934 году. Это была первая книга Поппера. Кто такой Поппер? Это учитель в гимназии, который стал философом. «Logik der Forschung» — аутентичное название этой книги. Потом она была переведена, но не Поппером, а его учениками на английский язык и получила вышеупомянутое название. Эта книга неоднократно переиздавалась, в том числе она была переведена на русский язык. Учеником Поппера был Джордж Сорос, который, в частности, интересовался философией, он внёс вклад в издание сочинений Карла Поппера и на русском языке. Но это уже был перевод с английского.

Мы упомянули Поппера, Гемпеля, Нагеля — все эти философы исходили из концепции гипотетико-дедуктивной теории, но интерпретировали её по-разному. Но везде была дедукция, были общие предложения, выражающие научные законы, были предложения, выражающие также законы, но средней общности и были законы, которые фиксируют протокольные предложения. Такое здание считалось достаточно надёжным и исходя из него понималась наука, эмпирическая наука, типа термодинамики, механики, теории электричества. Разумеется, между этими авторами не было единства, были всяческие коллизии о том, что же всё-таки считать научным.

Поппер у нас более известен, давайте начнём с него. Он считал, что научными могут считаться предложения, которые могут быть фальсифицированы со ссылкой на эмпирические данные. При чём опровержение связано всегда с конструированием какой-то альтернативной гипотезы, альтернативного предложения. Поэтому картина научного знания по Попперу — это картина альтернативных гипотез. У вас есть предложение. Чтобы ему быть научным, оно должно быть фальсифицируемым, то есть были эмпирические предложения, которые опровергают его. То есть в принципе должна быть возможность существования предложения, которое опровергает это предложение. Главное — это фальсифицируемость. Это критерий научности по Попперу. Есть предложения, которые опровергаются, они способны быть опровергнуты. Такие предложения можно считать научными. Кроме фальсифицируемости, должна быть ещё и корроборация. То есть, если у вас есть некоторое предложение А, и оно опровергается совокупностью фактов, то сами эти факты должны следовать из какой-то альтернативной гипотезы. Опровержение А означает корроборацию В. Не подтверждение, потому что подтверждение — это понятие индуктивной логики, которой Поппер не пользуется. Пользуется Райхенбах, который был в известном смысле антиподом Поппера. У нас есть опровержение (фальсификация) и корроборация. И есть альтернативы. Предложения А и В – альтернативы. В действительности может быть целый ряд таких предложений.

По Попперу происходит такой обмен идеями. Есть эмпирический базис и теоретические предложения. Между предложениями идёт постоянная борьба. Опровержение одних предложений означает corroborацию других предложений. Здесь речь не идёт о том, что предложение В мы хотим каким-то образом узаконить, увековечить. Оно так же висит в воздухе, как и предложение А. Вообще всё знание висит в воздухе и живёт за счёт того, что есть эмпирические факты, которые, с одной стороны, одни предложения опровергают, а другие corroborируют. Это такая попперовская трактовка.

Это гипотетико-дедуктивная трактовка. Как связаны А и эмпирические факты (E1, E2, E3 и т. д.)? Всё движение осуществляется в стихии эмпирического знания, в котором есть противоречия, эмпирические факты. Последние тоже могут оказаться нерентабельны, не столь надёжными для corroborации. Сами эти факты тоже сомнительны. Везде у Поппера знание – это есть вечное сомнение, вечное размышление.

Что для Поппера метафизика? Стандартными примерами метафизики были для него марксизм и фрейдизм. В данном случае он борется против марксизма, потому что он не falsifiable, то есть является метафизической теорией. Например, Маркс утверждал, что социалистическая революция должна произойти сразу в нескольких развитых капиталистических странах. У Ленина была другая идея: возможна победа пролетарской революции в одной стране. Таким образом, марксизм уходил от опровержения. С точки зрения практики революционной борьбы требовалось опровергать это утверждение о революции сразу во многих странах. Победа революции в одной стране — это уже не просто лозунг, перестановка фактов, другая оценка и другое описание политической ситуации. Corroborирует здесь нечто иное, нежели, что опровергает позицию Маркса. Это один из примеров Поппера.

Второй пример Поппера тоже стандартный. Это фрейдизм. В действительности там предполагается некоторая совокупность комплексов, например, Эдипов комплекс. С попыткой как-то falsify этот комплекс было тоже плохо. Ясности не было. Эдипов комплекс — это когда мужчина влюбляется в девушку, которая похожа на его маму. Слово похоже, оно достаточно неопределённо. Поэтому этот комплекс для Поппера был выгодным примером, действительно, здесь много путаницы, неясности, мифологии.

Есть и другие примеры. Его отношение к ламаркизму и дарвинизму. Ламаркизм Поппер отрицал в связи с проблемой falsification, потом стал рассматривать его как некоторую метафизическую исследовательскую программу.

Лекция 11. Гипотетико-дедуктивная теория и другие модели научного знания

11. 1. Общие положения гипотетико-дедуктивной теории

Продолжаем предыдущую тему: гипотетико-дедуктивную теорию. Гипотетико-дедуктивная теория — это такая категория в философии науки (philosophy of science), которая объясняет теоретические положения и эмпирические положения, то есть те, которые непосредственно выражают результаты опыта. Например, мы смотрим: соль растворилась, $KMgO_4$ растворился и изменился цвет раствора. Вот то, что мы наблюдаем — это эмпирическая часть и теоретическая часть — это то, что должно объяснить эти наблюдения. Это называется гипотетико-дедуктивная теория. Всякое объяснение предположительно, и наверху его стоят гипотезы, то есть предложения не 100 % истинные, не аналитические предложения, истинность которых вытекает из самого языка. Это предложения, которые выдвигаются исследователями с целью понять, что происходит в природе.

Есть какая-то совокупность протокольных предложений — это то, что зафиксировано нашими органами чувств и при помощи приборов. Без чувств обойтись нельзя. Далее общие гипотезы, их так называют, потому что они похожи на законы в том плане, что если мы хотим выяснить их логическую форму, то она будет такая: $\forall x(P(x) \supset Q(x))$. А здесь отношение дедукции (рисунок 10. 1).

11. 2. Модель Гемпеля-Оппенгейма-Поппера

Стоит дополнить сказанное в предыдущей лекции. Во-первых, есть такая модель, она вообще в прошлом веке была выдвинута. Эта модель Гемпеля-Оппенгейма-Поппера. Это модель научного объяснения. Она раскрывает смысл того, что такое гипотетико-дедуктивная теория, что она делает. Это значит, что есть законы науки в рамках этой гипотетико-дедуктивной теории. Из них следуют законы более меньшей общности, либо протокольные предложения. То, что за гранью, относится к метафизике. Метафизика может быть философией, то есть рассуждения типа из чего состоит мир: из атомов, из энергии (Вильгельм Освальд) и т. д. То есть это наиболее общие положения. Когда мы строим теорию относительности, то мы отмежевываемся от классических представлений о том, что весь мир — это есть эфир. Эфир — это не воздух, а вообще-то, где происходят все явления. Эфир может пониматься, как подвижным и как неподвижным.

Модель Гемпель-Оппенгейма-Поппера. Пишется формула научного закона: $\forall x(P(x) \supset Q(x))$. Что мы объясняем? Например, явление $Q(a)$. Смысл в том, что мы должны перейти от общего положения к некоторой совокупности предложений

единичных, то есть снять квантор общности и перейти к совокупности единичных предложений. То есть, сняв квантор, мы можем перейти от $\forall x(P(x) \supset Q(x))$ к $Q(a)$:

1. $\forall x(P(x) \supset Q(x))$ – эксплананс
2. $P(a) \supset Q(a)$
3. $P(a)$
4. $Q(a)$ – экспланандум

Примеров здесь куча. Таким образом, мы выражаем научный закон. Хотя, разумеется, это можно критиковать, научный закон требует не просто чтобы здесь была импликация, а более строгая связь. Эта проблема обсуждается в философии науки. В данном случае для того, чтобы понять, как работает, что вообще кроется в этой её части, которая называется гипотетико-дедуктивной теорией полезна такая формула, где $Q(a)$ – это объясняемое, $\forall x(P(x) \supset Q(x))$ – общий закон (эксплананс). Например, чтобы раствор был однородным, надо встряхнуть стакан с раствором. Мы, таким образом, получаем то явление, которое хотим объяснить. Таким образом, эта модель довольно популярна, она позволяет нам каким-то образом понять, что же делается внутри научного знания. Что такое научное знание? То, что у нас происходит в голове — это понятно. Но и не только то, что мы можем вынести из головы и записать, но и то, что не только в голове у одного человека. Вот эти схемы выражают то общее, что должно происходить в научном знании, что происходит в процессе наших рассуждений, когда мы движемся от каких-то общих положений к положениям частным и единичным. Вот эта модель была достаточно популярной раньше по крайней мере. То, что объясняет, называлось в литературе эксплананс, а нижняя формула экспланандум, то есть то, что объясняется.

Возникли вопросы: что понимать под экспланансом и экспланандумом. В этой связи стали говорить о симметрии (объяснение-предсказание), то есть эта схема выражает не только объяснение, но и предсказание. То есть, если у нас известно начальное положение $Q(a)$, а потом мы уже находим закон, то мы имеем дело с объяснением, а если у нас закон уже найденный, то естественно мы ищем его подтверждение в виде предложений, которые объясняем. Отсюда говорят о симметрии, объяснении предсказания.

Модель, как и всякая, доступна критики. Было много критики. Тем не менее, если мы хотим объяснить, что такое гипотетико-дедуктивная теория, мы можем воспользоваться этой моделью, хотя мы можем и не пользоваться понятием гипотетико-дедуктивной теории, мы можем трактовать по-другому соотношение теоретического знания и эмпирии, но это не означает, что она бессмысленна.

Из схемы следует симметрия предсказания-объяснения. Предсказания-объяснения выражаются одним законом, но этот закон может быть повернут в разные стороны по времени. Если у вас в начале известен этот закон, а потом известен

экспланандум, то мы имеем предсказание, а если наоборот: сначала экспланандум, а затем закон, то мы имеем дело с объяснением. У этого тезиса есть критика. Не всегда так гладко всё получается.

11.3. Эмпирический конструктивизм Баса ван Фраассена

Тем не менее, мы каким-то образом разобрались с тем, что представляет собой научное знание. Это одна из возможных характеристик научного знания. Есть и другие представления о знании, другие модели. Есть такой философ **Бас ван Фраассен (1941 г. р.)**. Он по-другому представляет научное знание. Его направление называется эмпирический конструктивизм. Он представляет научное знание так же, как и здесь, как совокупность эмпирических данных; они выражены в предложениях, у них субъектно-предикатная структура. Например, мы можем сказать: термометр показывает 10 градусов. А Фраассена мы просто видим Солнце, ощущаем тепло, можем мерить температуру, свет, освещённость — всё это есть эмпирическое знание. Теория — это модель этого знания. Модель может уточняться, развиваться. Если в гипотетико-дедуктивной теории мы опирались на соответствие законам логики, то здесь другие отношения.

Не обязательно гипотетико-дедуктивная теория является тем, что выражает соотношение теории и эмпирии. В модели эмпирического конструктивизма по-другому. Именно такова модель эмпирического конструктивизма Басса ван Фраассена, ныне здравствующего философа, профессора Питсбургского университета, хотя сейчас он, вроде как, на пенсии. То, что он создал — это схема, которая противостоит гипотетико-дедуктивной схеме. Эмпирическое отношение здесь модельное. Модель уже проясняется при помощи других категорий, здесь должны быть категории теоретико-множественные, например, биекция (взаимно-однозначное соответствие двух множеств). Это уже нужно особо поговорить о том, что такое отношение между множествами. Потом может быть инъекция. Есть ещё сюръекция. Есть теории теоретико-множественные трактовки соотношения эмпирии и теории. Есть авторы: Сид, Штегмюллер. У них целые книги по поводу теоретико-множественной трактовки научной теории. Я просто упомянул, что есть разные подходы к научной теории, не обязательно дедукция. Гипотетико-дедуктивная теория вещь спорная. Сама модель этой теории возникла ещё до войны и эксплуатировалась в середине XX века. А эмпирический позже возник.

Это и есть философия науки. Трактовки того, что такое научное знание. Вот здесь (в гипотетико-дедуктивной теории) понятие истины задействовано, а у ван Фраассена не задействовано. Эмпирическое знание должно моделировать опыт. Если мы хотим предсказывать, собирать статистику относительно погоды в какое-то время, например, в мае, то мы можем собрать какую-то модель. Вот, 1 мая 90% хорошая погода. Естественно, это не всегда. То, что мы наблюдаем есть наблюдаемое. А вывод — это относится к теории. Ван Фраассен приводит сложный пример: у вас лежат два гвоздя на

земле (или две проволоки), земля движется, следовательно электроны движутся тоже, но они не притягиваются друг к другу. Это вещь, которую надо объяснять с точки зрения физики. Это модель того, что происходит в природе. Есть Земля, на ней движутся два предмета, электроны движутся, но в соответствии с законами электродинамики электроны должны быть в взаимодействии, но его нет.

11. 4. Биография Карла Поппера и его основные идеи

А сейчас нужно поговорить о **Карле Поппере (1902-1994 гг.)**. Вот его самая известная книга. Это английское издание. Книга вышла в 1934 году. «Logik der Forschung» — её оригинальное название. Он тоже эксплуатирует гипотетико-дедуктивную модель строения знания, поэтому модель часто называется модель Гемпеля-Оппенгейма-Поппера. В чём же Поппер видит развитие науки, как он трактует науку? Модель та же самая, но возникают другие понятия: фальсификация, фальсифицируемость, корроборация, базисное предложение.

Вообще Поппер человек известный. Есть такая книга Макса Джеммера «Философия квантовой механики». Она посвящена в действительности истории квантовой механики, она о том, как истолковывалась квантовая механика. Квантовая механика — вещь спорная и до сих пор. Вот, если вы возьмёте журнал «Успехи физических наук», то найдёте там статьи Менского, который пишет о философии квантовой механики в том числе. Философия квантовой механики — это одна из самых болезненных точек, в том числе это торжество философии, поскольку философия показывает, что она нужна, что мы без неё многого не понимаем. Джеммер назвал Поппера одним из самых выдающихся мыслителей XX века. Поппер умер в конце XX века, он прожил долгую и трудную жизнь. Он начинал как учитель гимназии, преподавал физику, естественные науки, потом он заинтересовался философией, особенно в связи с трактовкой соотношения неопределённостей Гейзенберга: $\Delta x \Delta p_x \geq p$. Это объясняется на различных опытах. Без них будет непонятно о чём идёт речь.

Поппер — это не Эйнштейн, не Гейзенберг, не Рассел, не Куайн, которые создали свои исчисления, своё понимание теории множеств. Поппер в основном словесный философ, он интерпретатор. В молодости он написал письмо Эйнштейну по поводу соотношения неопределённостей, он был недоволен той интерпретацией соотношения неопределённостей, которую дают Гейзенберг и Бор. Интересно то, что Эйнштейн ответил на это письмо. Эйнштейн сказал, что сам думает таким же образом, имея в виду знаменитый эксперимент Эйнштейна-Подольского-Розена. Этот эксперимент периодически всплывает, его обсуждают, потом он уходит в тень. Этот эксперимент направлен против копенгагенской стандартной интерпретации квантовой механики. А стандартная интерпретация квантовой механики изложена в стандартных учебниках, например, учебнике Ландау и Лившица, который был издан в конце 1940-х годов. И то, что его критикуют, уже само по себе событие. Копенгагенская

интерпретация квантовой механики вызвала у Поппера недовольство. Он, разумеется, не менял формулы, если бы он это делал, то это была бы не философия, а какая-то самодеятельность. Он оставляет соотношение неопределённостей как факт математический, и говорит об истолковании этого факта.

К слову, Джеммер здесь указан только потому, что высоко оценил Поппера. Его книга — это подробное отслеживание всяких интерпретаций механики, начиная с её возникновения, заканчивая выходом книги. Книга очень интересная.

Дальше Поппер пишет книгу «Logik der Forschung» на родном немецком языке. Потом начинается подготовка к войне, и он мигрирует в Новую Зеландию. Это было вообще массовое явление. У меня есть товарищ Райнхард Зигмунд-Шульце, который живёт и работает в Норвегии. Он целую книгу пишет о миграции разных деятелей культуры, причём в Америку не всех брали. Эйнштейн уехал в Америку, его взяли и дали ему очень быстро гражданство. Был организован институт в Принстоне, который назывался Advanced Studies, там был и Курт Гёдель, и Эйнштейн. Эйнштейн потом там жил и работал. Результатов, которых он достиг в молодости, он не достиг, но его мощный, критический, синтетический ум был полезен.

Не так давно один физико-химик получил Нобелевскую премию, и вот он рассказывал такой эпизод из своей жизни. Он идёт по Принстону, а вдруг навстречу ему Эйнштейн. Он не растерялся и попросил разрешения его сфотографировать. Эйнштейн уже привык, что к нему относятся как местной достопримечательности и разрешил. Интересно, что вот этот человек, который в молодости, будучи студеном сфотографировал Эйнштейна, сам стал лауреатом Нобелевской премии. Если говорить не очень серьёзно, то можно сказать следующее: надо знать, кого в молодости фотографировать.

Теперь дальнейшая судьба Поппера. Он вернулся в Англию. Вот эта книга «Logik der Forschung» была переведена на английский. После этого он написал ещё книгу «Conjectures and Refutations» — это было уже в 1960-х годах, когда Поппер был в Англии. Поппер написал ещё несколько известных книг. Они уже были обработаны и написаны его учениками. Он уже был настолько великий человек, получил звание пэра Англии. Остальные книги были приложениями к его основной книге «Logik der Forschung». Её развитиями, реминисценциями, философскими обсуждениями этой книги. Последняя книга у него была посвящена квантовой механике, я как раз перевёл её с английского на русский язык. Легко было переводить на русский, поскольку английский не родной язык Поппера. «Квантовая механика и раскол физики» — так она называется по-русски. Эта книга, где он обсуждает интерпретации квантовой механики, плюс ко всему у него есть своя интерпретация квантовой механики. Он по-своему толкует соотношения неопределённостей Гейзенберга. Если в первых книгах и статьях он трактовал его со стороны статистической точки зрения, то потом у него появилась своя интерпретация. Это нужно специально говорить об этой интерпретации, это особый разговор.

Поппер начал с модели Гемпеля-Оппенгейма-Поппера. Она выполняет задачу, показывая, как строится наука и показывая, что относится к метафизике. Неопозитивизм — это философское учение, которое настаивало на линии демаркации. Есть научное знание и есть знание метафизическое. Оно может быть очень полезным, но это другое. К нему нельзя применить мерки строгости и точности, которые мы применяем к научному знанию. Поппер, наряду с Гемпелем и Оппенгеймом использовал эту модель. А что же он понимал под метафизикой? А они это понимали по-разному. Вообще метафизика — это то, что не укладывается в эту модель. Для Поппера это, в первую очередь, марксизм и фрейдизм. Для этого нужно рассказать о схеме Поппера, почему это так.

Фальсификация — это опровержение на основе эмпирических данных, а фальсифицируемость — это возможность опровержения. Если вы выдвигаете теорию, которая недоступна фальсификации, она и есть метафизика, это не научная теория. Научная теория должна быть опровергаема, должна постоянно находиться под огнём критики. Научная теория с точки зрения Поппера должна быть фальсифицируема, то есть её можно опровергнуть с опорой на эмпирические данные. Если теория подстраивается под эмпирические данные и не опровергаема, то эта теория является метафизикой, это не является научной теорией по Попперу.

Почему марксизм согласно Попперу — метафизика? Он имеет в виду что-то очень уж простое. А имеет он в виду тезис марксистов о том, что социалистическая революция должна быть сразу во многих странах, то есть такое коллективное переустройство мира. Дальнейшее развитие марксизма привело к тому, что возникло учение о слабом звене и о возможности победы социализма в одной стране. Если мы таким образом перестраиваем теорию под те задачи, которые мы хотим решить, то такая теория с точки зрения Поппера является метафизической.

С фрейдизмом не совсем так. Идея фрейдизма. Есть понятие комплексов, например, Эдипова комплекса. Это не научные понятия с точки зрения Поппера. Это отсылает к легенде о царе Эдипе, который убивает своего отца и женится на своей матери. В целом, более популярно, можно сказать, что мужчине нравится женщина, похожая на его мать. Но проверить это, фальсифицировать невозможно, поскольку понятие похоже — очень расплывчато. Следовательно, фрейдизм — это метафизическая теория.

11. 5. Карл Поппер и биология

У Поппера есть и другие рассуждения о метафизике. Например, он считал Ламарка метафизиком. Сам дарвинизм вызывал у него некоторые критические замечания. Ламарк строил своё воззрение на адапционизме, а Дарвин — это уже теория происхождения видов путём естественного отбора.

К вопросу о Поппере, ламаркизме и дарвинизме. Поппер и биология — это вообще не самая известная тема при рассуждениях о философии Поппера. В основном в своих самых популярных книгах, кроме «Нищеты историцизма», он пользуется физикой. Об этой теме можно почитать в книге Е. А. Ароновой — «Иммунитет». Что вообще здесь общего с Поппером? А то, что больше трети этой книги посвящено Попперу. Поппер в течении своей жизни возвращался к биологической тематике, биологическому эволюционизму, находясь в Англии, он строил теорию эволюции науки, а она предполагала всякие биологические аналоги.

Ламарк — это не только предшественник Дарвина. Это вполне самостоятельная фигура в истории биологии.

Ламарк — «Философия зоологии»:

1. «Всякое сколько-нибудь значительное изменение в условиях существования любой породы животных приобретает характер постоянства и вызывает у индивидуумов этой породы действительные изменения потребностей».
2. «Всякое изменение потребностей — новые действия».
3. «Они требуют от животного более частого употребления того или иного органа, который раньше меньше использовался и приводят к физическому развитию этого органа».
4. Наследование приобретённых признаков.

Это философия, которая имела своих последователей. К сожалению, ламаркизм стал приятен для некоторых реакционных деятелей советской биологии.

Поппер: «Дарвинизм находится в таком же отношении к ламаркизму, как дедуктивизм к индуктивизму, отбор к обучению посредством повторения и критическое устранение ошибок к обоснованию». Это цитируется старая работа Поппера.

Особое внимание Поппер уделял противопоставлению ламаркизма и дарвинизма. Кстати говоря, о темах Поппер и биология, Поппер и дарвинизм. Была знаменитая беседа Поппера с основателем этологии Конрадом Лоренцем — там тоже они затрагивали эту тему. Так называемая Альтенбургская беседа — в ней был затронут вопрос о ламаркизме в связи с направленностью эволюции. Участники беседы сошлись на том, что, если считать эволюцию сочетанием мутации и отбора, невозможно объяснить возникновение всего многообразия живого, в том числе живого, наделённого разумом, и по крайней мере в виду недостатка времени на такой ход эволюционного процесса. Осознание этого основного затруднения дарвиновской теории побуждает мыслителей дополнять её неким творческим, направляющим, ускоряющим процесс элементом. Например, живая сила у Бергсона, бифуркация у Пригожина. Идея здесь понятна: Поппер возвращается к проблеме, которую он обсуждает с Конрадом Лоренцем в 1983 году и высказывает свою точку зрения на эволюцию, где ставит под сомнение и дарвиновскую теорию.

Лекция 12. Карл Гемпель

12.1. Формальная арифметика и доказательство теоремы

Нужно ещё сказать несколько слов о формальной арифметике. Дело в том, что философия науки без логики теряет свою конструктивность, она становится размазанной. Это не значит, что везде применяется логика. Даже там, где говорят, что это не относится к логике, что мы здесь не пользуемся правилами логики, для этого надо знать, что такое логика. В прошлый раз мы доказали одну теорему. Я написал аксиомы исчисления высказываний, но не написал аксиомы исчисления предикатов. В целом, это всё понятно. Для большей точности имеет смысл пояснить. Напишем сначала аксиомы, которые мы писали для исчисления высказываний, затем присоединим две аксиомы и получим исчисление предикатов. Там есть такие вещи, как свободные вхождения переменной, связанные переменные.

Аксиоматика исчисления предикатов:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $A \supset (B \supset E) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset E))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$
4. $\forall x A(x) \supset A(t)$, t – терм исчисления предикатов; свободно для x_i
5. $\forall x(A \supset B) \supset (A \supset \forall x B)$

Аксиомы формальной арифметики:

1. $x_1 = x_2 \supset (x_1 = x_3 \supset x_2 = x_3)$
2. $x_1 = x_2 \supset x'_1 = x'_2$
3. $0 = (x_1)'$
4. $x'_1 = x'_2 \supset (x_1 = x_2)$
5. $x_1 + 0 = x_1$
6. $x_1 + x'_2 = (x_1 + x_2)'$
7. $x_1 \cdot 0 = 0$
8. $x_1 \cdot (x'_2) = x_1 \cdot x_2 + x_1$
9. $A(0) \supset \forall x(A(x) \supset (x')) \supset \forall x A(x)$

Докажем теорему $t = 0 + t$:

Доказательство теоремы:

1. $0 = 0 + 0$ (в силу аксиомы 5); $A(x), x = 0 + x$
2. $x = 0 + x$ (гипотеза)
3. $(0 + x') = (0 + x)'$ (в силу аксиомы 6)
4. $x' = (0 + x)'$ (из теоремы $r = t \supset (s = t \supset r = s)$)
5. $x' = 0 + x'$ (из ранее доказанных формул)

6. $x = 0 + x \supset x' = 0 + x'$ (метатеорема о дедукции)
7. $A(x) \supset A(x')$
8. $\forall x(x = 0 + x) \Rightarrow t = 0 + t$ (аксиома индукции)

Есть теорема о дедукции, и в ней, если мы добавляем какую-то гипотезу и потом исходя из этой гипотезы всего предшествующего доказываем какую-то формулу, то потом по этой теореме оказывается, что мы доказываем импликацию. Смысл такой, что мы переходим от доказательства к импликации. Доказательство добавляет к нашему исчислению какую-то формулу. Мы доказываем некоторую теорему, а эта теорема о дедукции утверждает, что мы в результате доказали не просто теоремы, а доказали импликацию. Таким образом, работают эти гипотезы.

Вообще смысл гильбертовского построения в том, что не выводится последующее из предыдущего: мы добавляем ещё аксиомы и получаем формальную арифметику. Мы доказали самую простую теорему. Особенность доказательства в том, что мы в конце воспользовались аксиомой индукции.

С логикой, вообще говоря, мы не закончили. Философия науки так строилась, что без логики там делать было нечего.

12. 2. Модель Гемпеля-Оппенгейма-Поппера и тезис объяснения-предсказания

Итак, мы проходили Поппера. А сейчас мы затронем Карла Гемпеля, старшего современника Поппера для полноты картины, чтобы знать, как вообще строилась философия науки. Если мы возьмём современную социологизированную философию науки, например, Блур, Латур — там не потребуется логика. Философия науки к этому не сводится, но без логики она становится непонятной. Есть философия полулитературная, как у Латура, где много красивых сюжетов, и они дают примеры того, как рассматривать некоторые другие ситуации в науке. Но из этого не следует что этим исчерпывается задача философии науки.

Поппер и Лакатос шли после Гемпеля. Гемпеля мы упоминаем сейчас, во-первых, для контраста с той философией, к которой относится Поппер. Эта философия, которой Поппер занимался, в каком-то смысле есть спор с таким философами как Гемпель. Гемпеля мы уже упоминали в связи с тезисом симметрии объяснения-предсказания. Этот тезис иногда называют тезисом Гемпеля-Оппенгейма, иногда тезисом Гемпеля-Оппенгейма-Поппера, потому что Поппер также принимал участие в этом на каком-то этапе. В принципе он записывается так: $\forall x(A(x) \supset B(x))$ (закон), $\frac{A(a)}{B(a)}$ — таким образом мы можем понять структуру объяснения. $A(a)$ – начальное условие, $B(a)$ — событие, которое хотим объяснить. Исходя из этого, Гемпель строит свой тезис.

Почему медь электропроводна? Все металлы (A) электропроводны (B). Отсюда мы можем объяснить электропроводность какого-то металла. Мы можем подставить

сюда какой-то пример и понять каким образом происходит объяснение. Единственный путь таков, что у нас есть какие-то модельные простые задачи, и по аналогии мы должны понимать и сложные.

Этот тезис подвергался критике. Из него следует принцип симметрии объяснения-предсказания. То есть предсказание будет записываться таким же образом, как и объяснение. Мы можем и объяснить, что медь электропровод или предсказать, что она электропроводна. Можно привести и другие примеры, которые тоже это будут иллюстрировать. Из тезиса о симметрии (тезиса Гемпеля-Оппенгейма-Поппера) — из этого следует симметрия. Возникают контрпримеры.

Первый контрпример — это барометр. Барометр предсказывает, но ничего не объясняет. Мы можем записать действия барометра при помощи предложения с квантором общности, добавить, что барометр падает и дальше сказать, что барометр показывает плохую погоду или бурю. Можно искусственно предположить, что это касается и объяснения, но объяснение получается крайне искусственным. Барометр — это есть предсказание; никакого объяснения событий не даёт. Это такой прибор, который является индикатором каких-то событий. Но эти рассуждения, которые описывает этот прибор, не являются объяснениями.

Есть и другие примеры, например болезни. Болезнь 1 ведёт к болезни 2, но это не значит, что это обязательно. Если появилась болезнь 2, значит была болезнь 1. Но наоборот может и не быть.

Достижением Гемпеля является то, что он таким образом описал объяснение-предсказания, что объяснение-предсказание имеет одну и ту же структуру. С точки зрения логики нужно добавлять какие-то содержательные рассуждения, чтобы их различать. Критики Гемпеля придумали примеры, в которых этот тезис не работает. Возникла литература об этом, но сейчас она имеет историческое значение.

Это одна из проблем, над которой думали наши предшественники той философии, с которой нам сейчас приходится иметь дело.

12. 3. Парадокс подтверждения Гемпеля

Чем ещё Гемпель известен? Он известен тем, что он анализировал проблему подтверждения (confirmation). Он такую вот формулу придумал для подтверждения. Это можно по-разному записывать. Главная идея в этой формуле в том, что подтверждение не является так просто. Мы подтверждаем некоторое развитие данного закона. Нельзя сказать, что уравнения Максвелла подтверждаются фактами. Это конечно так. Скажем, из первого уравнения можно вывести закон Кулона. Он уже непосредственно подтверждается фактами. Есть так называемые весы, которые измеряют притяжение зарядов электрических. Он пишет, что подтверждение — это есть вывод какого-то факта,

но он выводится из этой гипотезы (h) и некоторого развития этой гипотезы (v). Это можно записать так: $h \wedge v \vdash e$. То есть подтверждается не сама h , а развитие этой h .

Вот простой пример, который очень часто использует Гемпель: все вороны чёрные. Надо поставить задачу. Кроме гипотезы, что все вороны имеют чёрный цвет, то надо как-то поймать, записать, зафиксировать местность, где мы работаем. Это положение должно браться в развитие. То есть мы добавляем что-то и только тогда мы это подтверждаем, тогда вот этот факт (e) подтверждается. Подтверждение предполагает некоторое развитие теории. Мы подтверждаем теорию не саму по себе, а теорию, которая даёт какие-то следствия.

Это первая идея Гемпеля. Здесь ещё есть один момент. Он сформулировал парадокс. Все вороны чёрные. Все яблоки красные. Это подтверждается с точки зрения логики, поэтому здесь нужны оговорки, которые делает Гемпель. Вот это положение, что все вороны чёрные, подтверждается указанием на любой предмет, который не является ни вороном, ни чёрным. То есть, например, яблоко красное, груша зелёная, чайка белая, человек упал и т. д. Получается, что данные случаи подтверждают утверждение о вороне. Но из того, что все вороны чёрные, не следует то, что все яблоки красные. Предметы если они не вороны, и они не черные, то это подтверждает идею, что все вороны черные.

Утверждения в парадоксе Гемпеля подтверждаются теми утверждениями, которые совершенно нерелевантны. Хотя логически это верно. Утверждение о том, что все вороны чёрные, не может быть подтверждено непосредственно, ведь всех воронов мы не видим. Мы должны прийти к более узкому положению. Например, в Битцевском лесопарке живут вороны, которые чёрные, потом мы должны взять какое-то животное, которое мы нашли в этом лесопарке. Мы нашли там белую чайку. Она не является чёрным вороном. Получается, что эти совершенно нерелевантные моменты подтверждают, что все вороны чёрные, то есть высказывание с квантором общности. Мы добавляем к этому высказыванию различные условия и потом начинаем рассуждать в этих условиях. С точки зрения логики эти рассуждения вытекают из общего высказывания, что все вороны чёрные. Какой выход из этого? Один из вариантов — это усилить понятие следования, внести в него содержательные аспекты. Но это чревато другими последствиями.

Если вы читаете Латура, то там подтверждение затушёвывается другими вопросами. Вот эта фраза «все вороны черные» подтверждается не только тем, что вы видите черных воронов, а тем, что вы видите предмет, который не является черным и не является вороном. Получается из того, что мы видим яблоко зелёное, белую чайку, красную рябину, то это косвенно подтверждает то, что все вороны чёрные. Вот это есть парадокс подтверждения Гемпеля.

12. 4. Корроборация Поппера

Понятие подтверждения сложное. Я бы хотел вернуться к Попперу. У него есть понятие корроборация. Корроборация – это тоже подтверждение, но не в том смысле, в котором его имел в виду Гемпель. Корроборация для Поппера не является индукцией, предметом индуктивной логики. Корроборация есть подтверждение A , когда мы прикладываем усилия, чтобы опровергнуть A . Понятие индукции нетипично для Поппера. К индукции он всегда относился отрицательно. Корроборация — это не просто подтверждение тем, что мы находим факты. У нас есть какое-то положение, и мы находим факты: факт 1, факт 2, факт 3 и т. д. и всё это подтверждает наше утверждение, что все вороны чёрные. Но чтобы корроборировать это утверждение, мы должны искать опровержение, и вот только если мы ищем опровержение и не находим его, то тогда мы приходим к тому, что мы корроборируем исходное положение. Тем не менее, мы можем говорить о корроборированности в разной степени. Корроборация вообще на простом языке это подтверждение, но подтверждение особое, то есть то, которое вписывается в философию Поппера. Это подтверждение такое, которое возникает, когда мы работаем с фактами и когда мы не просто находим факты, но стремимся испытать, опровергнуть данное положение. Степень корроборации — это степень, в которой гипотеза успешно проходит испытание. И второе, что отсюда следует, что степень корроборации может быть разная. Степень корроборации достигается при попытках опровержения, и она не имеет количественной оценки. Это не аппарат теории вероятности. Мы не можем сказать, что «металлы электропроводны» корроборированно 10 раз, а «соли азотной кислоты» 5 раз. Здесь такие вещи не проходят.

Это те моменты философии науки, которые принадлежат прошлому (те, которые мы прошли в курсе до этого). Эта философия науки фундаментальна, потому что она касается тех понятий, которые, тем не менее, есть. Мы всё равно будем пользоваться понятием корроборации и отличать его от подтверждения, говорить о том, что подтверждение не просто гипотеза h , а развитие этой гипотезы. Это всё идеи Гемпеля, Поппера. Надо ещё рассказать о Райхенбахе. Это тоже современник Поппера и его оппонент. Для того, чтобы разработать идею подтверждения, он создаёт свой аппарат теории вероятности. У Райхенбаха своя аксиоматика. Он пользуется теорией вероятности для того, чтобы эксплицировать идею подтверждения. Это тоже антипопперовская позиция. У Райхенбаха есть книга «Experience and Prediction». Там тоже вопрос о подтверждении является одним из центральных. Он развивает свой вариант теории вероятности. Суть в том, что у Поппера идеи здесь другие. Все три философа самобытны и имеют свои идеи.

12. 5. Отечественная философия науки в контексте идей Поппера и Гемпеля

Ситуация в нашей отечественной философии такова. Где-то начиная с 1970-х или 1960-х годов основным в философии науки является изучение структуры и функций

научного знания. И все эти проблемы крутятся, хотя там много всяких нелогических понятий, вокруг логики. Одни из крупных наших философов начал свою книгу словами: «я не знаю, что такое знание» — это плохо, это значит, что философ не выполняет свою функцию. Это Павел Васильевич Копнин. Также Никитин, Рузавин. Они все пользовались, вообще говоря, идеями Поппера, Гемпеля, хоть и каждый по-своему. Копнин выражал их идеи, он был их идеологом. Он говорил, что если философ не может выразить, что такое знание, то он не может выполнить свою функцию. Некоторым результатом этой позиции стало то, что философия науки стала обретать чёткость, стала освобождаться от идеологии, от подхалимства перед начальством. В то же время возникла проблема того, что можно назвать онтологическим вакуумом.

Лекция 13. Кибернетика и системный подход

13. 1. Развитие философии науки в России и на Западе

Онтологический вакуум. Это выражение появилось ещё в Советском Союзе где-то в 1960-е годы. Оно в каком-то смысле противостоит тому, как развивалась западная философия науки. Вообще в 1970-е годы советская философия очень много брала из западной философии. Логика у нас развивалась. Она использовала западную литературу, потому что Запад значительно обогнал Россию. Крупные философы науки, которые упоминались в предыдущих лекциях, и Карл Поппер, и те, кто ему оппонировали, и его последователи — здесь можно назвать довольно значительное количество имён, которые в 60–70-е гг. были известны во всём мире — это американский философ Бас Ван Фраассен; у нас пользовался популярностью Карл Поппер и его последователь Лакатос, который выпустил книгу «Доказательство и опровержение», где он ссылается на Поппера и говорит, что он переносит его идеи на математику. В книге он рассмотрел развитие истории одной из математических теорий, где использовал методологию Поппера, что в математике может быть опровержением — контрпример. Дальнейшие его исследования в области математики успеха не имели. Он развивал методологию научно-исследовательских программ, которая была у нас в Советском Союзе весьма популярна.

О ней было много обзорной литературы, и критика, и попытки её применения в истории естествознания. Дискуссия между Лакатасом и Томасом Куном поддерживалась. Кто из них больше прав? Это был вопрос достаточно актуальный и известный. Независимо от этого возникает такая тенденция, что, дескать, мы пишем о развитии знания, но не знаем что. В философии всегда была помимо этого тенденция изучать то, как устроен мир, как устроена природа. Эта проблематика называется онтологической, то есть проблематика о том, как вещи в природе взаимодействуют, существуют. Эта проблематика у философии все время, но уже в XX веке она отходит на второй план. То же происходит и в XXI веке. Именно эту проблематику, которая была на втором плане, я бы хотел осветить.

И сейчас есть новая проблематика, которая конкурирует с логико-методологической проблематикой. В западной философии она была на ряду с такими именами как Поппер, Кун, Лакатос и Ван Фраассен, и многими другими именами, и теми, которых я упомянул в прошлый раз: Гемпель, Оппенгейм. Это всё гносеологическая проблематика, это вопрос о том, что такое знание и как оно построено. Интересно посмотреть на науку с точки зрения научного знания. Второе преимущество в том, что философия здесь чётко видит свой предмет в отличие от самой науки. Наука занимается природой, элементарными частицами, строением атома, строением многоэлектронных систем, полями, а это всё физика. Философия занимается знанием, поэтому предмет философии выделен, и нет такой подмены, смеси, которая позволяет более низкому уровню выходить на первое место, когда ни то, ни другое, а всё вместе. Когда

смешиваются предметы разных наук, это всё естественно происходит, но когда делается всё декларативно, то здесь происходит такое смешивание, и это даёт возможность снижать уровень, снижать требования, потому что если вы занимаетесь структурой знания, то вы хорошо должны знать логику, а логика сама по себе огромна.

13. 2. Кибернетика. Винер и Шеннон

Вот первая такая наука, которая не о знании, а вообще о мире, о природе, это была кибернетика. Она существовала на Западе в виде трактатов, она была тесно связана с математикой, и здесь проблемы информации, управления. Теория управления — это вообще математическая дисциплина. Наряду с теорией информации она была центральной в кибернетике. В то же время кибернетика занималась проблематикой близкой к философии, то есть что такое машина, что такое управление, каким образом взаимодействует природа и общество — это тоже проблема кибернетики. О кибернетике мы сейчас говорить особо не будем. Хотя, наверное, всё-таки надо написать, что была книга, которая декларировала кибернетику. Это Н. Винер — «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Кроме Винера, надо упомянуть Шеннона, он тоже писал вещи близкие к Винеру.

Винер вообще оставил после себя большое литературное наследие, которое касается не только кибернетики, но и его жизни. У него есть книга «Бывший вундеркинд», в которой Винер описывает своё детство, и «Я — математик», которая описывает, как он стал математиком и учился математике. Когда речь идёт о кибернетике, то здесь центральными становятся понятия информация, управление и другие общенаучные понятия, которые применяются в разных областях науки. Винер в книге «Я — математик», рассуждая о том, что такое информация, сопоставляет её с понятием энтропия. Он пишет, что информация — это совокупность сведений, которые мы получаем от природы. Циркуляция информации есть очень важная часть нашей культуры.

Винер даёт определение информации. Также его даёт Шеннон. Это такое классическое определение информации. Информация — это характеристика сообщения.

$I = -p_1 \log p_1 + p_2 \log p_2 + p_N \log p_N$ — это определение информации, которое даёт Шеннон. p_1 и p_2 — это вероятности того, что эффективны i -тые сообщения. Различные каналы связи характеризуются своими вероятностями. Информация в этом определении как бы суммирует действие различных каналов связи.

Что ещё касается Винера. В книге «Я — математик» он приводит пример, что информация нас заставляет говорить об информации, если мы произведём какое-то измерение и запишем его в двоичной системе, то мы получим много результатов. Если мы измеряем какую-то длину линейкой, то мы будем иметь разные результаты. Длины будут хоть немножко, но отличаться. У нас получится бесконечная совокупность,

которая даёт информацию о том, какова длина предмета. Она будет бесконечна, потому что мы получаем разные результаты. Поэтому нужно на каком-то этапе это оборвать. Обрывая на каком-то этапе измерения совокупности значений длины, мы получаем информацию о предмете, если мы учитываем некоторую N , некоторую конечную совокупность результатов измерения.

Что касается формулы Шеннона, то это такая классическая формула, которая определяет, что такое информация в рамках теории вероятности.

13. 3. Развитие кибернетики в Советском Союзе

Лоран Грэм — американский историк и философ. Его книга называется «Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе». Это книга историческая. Там Грэм даёт своё понимание того, что вообще происходило в Советском Союзе с кибернетикой. Он пишет: «До начала 1950-х годов кибернетику в Советском Союзе обходили молчанием. Она не испытывала открытых нападок до 1952 года, за год до смерти Сталина. Хотя несколько ранних статей, ставивших под вопрос математическую логику, могут рассматриваться как скрытая критика кибернетики. В 1953 году в "Литературной газете" появилась статья анонимного автора, где кибернетика называлась "наукой обскурантов". Автор особенно критиковал усилия кибернетики по расширению её обобщений на объяснение действий человеческих коллективов. В дополнение к этому он приписывал кибернетике капиталистических стран то, что новые машины будут выполнять реакционные задания правительства, и бастующий неудобный пролетариат будет заменён роботами, а пилоты бомбардировщиков, не желающих убивать беспомощных мирных жителей, будут заменены бесчувственными металлическими чудовищами».

На таком языке интерпретировалось то, что такое кибернетика в Советском Союзе. Уже в 1954 году произошёл переворот. Были соответствующие пленумы ЦК КПСС, где стали говорить о том, что нужно к идеологическим проблемам науки относиться более внимательно, чтобы критика западной идеологии не превращалась в отбрасывание достижений науки. И в этой связи интересно совещание 1958 года. Состоялось такое значительное совещание по философии естествознания. Там были доклады почти исключительно посвящены критике доклада западной и американской философии. В то же время были и позитивные доклады. Был доклад «Ленин и философские вопросы современной физики». Потом был доклад математика Александрова. Он был посвящен философскому содержанию теории относительности. Александров известен тем, что он активно критиковал интерпретацию квантовой механики, которую выдвинул советский физик Мандельштам.

Были весьма позитивные статьи об интерпретации квантовой механики, например, Фока. Как известно, он сам внёс вклад в квантовую механику. Он развивал свою интерпретацию квантовой механики, отличную от копенгагенской. Был доклад,

если говорить о кибернетике, академика Соболева и профессора Ляпунова «Кибернетика и естествознание». Этот доклад был весьма положителен. Он объяснил, что такое кибернетика и то, что сделал Шеннон, а также основные вопросы, связанные с кибернетикой.

Стоит сказать, что книга Грэма имеет большую историческую ценность.

Кибернетика всё-таки хоть и с опозданием стала пользоваться популярностью, но это стало данью прошлому, обсуждению прошлых проблем. Творчество самих авторов кибернетики приходится на серединку XX века или даже на начало XX века. Связывать философию исключительно с кибернетикой было бы явно неверно. Проблема, с которой я начинал, это то, что был зафиксирован онтологический вакуум в философии. Какова структура мира, природы? Всё это вылилось в то, что популярность приобрёл так называемый системный подход. Была общая теория систем — это термин одного известного биолога Бергаланфи (годы жизни).

13. 4. Системный подход. Парадоксы общей теории систем

У нас возникла такая группа философов, которые занимаются системным подходом. Это группа известная. В неё входят Блауберг, Юдин и Садовский — они выпустили книгу. Они создали эту группу, семинар, который привлекал слушателей. Наиболее конструктивно мыслящим был последний — Вадим Николаевич Садовский. Он издал большую книгу о системном подходе. В ней он пишет о парадоксах общей теории систем. Последняя глава книги как раз посвящена парадоксам общей теории систем. Какие же парадоксы он указывает? Это парадоксы иерархичности, целостности и методологии. Это само по себе интересно. Что такое методология? В каком-то приближении можно сказать, что это и есть философия. Во всяком случае философия науки.

Три этих парадокса Садовский разбирает и формулирует. Все они сводятся к анализу понятия системы. Если мы рассматриваем понятие системы, то мы имеем дело с некоторой иерархией. Если мы рассматриваем строение молекулы, то один из путей рассматривать молекулу как совокупность атомов. Есть методы в теории многоэлектронных систем, где молекула рассматривается как многоэлектронная система.

Парадокс иерархичности состоит в том, что если мы рассматриваем некоторую систему, то мы всегда рассматриваем некоторую совокупность систем. И когда мы строим эту иерархию, то мы выделяем различные уровни этой системы. Если мы имеем дело с теории многоэлектронных систем. Уровень молекул, атомов, а потом можно идти дальше. Обычно рассматривают метод молекулярных орбиталей или метод валентных связей. Он рассматривает молекулу, как совокупность электронов. В любом случае если мы рассматриваем какую-либо систему, в том числе социальную, где есть какие-то образования, например, политические, экономические, потом будет город, район и т. д.,

образуется иерархичность. Для того чтобы понять иерархичность, нужно понять систему в целом. А для этого чтобы понять систему в целом как некоторую иерархию, для этого надо рассмотреть различные её уровни. Парадокс в круговом отношении: с одной стороны, чтобы рассмотреть систему как иерархию, надо углубляться в уровни иерархии, а для того, чтобы говорить об иерархии надо, рассматривать систему в целом.

Второй парадокс — парадокс целостности. Он очень близок к парадоксу иерархичности. Для того чтобы говорить о частях, то нужно иметь в виду целое, а если мы имеем в виду целое, то целое мы можем иметь в виду только тогда, когда мы говорим о частях.

Парадокс методологии. То же самое. Для того чтобы исследовать системы, необходимо иметь системную методологию, то есть некоторый концептуальный аппарат, включающий в себя понятия информации, энтропии, части, целого, элемента множества. А для того, чтобы иметь методологию, нужно иметь саму систему. Получается такое циклическое отношение: $a \Rightarrow b, b \Rightarrow a$.

Философия сейчас занимается несколько другими проблемами, но если мы хотим посмотреть исторически на развитие нашей философии, то книгу Садовского надо иметь в виду. Наиболее ценного в ней, хотя там много описательного материала, глава, посвящённая парадоксам системного исследования.

13. 5. Системные подходы Овчинникова и Берталанфи

Существовал отел системного подхода, потом даже институт. В Институте философии АН СССР тоже занимались системным подходом, хотя, может, они не декларировали это так. Понятие системы там постоянно звучало. Наиболее интересными кажутся работы Николая Фёдоровича Овчинникова. У него анализируется понятие структуры. Он работал в отделе философии науки, философии естествознания. Понятие структуры было связано с методологией физики. Вопрос очень остро стоял по поводу структуры элементарных частиц. Интересно определение, которое выдвинул Овчинников: структура — инвариантный аспект системы. Тут есть обращение к математическому понятию инварианта. Он достаточно широко пытается применить это понятие инвариантности. Инвариантность у него рассматривается на 3 уровнях системы: элемент, связь и целостность. Это нужно читать его работы, чтобы в этом разобраться. Его рассуждения на эту тему связаны с тем уровнем физики, который был на тот момент.

Хотя инвариантность — понятие в данном случае философское, но корни у него математические. Что такое есть группа преобразований? Если у нас есть преобразования, мы преобразуем систему координат. Длина отрезка будет инвариантом, вне зависимости от того, какую мы берём систему координат. У Овчинникова есть книга про инвариантные аспекты для того, чтобы лучше в этом разобраться.

Это тоже онтологическая проблематика. Мы можем перенести понятие структура на структуру знания. Мы можем говорить о теории, как о некоторой целостности, об элементах теории и связях между этими элементами. Связь может выражаться дедукцией, индукцией или другими типами связи. Есть подходы к теории с точки зрения теории множеств, но там будут уже другие понятия.

В мировой философии науки на первом месте была такая гносеологическо-логическая проблематика, о которой мы говорили, когда затрагивали Гемпеля, ван Фраассена, Лакатоса. В то же время в советской философии была онтологическая проблематика, причем это делалось в оппозицию общей тенденции философии науки. Философия науки — это есть нечто такое, что занимается структурой знания и логикой, потому что понять это, не зная логики, фактически невозможно. Понятие гипотетико-дедуктивной теории — это понятие логическое. Или другой подход, где теория рассматривается как совокупность моделей. Там главное — это будет теория множеств, понятия гомоморфизма, изоморфизма, понятие инъекции, сюръекции и т. д. Если мы рассматриваем теорию не как гипотетико-дедуктивную систему, а как иерархию моделей, то каждая модель может быть эксплицирована как некоторое множество, и тогда у нас встают понятия изоморфизма, гомоморфизма, понятия более тонкие, как инъекция, сюръекция и биекция — это понятия теоретико-множественные. Есть целый ряд западных работ, но у нас наиболее подробно эти вещи разобрал Вадим Родин. В его диссертации рассматривается модельный подход, где теория предстаёт перед нами как иерархия моделей.

В отечественной философии науки онтология в начале выходила в виде кибернетики, потом стали активно цитировать Бертуланфи и его системный подход. Бертуланфи был биологом, но он решил создать такую философию, которая была бы шире биологии и охватывала вообще всё естествознание. Отсюда возникло понятие системного подхода. Этот системный подход был популярен. Найти книги в открытом доступе которые бы занимались системным подходом достаточно трудно. Это уже история.

13. 6. Понятие диссипативной структуры у Пригожина и Тьюринга

История имеет продолжение. Следующий этап связан с именем Пригожина и с понятием диссипативная структура. Это тоже онтологический подход, это тоже онтология. Пригожин — лауреат нобелевской премии за работы в области химии. Есть книга о термодинамике, но она является развитием термодинамики. Это книга Гленсдорфа и Пригожина — «Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций». Пригожин потом получил Нобелевскую премию за свои достижения в области химии. Если говорить ретроспективно, была такая брюссельская школа термодинамики, в которую входил Пригожин. Центральным понятием у Пригожина является диссипативная система. Это довольно сложное понятие. Пример которые

приводят Гленсдорф и Пригожин, это ячейки Бенара и далее реакция Белоусова-Жаботинского.

В этой связи появилось понятие диссипативная система. Казалось бы, это просто научное понятие, какое это имеет отношение к философии? Но в отечественной философии это отозвалось понятием самоорганизации, которое стало очень популярным. В книге Гленсдорфа и Пригожина это понятие не используется. Используется диссипативная система. Это система, которая противоречит термодинамике, но скорее это новая термодинамика. Это система сильно неравновесна, но в то же время устойчивая. С точки зрения классической термодинамики, если возникает неравновесие, то оно стремится к равновесию. Пока оно не придёт к равновесию, система не будет устойчивой. Равновесие тоже может быть устойчивым и неустойчивым.

Классическая термодинамика — это термодинамика равновесных процессов или близких к равновесным процессам. Здесь же речь идёт о диссипативных системах, приводятся примеры с ячейками Бенара и реакцией Белоусова-Жаботинского. Диссипативная система — это система, находящаяся далеко от состояния равновесия, но в то же время обладающая устойчивостью. Что касается ячеек Бенара, они возникают, если есть слой жидкости, и есть градиент температур. Возникает такая пузырьковая структура, которая долго сохраняется, которая обладает определённой устойчивостью, хотя это явно не равновесное состояние. Реакция эта тоже система, находящаяся в сильно неравновесном состоянии. Эта реакция обычная, просто она долго идёт. Мы замечаем механизм, специфические колебания, колебания цвета, видим раствор, и цвет меняется постоянно от одного к другому в течение длительного времени. Это тоже пример диссипативной структуры.

В 1960–1970-е была популярна категория структуры, которую Овчинников определили как инвариантный аспект системы. Какая ещё онтология? Фактически параллельно был системный подход, который развивали Блауберг, Юдин и Садовский. Парадоксы системного исследования наиболее интересны. В принципе понятие системы влечёт за собой целую совокупность понятий: среды, элемента. Понятие системы — это есть некоторая совокупность понятий. Когда мы говорим о системной онтологии, то речь идёт о некой совокупности онтологических понятий. Наиболее интересен методологический анализ этих понятий.

В XXI веке системный подход, который идёт от Бергаланфи, свою популярность утратил. Это скорее история. А современность — это понятие диссипативной структуры. Пригожин ввёл понятие диссипативной системы — скажут многие. Это не совсем так. Его ввёл Тьюринг. Он в 1970-е описал понятие сильно неравновесной и устойчивой структуры. Тьюринг известен по учебникам по математической логике, там есть машина Тьюринга. Те, кто говорят сейчас об искусственном интеллекте, используют понятие тест Тьюринга. Тьюринг ещё известен тем, что он ввёл понятие диссипативной структуры. В

советской литературе писалось, что это ввёл Пригожин, а он ссылался на реакцию Белоусова-Жаботинского. В значительной степени благодаря Пригожину эта реакция получила мировую известность. В его книге эта реакция описана как пример диссипативной структуры.

13. 7. Онтология самоорганизации

Ещё одна онтология, которая была популярна в Советском Союзе, да и в мире вообще. Это онтология самоорганизации. Никакой онтологии в книге Пригожина нет, но параллельно вышла книга Николаса и Пригожина, где понятие диссипативная структура связывается с понятием самоорганизации. А также был такой физик Хакен, который, в частности, занимался теорией лазера, тоже использовал понятие самоорганизации. Этот термин получил онтологическое значение. Появились книги о самоорганизации. У нас были такие авторы, писавшие об этом: Курдюмов, Князева. Они очень сильно занимались онтологией самоорганизации.

Здесь интересно, что понятие самоорганизации приняло не только онтологическое значение, но и идеологическое. Идеология — это вещь все-таки социально-политическая. Она обслуживает в некотором плане некоторые слои общества и некоторые социальные группы. Самоорганизация в 90-е годы стала популярна. Насколько она оказалась прогрессивной, критической? Самоорганизация была индифферентна к критике. Понятие самоорганизации достаточно простое, математики можно за ним не усматривать. Пригожин говорит о городе, как о самоорганизующейся системе, например. Это интересный социальный пример, когда онтология даёт некоторую идеологию. Эта онтология и идеология на данный момент сходят на нет, о ней всё меньше пишут.

Лекция 14. Рудольф Карнап и Уиллард Куайн

14. 1. Рудольф Карнап. Концепция языковых каркасов

Наша сегодняшняя лекция, как и следующая, будет посвящена классикам философии науки: Рудольфу Карнапу (1891–1970 гг.) и его ученику Уилларду Куайну (1908–2000 гг.). Карнап непосредственно участвовал в работе Венского кружка. В своих работах он высоко оценивает деятельность Венского кружка, а Куайн — это его ученик, который если стремился не превзойти учителя, но по крайней мере быть наравне с ним. Куайн — это уже американский философ. Карнап писал первоначально на немецком, а потом, когда он эмигрировал в Соединённые Штаты, он стал писать и на английском. Есть переписка на английском между Карнапом и Куайном, и она называется так: «Dear Carnap, Dear Van». Основное место работы Куайна — это Гарвардский университет. Тем не менее, это учитель и ученик. Хотя Куайн — такой неортодоксальный последователь своего учителя. Хотя он следует за ним в том отношении, что подходит к философии науки через призму логики, оснований математики, так же, как и его учитель Рудольф Карнап.

Работа Карнапа, о которой мы будем говорить, называется «Эмпиризм, семантика и онтология». Она была издана в качестве приложения к русскому переводу книги Карнапа «Значение и необходимость». Это большая книга, а сама статья, в которой он развивает свою идею языковых каркасов, довольно маленькая. О многих вещах Карнап говорит бегло, как о самих собой разумеющихся.

В венском кружке были разные люди. Что стоит только имя Курта Гёделя. Это великий человек, великий математик. Карнап не отходит от идей Венского кружка. Критики неопозитивизма нет. В неопозитивизме главное понятие — это протокольные предложения, вообще это мышление в предложениях, а не в понятиях, поскольку они следуют тому, что сказал Витгенштейн, то есть, что мир есть совокупность фактов, а не вещей. А факты выражаются в предложениях. Это вещи в понятиях, а факты в предложениях. Главное достижение Карнапа, что он вводит понятие языковой каркас (framework). При помощи этих языковых каркасов с одной стороны он как-то развивает точку зрения неопозитивизма, с другой стороны он её ограничивает. Каркас вещей, каркас свойств, каркас натуральных чисел, и намечаются каркасы рациональных чисел и каркасы действительных чисел.

14. 2. Каркас вещей

Чтобы разобраться в самой концепции языкового каркаса, лучше всего начать с каркаса вещей. Идея Карнапа такая: если мы хотим говорить о какой-то области действительности, знания, то мы должны иметь язык. Мы берём её как некую терминологию, как совокупность терминов, как язык. Если мы говорим о вещах, о тех

предметах, которые нас окружают, в том числе о людях, то мы создаём каркас вещей. А во всяком языковом каркасе есть внутренние и внешние вопросы, в том числе внутренние и внешние вопросы существования.

Что есть каркас вещей? По Карнапу мы берём всю совокупность имён существительных, в которых мы говорим о мире и некоторое число союзов, частиц, какие-то глаголы, то есть такой минимальный аскетический язык, естественно, воображаемый. Также нужно различать внутренние и внешние вопросы существования. Если мы задаём каркас вещей: слова стул, стол, дерево, Карнап — то мы уже в этом каркасе предполагаем в качестве внутренних утверждений аналитически истинные утверждения, что эти вещи существуют. Если мы уже взяли этот каркас, то мы можем сказать: лист бумаги лежит на столе. Либо он лежит, либо нет. Это не синтетическое предложение, и ответ на него достигается эмпирическим наблюдением. В то же время сам лист бумаги, сами эти слова — это есть элемент языкового каркаса вещей. Если мы уже взяли этот каркас, создали некоторый набор слов, который составляет этот каркас, мы можем каких-то слов не знать, хотя для другого человека они обозначают вещи. Тем не менее, мы создаём каркас, это может быть очень определённый каркас, то есть все вещи перечислять, может быть несколько расплывчатый каркас.

Мы должны различать внешние и внутренние вопросы. Если у нас есть каркас вещей, то внутренние вопросы предполагают аналитические истинные ответы. Если мы уже имеем некоторый набор: лист бумаги, доска, карандаш — то самим заданием этого каркаса существование этих вещей подразумевается, то есть вопрос о существовании предполагает аналитически истинный ответ, то есть ответ, который следует из самого языка, и не предполагает обращение к опыту. Аналитические предложения — это предложения, которые не предполагают обращения к опыту. Каркас предполагает возможность строить предложения, которые предполагают обращение к опыту. Пример Карнапа: на столе лежит лист бумаги. Это предложение может быть истинным или ложным в зависимости от опыта. Но само существование листа бумаги следует из самого каркаса, то есть ответ здесь будет аналитически истинный.

Кроме таких вопросов есть ещё вопросы философского плана. А вообще вещи существуют? Здесь философы делятся на две позиции: идеалисты и реалисты (материалисты), которые по-разному решают вопрос о существовании мира вещей. Для материалистов, само собой разумеется, что мир вещей существует. А для идеалистов, например, существовать — значит быть воспринимаемым. Таким образом, вопрос о существовании ставится в зависимость от субъекта познания, человека, который воспринимает этот предмет. Вот эти вопросы — это философские вопросы. Карнап, следуя Венскому кружку не считает эти вопросы вообще осмысленными. Эти вопросы навязаны философами. Существует ли вообще мир вещей? Когда мы говорим о реалистах, то мы имеем в виду реализм в философии науки, который практиковался уже где-то к концу 1960-х, и он связан с понятием истины по Тарскому, существования мира

элементарных частиц. Это другой реализм, Карнап его не касается. Этот реализм возник в работах Нагеля, потом Селларса.

Нагель в своей книге «Структура науки» ввёл деление философов науки на три группы: реалисты (сам Нагель), феноменалисты (например, Бас ван Фраассен), инструменталисты (например, Ларри Лаудэн).

Мы имеем в виду раннюю работу Карнапа, где философия науки не пришла к такому делению на группы. Это произошло в 1960-х ближе к концу XX века. У Карнапа проблема стоит по-старому, практически как у классиков марксизма: материализм или идеализм. Когда мы говорим о каркасе вещей, то вопрос о том, существуют эти вещи на самом деле тот вопрос, выходящий за пределы самого каркаса. Он не на том языке, на котором формулируется сам каркас. Этот вопрос Карнап считает метафизическим. На него невозможно дать четкий ответ, это философский вопрос, и он вообще излишний. Нам, если мы имеем каркас вещей, достаточно самого каркаса вещей. Будет эмпирические утверждения об этих вещах, которые проверяемы. Существование этих вещей — это аналитически истины. Это предложения, которые следуют из самого языка. Если мы уже задали каркас вещей, то из самого нашего задания каркаса вещей следует, что эти вещи существуют. Иначе вообще было бы неосмысленным работать в этом каркасе. А вопросы существуют ли они реально, в каком смысле, являются ли они кусочками материи, либо они продуцируются человеческим сознанием, либо они строятся по принципу существовать, значит быть воспринимаемым. Эти вопросы Карнап считает излишними. Это не рабочие вопросы.

Пример языкового каркаса. У меня был список студентов какой-то группы. Я вёл семинары и проводил переключку в начале занятий, и называл имена студентов, которые числятся в этом каркасе, и получал ответ «присутствует» или «отсутствует», подобно тому, как мы говорили, что лист бумаги лежит на столе. Присутствует он или нет — это эмпирический опыт. Но если он включен в этот список, значит он существует. Потому что предмет, который не существует, не может ни присутствовать, не отсутствовать. Был молодой человек, который не появлялся вообще на занятиях. И когда я ставил букву Н в списке, это означало что он отсутствует. Возможно, конечно, задать вопрос, а есть ли он на самом деле, может быть это ошибка при составлении этого списка, может быть, он помер, или уехал куда-нибудь, и он уже не студент. Это вопросы, которые выходят за пределы данного каркаса. Когда мы говорим о мире вещей, это философские вопросы. Но здесь это не философский вопрос, а скорее технический вопрос. Если мы задаём каркас, например, список студентов, то все студенты, которые там упомянуты, должны существовать. Предполагается, что дается аналитически истинный ответ на вопрос об их существовании. В какой день он присутствует или отсутствует — это эмпирический ответ, который задаётся в данном каркасе.

14. 3. Каркас свойств. Дилемма номинализма и реализма

Прейдём к каркасу свойств, который тоже упоминается Карнапом. Хотя о нём он говорит много. Свойство — это то, что даётся прилагательным. То есть у нас будут и вещи, и свойства. Это такой расширенный каркас. Мы можем сказать, что пружина слабая или сильная, где мы можем сказать, что цвет рубашки красный или зелёный. Здесь тоже есть тоже внутренние и внешние вопросы. Внутренний вопрос — это если у нас есть каркас свойств, и там есть различные цвета, то ответ на него есть аналитически истинный, что эти цвета существуют. Например, красный флаг. Является ли флаг красным? Этот вопрос тоже ставится внутри каркаса. На этот вопрос ответ даётся уже эмпирически: мы должны посмотреть на флаг, и определить какого он цвета. И ответить, ссылаясь на эмпирический факт. Какова же здесь роль философии? Карнап говорит, что есть такие философы, которые считают, что нужно эти свойства как-то узаконить, найти их философскую подоплёку.

Здесь философы делятся на номиналистов и реалистов. Сами эти определения далеко не просты. Это более сложное философское деление, чем деление на материалистов и идеалистов. Ответ Карнапа тот же, то есть в том, что это излишество. Можно обойтись без этого деления, пользуясь нашим каркасом свойств. Мы предполагаем, что эти свойства существуют, поскольку они входят в этот каркас. Вопрос об их существовании аналитически истинен. А вопрос о подоплёке этого существования является философским, метафизическим вопросом, которым можно и не заниматься. Деление на номинализм и реализм очень важно для философии и в том числе для философии науки. Всё-таки не хотелось бы оставлять эти термины подвешенными и сказать кое-что.

Когда мы говорим о статусе свойств, мы можем сказать с позиции номинализма, что существуют только вещи, а свойства это уже то, что мы приписываем этим вещам, работая с ними, приписывая им какие-то языковые конструкции. Номинализм имеет всякие разновидности. Кто хочет более глубоко вникнуть в этот вопрос нужно прочитать книгу Френкеля и Бар-Хиллела — «Основание теории множеств». Там есть специальный параграф, посвященный дилемме номинализма и реализма.

Номинализм исходит из того, что существуют единичные предметы. То, что есть общее, это уже есть некоторое объединение предметов, которое мы совершаем путём различных конвенций и создаём себе разные образы. Это номинализм. Реализм считает, что свойства существуют. Эта дилемма работает, если мы с вами будем работать с теорией множеств. Вообще в основаниях математики.

Пример. Быть снежным человеком. Ответ на вопрос, является ли убийство снежного человека охотой или убийством может быть совершенно одинаковым для реалиста и номиналиста. Только основания у них будут разными. По номинализму существуют отдельные индивиды, люди, и мы условно выделяем какой-то класс людей,

который мы называем снежным человеком, то есть подоплёка здесь юридическая. Для реалистов существует сущность человеческая. Для номиналиста это вопрос чисто классификационный, а для реалиста это вопрос о сущности человека, есть ли в нём человеческая сущность, или он животное. Было одно время, когда о снежном человеке много говорили и писали, сейчас уже ничего не слышно. Лет 20 тому назад были дискуссии о том существует ли вообще снежный человек, и серьёзно этот вопрос обсуждали.

Для Карнапа вопрос о номинализме и реализме, когда мы имеем каркас свойств, это вопрос философский, который вообще неинтересен. Дилемма номинализма и реализма, если её рассматривать с позиции Карнапа — это дилемма метафизическая, то есть выходящая за пределы науки и научного здравого смысла. Лучше этим не заниматься, это внешний вопрос (о существовании свойства). Если мы хотим решить вопрос об основании наших рассуждений, то мы приходим к вышеупомянутой дилемме. Дискуссия номиналистов и реалистов важна, когда речь идёт об основаниях теории множеств. Во всяком случае Карнап не рассматривает этот вопрос. Вопрос об онтологическом статусе множества: множество натуральных чисел, множество рациональных чисел, множество действительных чисел.

Когда мы говорим о действительных числах, там у нас стоит сложный вопрос. Действительные числа вводятся при помощи дедекиндовых сечений. Каков вопрос существования? Существует ли 2^2 – натуральное число. Аналитически истинное предложения в каркасе натуральных чисел. Есть так называемые простые числа, которые делятся на самих себя и на единицу: 2, 3, 5, 7, 11... Можно доказать, что существует простое число больше миллиона. Это довольно простая теорема. Ответ будет аналитически истинным. Нужно для этого взять все простые числа, которые меньше миллиона, перемножить и прибавить единицу — будет меньше миллиона. Вообще ряд простых чисел бесконечен, это тоже теорема. Есть философские вопросы, пишет Карнап, которые нам фактически навязывают философы. Вот, что есть число? Это уже внешней вопрос и вопрос метафизический по мнению Карнапа. Потому что мы можем говорить, что 2 есть число, это аналитически истинное предложение. Точка зрения Карнапа достаточно спорная, потому что есть определение числа в рамках теории множеств. И потом Куайн, ученик Карнапа, этот вопрос рассматривает.

Карнап и дальше эволюционировал и под конец жизни занимался проблемами вероятностной логики. Это можно посмотреть в книге Кайберга — «Вероятность и индуктивная логика». Там о Карнапе говорится достаточно много. Он многими вещами занимался.

В этой статье Карнап говорит, что вопрос о том, что вообще есть число, это метафизический вопрос, это вопрос не научный. Мы можем работать в математике, не задаваясь этим вопросом. Но есть теоретико-множественное обоснование математики, и Куайн приводит потом примеры, критикуя Карнапа, о том, как обоснование математики

решает этот вопрос, причём неоднозначно. Определить натуральные числа в теории множеств можно различными путями. Поэтому это вопрос научный, самой математики, а не вопрос метафизический для Куайна. Рациональные числа определяются через натуральные, действительные числа через дедекиндовы сечения.

14. 4. Критика Карнапа Куайном. «Две догмы эмпиризма»

Далее речь идёт о Куайне, о его критике Карнапа. Далее мы будем говорить о знаменитой статье Куайна «Онтологическая относительность». Я бы хотел сказать, как Куайн ещё до этого, критикует Карнапа в статье «Две догмы эмпиризма». Сам Куайн критикует в этой работе философов, правда он чётко не называет, кого именно критикует. Везде он ссылается на Венский кружок как позитивный пример критики и аскетизма в отношении философских вопросов, что есть вопросы, которые лучше не ставить.

«Две догмы эмпиризма». Какие это две догмы? Первая догма — это редукционизм. Что Карнап — это эмпирик, это точно. Вообще все неопозитивисты были эмпириками, во всяком случае то, что их объединяло в занятиях Венского кружка. Вторая догма — дихотомия аналитического и синтетического. Что касается редукционизма, имеется в виду редукция к чувственным данным, то есть к тому, что мы наблюдаем. Неопозитивисты и Карнап в том числе считали, что наше познание сводимо к непосредственно чувственно данному, то есть, к тому, что мы можем пощупать, посмотреть, или к показаниям прибора, которые мы можем зафиксировать. Это всегда будет по отношению к человеку. Всё что вообще осмысленно мы можем проверить, то есть сопоставить с чувственно данным. Но это необязательно будет прямое сопоставление. Мы можем проверить выводы из каких-то наших предложений. Есть абстрактные предложения, которые нельзя сопоставить с чувственно данным, но выводы из них можно сопоставить. В этом как раз идея гипотетико-дедуктивной теории.

Второе — это дихотомия синтетических и аналитических предложений. То есть предложений, истинных в силу того языка, на котором мы работаем. Это аналитические предложения. $2+2=4$ — это аналитическое предложение по Карнапу. То, что существует простое число больше миллиона, — это тоже аналитическое предложение. В физике тоже есть аналитические предложения. Аргумент Куайна в том, что две догмы она из другой следуют. Здесь круговое отношение. Если вы допускаете редукционизм, то вы обязаны допускать дихотомию аналитического и синтетического, иначе редукционизм не пройдет. Также и наоборот: если вы допускаете дихотомию аналитического и синтетического, то вы должны допускать и редукционизм, иначе дихотомию аналитического и синтетического не удастся последовательно провести. Здесь он приводит свои знаменитые примеры. Все красноголовые дятлы имеют красны головы. Красноголовы дятлы — это такая порода дятлов. Считается, что в результате каких-то

мутаций, они могут потерять свои красные головы. Второй пример: все холостяки не женаты.

Лекция 15. Уиллард Куайн

15. 1. Концепция языковых каркасов. Критика Карнапа Куайном в статье «Две догмы эмпиризма»

Продолжим предыдущую тему. Стоит напомнить о Карнапе и его концепциях научной теории и языковых каркасов. Мы начали говорить о Куайне, его критике Карнапа. Дальше у нас пойдут знаменитые тезисы Куайна о неопределённости перевода и онтологической относительности.

Теория языковых каркасов излагается Карнапом в 1950 году в его статье «Эмпиризм, семантика и онтология». А критика этой статьи Куайном в работе «Две догмы эмпиризма» — 1951 год. Карнап в своей статье развивает концепцию языковых каркасов, которая основывается на дихотомии аналитических и синтетических предложений и предполагает её. Аналитические предложения истинны в силу языка, а синтетические должны проверяться опытом. Статья затрагивает и другие вопросы, но предполагает эту дихотомию. Куайн, когда пишет «Две догмы эмпиризма», он критикует Карнапа, но в принципе это более широкая статья, она предполагает критику неопозитивистской концепции проверки теории, сопоставления теории с опытом.

Что пишет Куайн в своей статье «Две догмы эмпиризма»? Там он приводит свои знаменитые примеры предложений, которые считаются аналитическими. Все холостяки не женаты. Все красноголовые дятлы красноголовые. Красноголовые дятлы — это порода дятлов. Допустимо, что в результате мутаций, дятел, который по всем признакам будет красноголовым дятлом, не будет иметь красной головы. Куайн приводит такой пример. Это он рассматривает как аналитическое предложение, которое истинно в силу самого языка, который используется в самой биологии в классификации птиц, дятлов. Эта дихотомия связана с тем, что, когда происходит проверка теории, там есть теоретические предложения, они не проверяются отдельно, они проверяются вместе с предложениями аналитическими. Проверка теории предполагает, что у нас есть теоретическое предложение, аналитическое предложение и есть эмпирические данные. Тогда в этом случае аналитическое предложение не подлежит проверке, оно истинно в силу языка, который используется при формулировании этой области знания. Проверяется сама теория. Она будет опровергнута, если факты будут другими, то есть не теми, которые следуют из этой конъюнкции: $T \wedge A \rightarrow E$. T — теоретические предложения, A — аналитические предложения, E — эмпирические данные.

Тезис Куайна о двух догмах эмпиризма направлен против этого. Идея у Куайна следующая: эта дихотомия сама предполагает аналитическую проверку. Для того чтобы установить, что данное предложение является аналитическим, мы должны иметь какую-то возможность определить термины этого предложения в условиях эмпирии.

Примеры Куайна:

Все холостяки не женаты.

Все красноголовые дятлы имеют красные головы.

Куайн говорит, что для того, чтобы установить аналитичность этих предложений, нам нужно определить слова холостяки и не женаты, красноголовый дятел и красная голова. А как это определить? В эмпирических предложениях. Что такое холостяк? Какие там эмпирические термины? У него нету жены, то есть женщины, которая ведёт в нем совместное хозяйство. А «не женат» мы определим как юридический термин, что нету регистрации брака, нету соответствующей печати, нету соответствующих документов о регистрации брака. Поэтому мы говорим, что все холостяки не женаты. Это предполагает ссылку на эмпирическое предложение. Его можно рассматривать как синтетическое предложение. Если мы определяем «холостяки» ссылкой на эмпирию, это предложение становится синтетическим, поскольку мы проверяем признаки холостяка и неженатого. То же самое относится ко второму предложению. Мы должны дать определение тому, что такое красноголовые дятлы. Это определение будет предполагать какие-то признаки этого вида животных. Красные головы — это тоже нужно эмпирически определить, исходя из эмпирических данных.

Получается так, что сами эти аналитические предложения предполагают какую-то аналитическую конструкцию, иначе мы не сможем ими пользоваться. Они-то как раз и служат для того, чтобы осуществлять эмпирическую проверку. Если мы хотим сказать, что красноголовые дятлы летят на юг осенью, то мы должны пользоваться какими-то аналитическими предложениями. Если мы хотим сказать, что какой-то человек не женат, то мы должны пользоваться первым аналитическим предложением. То есть синтетические предложения, чтобы их сопоставить с опытом, предполагают некоторые аналитические предложения. Здесь получается и наоборот. Аналитические предложения тоже предполагают эмпирическую проверку и предполагают, что должны быть предложения, которые приняты как аналитические. Когда мы проверяем это, мы говорим, что теоретические предложения сами по себе не проверяются, оно само по себе не сопоставимо с опытом, нужны какие-то конструкции, которые связывают его с опытом. Эти конструкции должны быть в аналитических предложениях. Аналитические предложения при этом сами не проверяются. Невозможно ставить оба элемента конъюнкции. Одни из элементов должен быть принят как аналитическое предложение.

Более жизненный пример. У Куайна его нет. Вот, мы проверяем второй закон Ньютона. $f = ma$, где f – сила, m – масса, a – ускорение. Мы можем массу определить непосредственно при помощи рычажных весов. Силу можно примитивно измерять динамометром. Мы можем массу определить через вес. $P = mg$. Но в таком случае если мы проверяем это предложение, то $P = mg$ мы должны считать за аналитическое предложение, соответственно, $f = ma$ — синтетическое предложение. Мы, по сути, не только это предложение, но некоторую конъюнкцию: $f = ma \wedge P = mg \rightarrow E$. Если мы проверяем $f = ma$, то $P = mg$ — аналитическое предложение. Эмпирическая проверка

предполагает, что мы используем не одно предложение, а используем некоторую конъюнкцию. Мы можем проверять, говорить, что это предложение сомнительно, неистинно, ложно, если $P = mg$ мы принимаем как данное, то есть не ставим это под сомнение. В этом смысл той дихотомии аналитического и синтетического, которую критикует Куайн. Куайн в этой статье выступает вообще против неопозитивистской трактовки научной теории.

Всякая неопозитивистская концепция научного знания предполагает эту дихотомию, потому что без неё мы не можем проверить теорию, сопоставляя её с опытом. Теоретические предложения должны иметь сопутствующие аналитические предложения, которые обеспечивают возможность теоретических терминов установить связь с опытом. В данном случае наш пример искусственный, можно проверить и по-другому второй закон Ньютона. В принципе допустимо и такое представление. То же самое, что касается холостяков, неженатых, красноголовых дятлов. Если мы проверяем, что какой-то Петя является холостяком, мы должны использовать в качестве аналитического предложения, что холостяк обозначает, что он не женат. Эта же дихотомия касается и красноголовых дятлов. Мы должны использовать эту дихотомию, использовать ещё аналитические предложения. Куайн имеет в виду именно неопозитивистскую концепцию теории, где работает эта дихотомия аналитического и синтетического. Всякая эмпирическая проверка предполагает дихотомию аналитического и синтетического. Идея Куайна состоит в том, что сама дихотомия аналитического и синтетического предполагает эмпирическую проверку.

Эмпирическая проверка предполагает дихотомию аналитического и синтетического. Дихотомия аналитического и синтетического предполагает эмпирическую проверку. Можно было бы более подробно рассказывать о неопозитивизме. Деление теоретического знания, та схема строения науки, которая используется неопозитивистами, предполагает строгую дихотомию аналитического и синтетического. И тут отношение оказывается круговым, поэтому она некорректна. Нужно искать какие-то другие формы реконструкции научного знания. Во всяком случае такая трактовка находится в подвешенном состоянии. Хотя такая трактовка всё-таки сохранилась в литературе вне зависимости от критики Куайна.

В каком-то приближении эмпирическая проверка является действенным способом проверки научного знания, трактовки того положения, что научное знание отличается от метафизики. Научное знание предполагает эмпирическую проверку, а метафизика — нет. Как, например, у Поппера марксизм и фрейдизм. Нельзя проверить наличие Эдипова комплекса, поскольку нету строгих критериев определения того, как мужчина влюбляется в женщину, в какую женщину, что она должна быть похожа на его маму, может быть, она чисто внутренне какими-то чертами похожа на его маму, неразличимыми со стороны. С точки зрения Поппера это делает фрейдистские комплексы недоступными эмпирической проверке и, следовательно, метафизикой. То же самое в случае утверждения марксизма о победе социалистической революции сразу в

нескольких капиталистических странах с развитой экономикой. Поппер тоже здесь видит такой круг, что это недоступно эмпирической проверке.

Отделение метафизики от научности ссылается на эмпирию. Куайн делает следующий шаг, что эта ссылка на эмпирию не вполне удовлетворительна. В ней тоже есть сложности, и сложности предполагают дихотомию аналитического и синтетического, которая предполагает эмпирическую проверку. Тут отношение круговое. Во всяком случае это надо иметь в виду, когда рассматривается проблема эмпирического подтверждения теории. Статья Куайна также направлена на критику концепции языковых каркасов, которая тоже предполагает дихотомию аналитического и синтетического. По Куайну это отношение оказывается круговым и логически порочным.

Карнап говорил о каркасе вещей, каркасе свойств. Выделение языкового каркаса предполагает внутренние и внешние вопросы существования. А вот ответ на внутренние вопросы существования он предполагает аналитическим. Ответ на внешние вопросы он относит к метафизике и видит порочность такого философского подхода, который обсуждает вопросы существования вещей, существования свойств. Вопрос существования вещей — это дилемма материализма и идеализма. В этом и смысл концепции языковых каркасов. Для того чтобы о чём-то говорить, мы должны задать язык, на котором мы обсуждаем данный вопрос. Карнап приводит также примеры из математики. Чтобы быть понятыми мы должны задать языковой каркас. Но он в свою очередь предполагает деление вопросов существования на внутренние и внешние вопросы. Внешние вопросы существования — это философские вопросы, против которых Карнап выступает. А внутренние вопросы — ответы на них могут быть и аналитическими, и синтетическими. Идея Карнапа в том, что, если мы хотим задавать вопросы в науке и вообще в жизни, мы должны задать языковой каркас. Смысл языкового каркаса в том, что часть ответов на вопросы являются аналитическими. Если мы задаём каркас вещей, то ответ на вопрос о существовании вещей является аналитически истинным. Это не подлежит сомнению. Если мы спрашиваем: есть ли на столе лист бумаги? Это тоже вопрос в языковом каркасе вещей. Он предполагает эмпирический ответ, то есть мы имеем дело с синтетическим предложением. Концепция языковых каркасов предполагает дихотомию аналитического и синтетического. Куайн в статье «Две догмы эмпиризма» эту дихотомию подвергает критике.

15. 2. Тезис Дюгема-Куайна

Статья Куайна заканчивается параграфом, который называется «эмпиризм без догм». Там формулируется тезис, который сейчас называется тезисом Дюгема-Куайна. Он говорит о том, что теорию нужно рассматривать как некое целостное образование, а не как совокупность предложений. При сопоставлении с опытом, если теория опровергается, то мы можем спасти эту теорию от опровержения путём реконструкции

другой части теории. Теория есть некоторая целостность. Опровергнуть её фактически нельзя в каком-то конечном наборе опытов, потому что мы можем всегда уйти от опровергающих фактов путём реконструкции других разделов теории. Этот тезис часто встречается в литературе по философии науки. Разъяснение Куайна усиливает позицию Дюгема о теории как некоторой целостной структуре знания, которая может быть опровергнута, если у вас будет много проверок, и мы увидим, что теория не работает. Но это мы решаем конвенционально. Мы принимаем какое-то решение, что теория не работает. Её нужно отложить куда-то подальше. Куайн поясняет это путём своей критики дихотомии аналитического и синтетического. Разумеется, теории могут уйти со сцены, из научного оборота, но не потому, что какой-то опыт их опровергает, а путём ссылки на достаточно большую обширную совокупность опытов или на какие-то логические просчёты при формулировании теории.

У этого есть и дальнейшее развитие. Гарвардский профессор Патнэм писал об этом. Куайн тоже работал в Гарвардском университете большую часть жизни.

15. 3. «Онтологическая относительность». Тезис о неопределённости перевода

Перейдём к следующему разделу. О тезисе неопределённости перевода и тезисе онтологической относительности. Это вещи логически сложные. Есть у него такая статья «Онтологическая относительность». Это более поздняя статья, чем предыдущая. Это 1969 год. Это статья вообще очень высоко оценивается в литературе по философии науки. Сам Патнэм в одной из своих статей пишет, что это самый важный тезис, сопоставимый по значению с кантовской дедукцией чистых понятий рассудка. Это одна из главных частей Критики чистого разума. Критика чистого разума Канта состоит в ответе на вопрос как возможно чистое, то есть теоретическое естествознание, как возможна чистая математика, то есть математика, которая не строится на кубиках, а строится теоретически путём расчётов и выведения формул.

Статья «Онтологическая относительность» состоит из 2 частей: неопределённость перевода и онтологическая относительность. Тезис онтологической относительности вытекает из его первого тезиса о неопределённости перевода. Куайн в начале пишет, что он слушал цикл лекций Дьюи, что Дьюи последние годы своей жизни формулировал некоторую концепцию значения, на которую опирается Куайн в своём тезисе о неопределённости перевода. Куайн гордится тем, что сначала он слушал лекции Дьюи, а теперь он сам первый, кто читает курс лекций, посвященных философии Дьюи. Значение — есть свойство поведения. Это такая бихевиористская концепция значения слов. Один из отрицательных ориентиров для Куайна — это миф о музее, где значения — это экспонаты, а слова — это то, что в музейной терминологии называется вывеска, то есть подпись под экспонатом. И мы можем переводить с одного языка на другой, то есть осуществлять перевод между языками, существующими, например, внутри

русского языка. Значения — это мысленные сущности. Слова — это знаковые конструкции.

Чтобы понять, что критикует Куайн, я приведу пример. Есть картина, по-моему, в Третьяковской галерее. Это картина Репина. Она одна. Под ней подпись «Иван Грозный и его сын Иван 16 ноября 1581 года». В народе обычно называют эту картину «Иван Грозный убивает своего сына». Картина эта очень известная. Нужно иметь в виду, что, если мы поменяем вывеску под этой картиной, ничего страшного, если мы вместо подписи «Иван Грозный и его сын Иван 16 ноября 1581 года», как картину назвал Репин, поставим подпись «Иван Грозный убивает своего сына», как её называют в народе, никакой разницы не будет. Картина существует независимо от того, меняем ли мы её вывеску. Идея Куайна, которая восходит к Дьюи, что иногда значения рассматривают как мысленные сущности, как ментальные образования, а слова, как некоторые вывески. Он называет эту позицию мифом о музее. Это можно сопоставить с бэконовскими мифами, которые он показывает. Часто в философии применяется такая терминология, что у нас есть мифы, которые надо разоблачить, как, например, это сделал Куайн в предыдущей статье.

Куайн, следуя Дьюи, разоблачает уже другой миф, что значения — это мысленные сущности, ментальные образования, которые находятся в коллективном сознании, либо в голове. Эти мысленные сущности не наблюдаемы, они не могут контролироваться нашим опытом. А способ наблюдения мы можем наблюдать. Куайн исходит из тезиса Дьюи, что значение есть свойство поведения. Фактически само поведение для Куайна есть значение, но только соответствующим образом описанное. Для Куайна значение слов — это не какая-то мысленная конструкция, которая непонятно, где находится: толи в голове, толи в коллективном сознании, толи где-то в идейном пространстве. Для Куайна эта точка зрения ущербна. Мы должны работать с тем, что мы можем наблюдать, что мы можем пощупать, посмотреть. Философия науки должна быть именно такой: она должна исходить именно из наблюдаемого, а не из каких-то мысленных сущностей, которые являются мифическими с точки зрения Куайна. Можно говорить ещё о смысле, хотя он всегда недоопределён. Поведение мы можем наблюдать. Куайн проводит последовательную эмпирическую позицию. Мы можем наблюдать, экспериментировать. Противная этому позиция — это миф о музее, когда значение является ментальной сущностью, которая в принципе ненаблюдаема, которую нужно реконструировать.

Дальше идёт знаменитый пример Куайна с кроликом. Европейский лингвист приехал в какое-то племя и хочет понять язык, на котором говорит это племя. Как он действует? Далее идёт этот пример с кроликом, которым многие восхищаются, например, Патнэм, а другие критикуют, хотя одно другое не исключает. Пример заключается в том, что туземец указывает на кролика и говорит *gavagai*. Куайн говорит, что вот это *gavagai* может быть переведено по крайней мере тремя различными способами. Оно может быть переведено как кролик в целом. Второе — это появление

кролика в поле зрения. Третье — это какая-то часть кролика. Эти переводы друг друга не исключают. Значение этого *gavagai* является жест указания пальцем, а референцией является предмет.

Это такой ограничительный результат. Мы точно не можем перевести это слово. Лингвист, проводящий полевые испытания, справляется с этой задачей, проводя аналогии между различными языками. Сам тезис о неопределённости перевода не об этом. Сам тезис говорит о том, что есть некоторый ограничительный результат. Мы точно переводить не можем. А если у нас будут более сложные случаи? Например, если мы указываем на канистру, а говорим бензин. К чему относится слово: к жестянке или к тому, что в ней содержится. И Куайн это отмечает, рассматривая как осложняющий фактор. Указание на предмет содержит неопределённость. Мы не знаем, как точно переводить. Куайн также рассматривает пример перевод с английского на французский (или наоборот). Там возникает неопределённость.

Неопределённость также возникает и внутри родного языка, когда близкие люди общаются. Такие слова, как холодно, тепло — они это иллюстрируют. Каждый из нас имеет свой язык, и, когда вы общаетесь со своим товарищем, и он говорит «холодно», то для вас это может означать, холодно просто так походя или «брр, холодно, я замёрз». Каждый человек имеет свой язык, связанный с его воспитанием, образованием, вообще с его физиологическим строением. Перевод внутри родного языка также неопределён. Неопределённость — это хроническое свойство. Если мы не вводим миф о музее, конечно. Холодно — это будет ментальная сущность, и для какой-то группы носителей языка она будет общей. Куайн против этого. У каждого человека, в сущности, свой язык, и общаясь, люди переводят друг друга, а перевод всегда неопределён. Если мы не впадаем в этот пагубный ментализм, то мы вынуждены исходить из неопределённости перевода. Это оказывается таким ограничительным результатом, как, например, теорема Гёделя, но это, конечно, с некоторой натяжкой, так как она сформулирована формально, а здесь всё строится на словесных рассуждениях, на интуиции. Также, например, теорема Тарского о невыразимости истины. Много ограничительных результатов. Ограничительный результат, о котором говорит Куайн, это ограничительный результат философского плана, который выходит из трактовки языка. С этим тезисом связан другой тезис Куайна — об онтологической относительности.

Куайн также приводит пример неопределённости в науке. Как натуральные числа 1, 2, 3 могут быть выражены в теории множеств. Один может быть записано как $\{\emptyset\}$, что означает множество, состоящее из одного элемента — пустого множества. Двойка может быть записана, как множество, состоящее из элемента множество, которое состоит из пустого множества, то есть $\{\{\emptyset\}\}$, соответственно, три как $\{\{\{\emptyset\}\}\}$. Но это можно записать и по-другому, например, так: $\{\emptyset, \{\emptyset\}\}$, $\{\emptyset\{\emptyset\}\}$. Куайн вообще не отрицает, что могут быть и другие теоретико-множественные трактовки натурального ряда. Сам Куайн в молодости занимался теорией множеств и логикой. У нас есть разные

способы перевода. Здесь два (в первом варианте записи) является элементом три (во втором варианте записи), и наоборот: два (во втором варианте записи) не является элементом три (в первом варианте записи). Это пример оснований науки. Наверное, можно привести и более сложные примеры. Например, у нас есть разные формулировки квантовой механики. Они тоже будут переводиться друг на друга с некоторой неопределённостью. Трактовка натурального ряда — это уже более точная вещь, но и тут есть неопределённость перевода.

15. 4. Тезис об онтологической относительности

А теперь об онтологической относительности. Если у нас есть фактически разные языки при описании одного явления, и эти языки правомерны, перевод с одного языка на другой он относителен и неопределён. Только неопределённость у Куайна — это не uncertainty, это скорее неразличимость. Это не принцип неопределённостей Гейзенберга.

Чтобы понять Куайна, нужно понять, что у него есть значение и референция. Значение — это способ поведения, а референция — это предмет, к которому относится термин. Если мы берём этот пример с gavaḡai, то значением будет этот жест туземца, а референцией будет точка пересечения указательного пальца туземца с предметом, на который он указывает. Он допускает всякие ментальные трактовки значения. Всё-таки он тяготеет к такой формулировке, что значение есть нечто наблюдаемое, а не то, что мы воображаем, что у человека в голове находится или находится в общечеловеческом здравом смысле, или находится где-то пространстве воображения. Значение — это есть нечто вполне определённое и наблюдаемое, так же, как и референция. Но в конечном итоге мы говорим о непознаваемости референции, потому что мы не можем сказать, на что указывает туземец. Это более сильный тезис. Мы можем сфотографировать туземца, снять фильм, как он показывает на кролика, таким образом мы зафиксируем значение, но вот понять на то же он в действительности показывает — это уже более сложная вещь. Мы здесь сталкиваемся с принципиальной неопределённостью. Тезис неопределённости перевода можно трактовать как неопределённость референции.

Теперь об онтологической относительности. Тут тоже уместно привести пример, который приводят Куайн. Это эпилепсия или одержимость дьяволом. Упал человек и бьётся в судорогах, у него пена изо рта выступает. Это признаки на современном языке эпилепсии. Эпилепсия предполагает такой предпосылочный язык, то есть язык современной медицины. А архаическая медицина — это одержимость дьяволом. Есть фильм Ежи Кавалеровича, знаменитого польского кинорежиссёра, называется «Мать Иоанна от ангелов». Там он показывает, что монашки имитировали всякие одержимости дьяволом, и им послали священника, ксендза, такого чистого, возвышенного, который вообще ничего плохого не знает. Он должен был бороться с дьяволами, которые вселяются в монашек. Потом в конце выясняется, что они всё это имитировали. А он-то

это воспринял по-настоящему. Он совершает преступление: он влюбляется в одну из монашек, как раз мать Иоанну, и убивает рабочих, чтобы спасти эту монашку от дьявола, чтобы дьявол ушёл от этой монашки и переселился в него. Вот насколько серьёзно одержимость дьяволом воспринималась: это реальность, в которой жил этот ксендз. А что хочет сказать Куайн? Язык современной медицины опирается на физиологию, биохимию, предполагает точные опыты и т. д. Предпосылочные языки будут разные. А поскольку у Куайна нет определённости перевода, то весьма важно, что язык современной медицины и язык архаической медицины они непереводимы. Что-то можно перевести, что-то можно сопоставить в описании эпилепсии, то есть того, что мы называем эпилепсией.

Лекция 16. Социальная философия науки 1

16. 1. Неопределённость перевода натуральных чисел на язык теории множеств.

Тезис об онтологической относительности

Лекция будет посвящена социальной философии науки. Прежде чем начать, необходимо сделать замечания по прошлой лекции. Когда я говорил о тезисе Куайна о неопределённости перевода, я приводил пример, как переводится натуральная ряд на язык теории множеств. Там есть два перевода: один Цермело, другой — фон Неймана. Цермело: $\{\emptyset\}, \{\{\emptyset\}\}, \{\{\{\emptyset\}\}\}$. Фон Нейман: $\{\emptyset\}, \{\emptyset \{\emptyset\}\}, \{\emptyset \{\emptyset \{\emptyset\}\}\}$. В результате перевод будет неопределённым, потому что нет критериев, которые позволяют одной форме записи предпочесть другую форму записи. Разница здесь большая. В формулировке Цермело два является элементом трёх, а в формулировке фон Неймана не является. Патнэм называл этот тезис вместе с другими ограничительными тезисами Куайна самым выдающимся результатом, полученным со времён кантовской дедукции чистых понятий рассудка.

После тезиса о неопределённости перевода идёт тезис об онтологической относительности. Тезис онтологической относительности предполагает тезис о неопределённости перевода. Какое-то событие в разных онтологиях выглядит по-разному. В одной онтологии это будет событие 1, а в другой это будет событие 2. Эпилепсия и одержимость дьяволом — это классический пример Куайна. Я даже приводил пример фильма, где показаны люди, которые верят в дьявола, как в объективную реальность. Дальше всё равно предпосылки. Нельзя сказать, что эти онтологии будут переводимы. Онтология 1 имеет предпосылкой онтологию 1', а онтология 2 онтологию 2' и т. д. То есть найти такую унифицированную онтологию невозможно: это противоречило бы куайновскому тезису о неопределённости перевода.

Поэтому такой онтологии нету, то есть, если перевести на такой близкий российскому философу язык: нету единой картины мира. Есть предпосылочные онтологии. Единой предпосылочной онтологии, как бы мы далеко не шли, не будет. Что значит существовать? Есть разные определения существования. Есть определение: объективная реальность. Есть определение: существовать значит быть воспринимаемым. У Куайна есть определение существования. Существовать значит быть значением квантифицированной переменной $\forall xA(x)$. Это означает, если все законы записываются в терминах квантифицированных переменных, они предполагают существование каких-то предметов. Существование — категория, относимая к теории.

С некоторой натяжкой эти онтологии можно считать теориями. Например, всякий раз, когда мы творим добро, мы уязвляем дьявола. Можно это записать в виде предложения с квантором, и отсюда применить определение существования. Но Куайн сам пишет, что его определение существования условное. Мы должны исходить из

такого интуитивного определения существования. Но каждая онтология предполагает своё существование. Поэтому статья Куайна называется «Онтологическая относительность». Куайн говорит: я современный человек, я скорее верю в медицину, чем в одержимость дьяволом. Но есть и другая линия, которая предполагает существование дьявола. Её можно назвать мистической или религиозной.

Суммируя, единой онтологии нету. Мы имеем огромный ряд физических теорий. Гейзенберг ещё давно говорил о 4 концептуальных системах физики. Вопрос о единстве мира, единой картине мира. Это вопрос скорее марксистской или постмарксистской философии. Наука слишком разнообразна, она очень быстро ломает всякие картины мира. Есть корпускулярная, волновая картины мира. Но если мы думаем интегрировать, то квантовая механика их не интегрирует. Она предполагает взаимную дополненность этих картин мира. Это разные вещи.

16. 2. Импликации философии Куайна. От Куайна к феминистскому эмпиризму

Итак, какое же влияние оказал Куайн? Его влияние огромно, и вот одна из импликаций куайновской философии — это книга Нельсон — «Who Knows: From Quine to Feminist Empiricism». Она является классиком феминистской философии науки. Если вы возьмёте Стэнфордскую энциклопедию философии, то увидите, что статья про феминизм там огромна. В данном случае речь идёт не о феминизме вообще, а о феминизме в философии науки. Феминистская философия у нас интенсивно обсуждалась, было несколько защит диссертаций на тему феминизма. Нельсон написала вот такую книгу.

В чём здесь дело? Почему Куайн? Его результаты: тезис Дюгема-Куайна, тезис о неопределённости перевода, тезис об онтологической относительности. Они могут рассматриваться, как некоторые ограничительные результаты применения такой вот философии науки, которая в значительной степени базируется на логике, такой вот классической философии науки, которая идёт от Витгенштейна, неопозитивизма, а ещё раньше от Маха, Дюгема. Различные концептуальные системы она улавливает в лице Куайна и тезиса Дюгема-Куайна, но не улавливает в конструктивном смысле.

С точки зрения Нельсон далее должна идти такая социологическая философия науки, в том числе феминистская философия науки, которая глубоко социологическая. Она имеет дело с людьми, коллективами, а не с понятиями. Во всяком случае не только с понятиями, она соотносит понятия с определёнными социальными структурами. Ограничительный результат в науке — это такое положение, которое говорит «no go», что дальше идти нельзя. Нельзя создать вечный двигатель первого рода, то есть машину, работающую без трения. Есть рассказ Василия Аксёнова, там один молодой человек в сарае на даче создаёт такую машину, но это в общем литература. Второе начало термодинамики говорит, что нельзя создать паровую машину, работающую без холодильника. Нацело преобразовать тепло в полезную работу невозможно. Это тоже

ограничительный результат. Теорема Гёделя о неполноте, теории первого порядка — это тоже ограничительные результаты. Есть такие вещи, где мы не можем дальше идти, и надо менять точку зрения. В этом-то идея госпожи Нельсон, которая написала эту книгу.

А какой дальше путь? Изучение научных коллективов, но социологическими методами. Сама Нельсон выделяет два начала в научной работе: когнитивная власть и когнитивный труд. Когнитивная власть — это не только власть формальная, то есть власть руководители лаборатории, группы, декана, это ещё и власть неформальная. В науке постоянно возникают неформальные группы, которые занимаются какой-то проблемой. Здесь тоже есть свои лидеры. В то же время есть работа. Есть люди, которые сидят в основном с приборами или с листом бумаги и с компьютером. Они работают, напрягают зрение и работают, работают, работают. Это когнитивный труд. Но почему это относится к феминизму?

Вот, госпожа Нельсон до того, как стать философом, была биологом. В биологии много женщин работает в отличие, например, от математики, где мы знаем только двух великих математиков-женщин — это Софья Ковалевская и Эми Нётер. В биологии много женщин работает. Нельсон провела социологические анализы, посчитала, что именно женщины представляют когнитивный труд, а когнитивную власть представляют мужчины. Причём даже не только в формальном смысле, но и в исследовательском смысле. Когда организуются исследовательские группы, мужчины легче пишут записки, легче общаются с другими мужчинами, которые стоят над ними в иерархической лестнице, им также легче писать заявки на гранты. У них более формальный стиль мышления. Нельсон ссылается на литературу, которую мы не проходили, в частности на книгу Майкла Полани — «Личностное знание». Нельсон отмечает такое сочетание событий. Она приводит пример одной дамы, которая стала лауреатом Нобелевской премии. До этого она была в таком состоянии достаточно униженном, ей даже не позволяли, или у неё не получилось получить дипломника, чтобы он, выполняя свою работу, участвовал в её теме. Нельсон всё это отмечает в своей книге. Феминистская философия науки не заиклена на Куайне, это вообще огромный блок литературы.

Сейчас мы перейдём к социальной философии науки. Нельсон — это одна из представительниц социальной философии науки. Весьма популярен такой французский философ Латур. Не так давно вышла книга Касавина, касающаяся Блура, его сильной программы социологии знания. Это всё ныне здравствующие философы. Есть известный социолог науки Мертон. Он умер в конце XX века. Он считается одним из крупнейших социологов XX века.

16.3. Борис Гессен. Доклад «Социально-экономические корни механики Ньютона»

Начало социальной философии науки трудно установить. Возьмём сперва нашего философа — Бориса Гессена. Недавно вышла книга, посвящённая биографии

Гессена, за авторством Корсакова. Книга основана на большом количестве архивных материалов, хотя о нём много известно. Он доктор философских наук: тогда много давали степеней без защиты диссертации, и он получил свою степень по совокупности работ. Это была достаточно обычная практика. Сейчас мы говорим о 1930-х. Гессен вообще коммунист. Находился и на нелегальной работе, и в эмиграции. Работающий коммунист, революционер. Когда началось мирное строительство социализма, он решил посвятить себя науке. У него нет законченного высшего образования, хотя он много где учился, в том числе в Эдинбургском университете, и там изучал физику. Естественно, он прекрасно говорил по-английски. Гессен решил подготовить диссертацию и, наверное, её подготовил под руководством Мандельштама, одного из крупнейших советских физиков, который учился и в Страсбургском университете, начал там преподавать, был там фактически заведующим, первым лицом лабораторией, а заведующим был его учитель Фердинанд Браун, который вместе с Маркони получил Нобелевскую премию за открытие радио.

Мандельштам дал Гессену тему, и она касалась философских оснований статистической физики и, соответственно, квантовой механики, потому что она в значительной степени является статистической физикой, хотя и очень специфической. И вот он там готовил под руководством Мандельштама и опубликовал целый ряд работ о статистических законах, то есть законах, которые связывают не индивидуальные события, а вероятности. Он относил статистические законы к коллективам событий. Здесь возникали разногласия, потому что квантовая механика, согласно копенгагенской интерпретации (ортодоксальной; потому что она изложена в основных учебниках, например, Ландау и Лившица) статистические законы относит и к единичным событиям, потому что эти события имеют вероятностный характер. Гессен придерживался другого мнения на это счёт. Это мнение было очень популярно в Советском Союзе. Он считал, что квантовая механика имеет дело не с индивидуальными событиями, а с коллективами событий. Например, в книге Блохинцева они построены именно на такой интерпретации квантовой механики. Её называют ансамблевой или статистической.

Нас интересует вклад Гессена в социальную философию науки. Этот его вклад выразился в докладе, который он сделал на конгрессе по истории науки. Эти конгрессы и сейчас проходят раз в 4 года. Там была советская делегация под руководством Бухарина. Гессен, который занимался природой научного закона и проблемой вероятности, и исходил из положения что вероятность — это свойства коллектива, а не индивидуального события, сделал там доклад на такую тему, которой он, вроде, раньше не занимался. Этот конгресс прошёл в 1931 году. Доклад Гессена на английском языке привлёк внимание зарубежных историков науки. Это был доклад о социально-экономических основаниях механики Ньютона. Гессен выражает такую марксистскую схему, что производственные отношения требовали создания физики, потому что возникло производство, которое требовало считать, требовало определённых формул, требовало знаний определённых законов, как всё это совершается. В это время в Англии

было строительство шахт и их использование для добычи соответствующих материалов, но для этого были нужны подъёмники, лифты, насосы, откачивающие воду из шахт, то есть целый ряд технических устройств. Они, естественно, требовали определённых расчётов, хотя бы понимания того, как они работают. А для этого требовалось знание физики. Гессен приводит примеры того, как преподавалась физика в университетах до XVII века. Он ссылается на один университет, где физику проходили только по праздникам и для желающих. А потом происходит резкое изменение, и математика с физикой становятся фундаментальными предметами университетского образования. Другая вещь — это кругосветные путешествия, они требовали строительства кораблей, портов, ориентации в открытом океане. Всё это требовало физики, небесной механики, теории приливов и отливов. Последняя теория имела прикладное значение для строительства портов. Доклад начинается с изложения марксистской позиции, где есть базис, надстройка. Базис — производственные отношения, которые меняются под влиянием развития производительных сил. Надстройка — это наука, идеология. Сами надстройки определяются базисом. Затем Гессен переходит к историческим фактам, которые он в большом количестве излагает. В каком виде он был сделан трудно сказать, потому что то, что было опубликовано в интернете — это такой расширенный вариант, который не уместился бы в отведённое Гессену на конференции время.

Судьба Гессена известна, это трагическая судьба. Его арестовали и расстреляли в 1936 году. Академия наук дружно исключила из своего состава, потом также дружно его туда включила, когда он был реабилитирован. Хотя для того, чтобы говорить о Гессене, нужно было бы упомянуть о двух школах в советской философии: диалектиках и материалистах. Хотя и те, и другие были за диалектический материализм. У материалистов главной фигурой был Максимов, а у диалектиков главной фигурой был Деборин. Пальма первенства переходила от одних к другим. Потом начались аресты. Деборин был академиком, а Максимов не был. Последний вообще печально зарекомендовал себя своей борьбой с теорией относительности. Также он был профессором философского факультета МГУ. Прожил достаточно долго. Говорят, Деборин в период арестов спал в сквере. Не потому, что думал, что его там не найдут, а потому что не мог заснуть дома: ему все время казалось, что за ним придут. К нашей теме это имеет косвенное отношение, это фон.

Перед арестом Гессен чувствовал, что сжимается круг. Он ушёл в отпуск и деканом физфака стал Хайкин. Гессен был также заместителем ФИАНа. Он в одно время совмещал две должности. Крупные физики относились к нему с большим доверием и сами выбрали его на эту должность. Но это не помешало тому, что его арестовали и расстреляли.

В книге Корсакова описывается, как происходили допросы. Гессен сознался во всём, кроме того, что он был агентом какой-то террористической организации. Следователи, которые вели этот процесс, издевались над ним, они знали, что их работа не будет высоко оценена, если не будет получено признание, что он является членом

какой-то троцкистской террористической организации. Он упорно не хотел подписывать. Они уже поверх его подписи сами приписали это признательное показание. Дальше дорога к расстрелу была открыта. К слову, сами эти следователи были потом расстреляны.

16. 4. Роберт Мертон

К чему вообще разговор о Гессене? Другой крупнейший социолог Мертон, по крайней мере, как в нашей литературе это трактуется, написал книгу о науке в Англии XVII века в значительной степени в оппозиции Гессену. Это было после доклада Гессена. Я не нашёл в книге ссылок на доклад Гессена, но, возможно, она есть в его статьях, которые готовили эту книгу и разрабатывали эту тематику. У Мертона подход был совсем другой, немарксистский. У него в первую очередь речь шла об этике, о религии. Он замечает, что всякие успехи производства, нововведения, огромную роль играют в подготовке науки, но для того, чтобы они стали важны для общества, нужны не только потребности производства, необходимо изменение системы ценностей, поэтому он ссылается на книгу Макса Вебера — «Протестантская этика и дух капитализма». Это известная книга. Он ссылается на этические нормы протестантизма, который появился в Европе, как некоторая оппозиция католицизму, и рассматривает те этические нормы, которые диктовались протестантизмом. Он, как полагается социологу, подходит исходя из фактов, то есть, в первую очередь, он берёт «Dictionary of National Biography» — словарь национальных биографий. Он смотрит, кто же были активные члены Королевского Общества, которое возникло в XVII веке. Они были в основном протестантами. Это такой эмпирический факт, из которого они исходит. Так же, как Гессен, он даёт ссылку на то, что изучалось в университетах ещё в XVI веке и вдруг такой значительный поворот в конце XVI века — цитируется 1583, 1590. В конце XVI века Исаак Барроу (учитель Ньютона по математике) начал читать в Кембриджском университете лекции по математике.

Социология науки хороша, когда она опирается на факты. Пусть это будут исторические факты. Я не привёл такой интересный пример. Географические открытия, кругосветные путешествия — они волновали всё общество, и, когда во время французской революции, казалось, вся Франция следила за тем, что происходит в Конвенте, она ещё следила за одним кругосветным путешественником, который потом исчез. Этим путешественником был Лаперуз. Люди волновались: куда же он делся? Когда Людовика XVI привели на казнь в 1793 году, то он спросил самого близкого человека на тот момент: а какова судьба этого путешественника, что-нибудь известно нового о нём? Этот человек сказал, что ничего нового неизвестно. Это был палач, который отрубил ему голову.

1662 год — официальное создание Лондонского Королевского общества, которое занималось наукой. До этого были различные кружки.

Бруно Латур тоже опирается на Лондонское Королевское общество. У него есть книга «We Never Been Modern». По-русски это можно перевести как «Мы никогда не были нововременными». Там он тоже опирается на Королевское Общество.

Мертон пишет, что 1662 — это официальное объявление о создании Лондонского Королевского Общества. А туда входили Ньютон, Гюйгенс, Рен, Галей, Бойль, Гук и многие другие. Сам факт существования этого Лондонского Королевского общества, которое стало издавать журнал, который, кстати, выходит до сих пор: «The Philosophical Transactions». Но это всё такие эмпирические факты, на которые Мертон опирается в своих рассуждениях. А в них, в свою очередь, он опирается на протестантскую этику. Он берёт Вебера и соглашается с этим. С тем, что крайние формы протестантизма дали некоторые этические нормы и повлияли вообще на этику государства, а не только на религиозных людей. Они стали вообще в каком-то смысле этическими нормами. Он цитирует Вебера, что эти протестантские нормы распространялись вдоль государств, где было много протестантов. Они не ограничивались только религиозными организациями. Эти нормы стали нормами, которые стимулировали развитие науки. Происходит сдвиг в интересах английской элиты.

Что это за сдвиг? Вопрос такой теологический. Здесь Мертон фиксирует тот факт, что теологическая составляющая стала влиять на государство, на массовое сознание. Для христиан очень важен догмат спасения, воскрешение к новой жизни после смерти. С точки зрения ортодоксального католицизма спасение даруется тем, кто ведёт праведную жизнь, кто ходит в церковь, предан католицизму и т.д. С точки зрения протестантской этики человек не знает: предназначен он к спасению или нет, но имеет шанс что-то узнать. Для этого ему надо вести себя благочестиво. Что это значит? В первую очередь трудится. Это не значит, что твой труд должен быть неоплачиваемым, что он должен был благотворительным, например, кормить нищих в монастыре. Ты должен трудиться на благо общества. Есть некоторый всеобщий труд. Отсюда следовало, что наука, который этот труд стимулирует, которая даёт для труда некоторую картину мира, что она тоже полезна. Тогда надо изучать науку, и тогда твой труд будет более продуктивным и полезным для общества. Ориентация на среднего человека, простого труженика, хотя он не обязательно должен быть бедным, он может быть богатым, которая свойственна протестантизму. Вот это оказалась ключевым моментом формирования науки. Этот момент Мертон как раз подчёркивает.

Как Мертон строит свои рассуждения? Он исходит из эмпирических фактов, как полагается социологу. Он изучает этот словарь национальных биографий и смотрит, кто же были вот эти выдающиеся люди, которые сделали английскую науку, и не только её. Мертон считает, что здесь наиболее важна этическая составляющая, и ссылается на работу Вебера о протестантской этике, которая отличается от католической. Хотя протестантизм возник сразу же во множестве школ, Мертон вместе с Вебером считает, что существуют определённые этические нормы, которые распространяются по всем

протестантским странам. Этот тезис не очень очевидный, но он подтверждается различными фактами, высказываниями и т.д. Догмат спасения протестантами трактуется по-другому. Отсюда возникает утилитаризм, береженое отношение к человеческому труду, к повседневному труду. А этот повседневный труд приводит к научному труду. Наука, которая открывает картину мира для трудящегося человека, оказывается весьма полезной с протестантской точки зрения. Отсюда стимул к развитию науки в Англии того времени. Также и в других странах. Позиция Мертона в этом отношении отличается от позиции Гессена. Хотя и приводит к тому же результату. Если это становится фактом общественного сознания, то это всё-таки другое дело, чем если это факт материального производства и факт производственной необходимости. Если Гессен подчёркивает, что надо поднимать воду из шахт, и для этого в отсутствии универсального двигателя очень важны всякие передаточные механизмы, и вообще нужно знать как устроен насос. В этой связи важны эксперименты Роберта Бойля с насосами. Если Гессен это подчёркивает, то у Мертона иначе: прежде чем это влияет на сознание, структуру интересов людей, это должно стать ценностью. С ценностью уже имеет дело этика.

Дальше социальная философия науки на этом не кончается. Мертон прожил до конца XX века. Он занимался разными социологическими проблемами. Он сформулировал некое определение науки, которое состоит из четырёх пунктов:

1. Универсализм
2. Альтруизм
3. Коммунизм
4. Организованный скептицизм

Каждую черту надо расшифровать. Универсализм — наука даёт универсальные законы природы, которые применяются вне науки. Альтруизм — бездоходность. Научная работа, конечно, оплачивается, но это не значит, что научный работник должен рассчитывать на нобелевские премии и на какие-то награждения. Если он на это рассчитывать, то науки не будет. Она должна быть самоотверженна. Должна быть работа ради науки. Коммунизм — научное знание принадлежит всем, всему человеческому обществу, а не только тому, кто его получил. Организованный скептицизм — в науке должна быть критика, иначе наука не существует.

Лекция 17. Социальная философия науки 2

17. 1. Роберт Мертон. Определение науки

В прошлый раз я говорил о социальной философии науки, которая граничит с социологией науки, и философия науки исчезает, и возникает такая единая социальная философия науки. Интересно, что происходит смещение интересов, которое подчёркивает философия науки, которое подчёркивали Мертон и Гессен. Если людей раньше интересовали святые, новые иконы, всякие монастырские истории, то в период французской революции и раньше в XVII веке интересы смещаются. Интересным становится устройство мироздания, устройство природы. Это связано с тем, что производство меняется, как подчёркивал Гессен, что возможность строительства шахт при отсутствии универсального двигателя (которым впоследствии стала паровая машина), всякие вопросы передачи движения стали весьма актуальны. Мертон ещё подчёркивает, чтобы изменения в производстве стали общественно значимыми, важно чтобы изменилась система ценностей в обществе. Он в этой связи ссылается на «Протестантскую этику» Вебера. Он обильно цитирует всяких протестантских богословов, причём всякие крайние формы протестантизма, такие как пуританизм. Они выразили более рельефно вот эту смену этических норм и распространились вообще по всему протестантизму. Как я говорил в прошлый раз, Мертон начинает свою работу, обратившись к словарю национальной биографии, и он, как социолог, выясняет, в первую очередь, какого вероисповедания были вот эти члены Королевского Общества, которые двигали и создавали интерес к науке. Он приходит к выводу, что большинство из них были протестантами. Сначала идёт эмпирический факт, затем рассуждение.

Далее идёт его описание смены ценностей в обществе. Попутно вместе со сменой производственных отношений менялась и этическая ориентация, а вместе с ней менялось всё мировоззрение. Новое мировоззрение предполагало, что это не просто интерес к машинам, к тому, как организовать движение кораблей, их причалы и порты, а вообще к устройству мироздания. Вот этот интерес к устройству мироздания и привёл у тому, что мы наблюдаем в XVII веке, к Роберту Бойлю, Исааку Ньютону и их сподвижникам, Барроу, который был учителем Ньютона по математике.

В Кембридже есть Тринити колледж, к которому принадлежал Исаак Ньютон. Там есть церковь и если вы войдёте в эту церковь, то главной фигурой там будет не божья мать, как в католических церквях, а в центре там стоит скульптура Исаака Ньютона. По бокам другие великие английские учёные, в частности Исаак Барроу. Там есть всякие таблички великих людей, принадлежавших к Тринити колледжу, в частности, там есть наш Пётр Леонидович Капица, который там работал, а затем вместе со своей лабораторией переехал в Москву в Советский Союз и стал советским учёным.

Главная идея Мертона, так же, как и Гессена, это изменение производства, но, если Гессен непосредственно видит в изменении производства базис того, как поменялось сознание, то для Мертона весьма важна смена этических норм.

Впоследствии, у Мертона появилось определение науки, которое я писал выше. Мертон был одним из крупнейших социологов XX века и занимался не только социологией науки. Он умер в конце прошлого века, и это был период, когда умерло много великих людей XX века. Эти черты науки означают:

1. **Универсализм.** Наука даёт универсальные законы. Научное знание, которое возникает в какой-то лаборатории, находящейся в каком-то месте, оказывается действенным по всему миру.

2. **Альтруизм.** Наука бездоходна, автор научного открытия может ничего не получить за своё открытие, и это нормально. Всякое открытие не на пустом месте возникает, и провести грань между тем, где данный человек совершил открытие и его предшественниками чётко нельзя. И даже если какой-то специалист получает Нобелевскую премию, получает какие-то другие государственные награды, то это не означает, что его предшественники получили тоже эти награды. Он стоит на том основании, которое создали его предшественники. И даже если один из них кто-то получает награду, то это внешние обстоятельства, а не суть науки. Суть науки в том, что специалист работает на науку, а не на себя. Ему это просто интересно, он работает ради интереса.

3. **Коммунизм.** Научное знание должно быть открытым, доступным широкой публике. Только в этом случае оно становится научным знанием, потому что какой-то другой учёный, в другой обстановке, в другой стране может это использовать в своей работе и будет развивать это.

4. **Организованный скептицизм.** Критика науки входит в состав науки. Это не внешний фактор, а суть науки. Не будет критики — не будет науки. Мы могли это наблюдать на ряде примеров, например, лысенковщины в Советском Союзе.

Сейчас все эти четыре пункта работают. Хотя это не совсем так. Возьмём коммунизм. Казалось бы, с возникновением интернета этот коммунизм усилился, но возникают чисто эмпирические трудности с таким пониманием науки. Когда я преподавал в МФТИ, студенты мне говорили: хорошо, коммунизм, а вы попробуйте достать через интернет японский журнал по нанотехнологиям, это не получится, за это надо платить деньги, чтобы получить возможность прочитать какую-то статью. В каких-то случаях издательства рекламируют свою работу, но в других случаях коммунизм как бы кончился. Даже за прочтение какой-то работы на некоторое время нужно платить, а это уже не коммунизм. Какое-то достижение не является научным достоянием всего человечества.

Я бы хотел, чтобы эти четыре пункта Мертона были восприняты критически. Надо смотреть: годится ли это определение для современного состояния науки. Тут надо думать и смотреть. Само определение не является логичным, так как из одного не вытекает другое. Это черты науки, которые замечены социологом, обобщены и включены в такое определение.

17. 2. Дэвид Блур. Сильная программа социологии знания

На этом мы закончим о Мертоне и поговорим о другой фигуре социальной философии науки, это Дэвид Блур, ныне здравствующий философ науки, который выдвинул так называемую сильную программу социологии знания. Это программа тоже идёт по пунктам.

1. Беспристрастность
2. Симметрия
3. Причинность
4. Рефлексивность

Есть такой Илья Теодорович Касавин, который не так давно выпустил книгу, где он пытается рассмотреть развитие науки, в значительной степени используя эту программу социологии знания.

Беспристрастность. У философа науки не должно быть никаких предпочтений, когда она рассматривает какие-либо научные достижения. Он не должен говорить, что это наш учёный, а это наш противник из другого лагеря. Должна быть равномерная оценка, такой спокойный взгляд вообще на всё развитие науки. Не должны быть какие-то искусственные выделения каких-то особых направлений, которые кажутся философу, который проводит анализ, наиболее предпочтительными.

Симметрия. Достижение и поражения науки должны быть одинаково интересны. Если мы должны говорить о развитии науки, то мы должны объяснять не только, как, например, в Советском Союзе, развитие советской физики, не только появление курса Ландау и Лившица по физике, по которому до сих пор учатся во многих университетах, но мы должны иметь в виду такие странные феномены, как лысенковщина. Что это такое? Это явление, которое во всяком случае, которое тоже объявляло себя научным. Лысенко, правда, как-то заявил после войны на одной из конференций, на которой присутствовал Сталин: «Я не оратор и не писатель, я только яровизатор!». На что Сталин откликнулся и сказал: «Браво, товарищ Лысенко, браво!». Само это явление заслуживает внимания. Внимание вождя, про которого потом Аркадий Райкин сказал: он же и учитель, он же и корифей. Внимание Сталина к мичуринской агробиологии, которую развивал Лысенко — это само по себе интересное явление. Не только создание первой водородной бомбы, слойки Сахарова. Мы должны видеть науку того времени во всех, по крайней мере, главных представителях и направлениях.

Лысенковщина и лысенковская агробιология — это было одним из явлением советской науки, и она должна быть объяснена также, как должны были быть объяснены успехи этой науки, также как должны быть объяснена агробιология. Как известно, конец Лысенко пришёлся уже после смерти Сталина уже в хрущёвские времена, хотя Хрущёв сначала поддерживал Лысенко, потому что была общая потребность быстрого успеха в сельском хозяйстве. Такие явления должны иметь такое же социологическое объяснение, как имеют и другие явления, успехи советской науки. В этом отношении должна быть симметрия. Концом Лысенко было письмо, подписанное большим числом членов советской академии наук, а также рядом представителей разных наук. Это был протест против Лысенко. Судьба Лысенко хорошо описана в романе Дудинцева «Белые одежды». Там он выведен под другой фамилией — академик Рядно. Там описано, как он фальсифицировал научные достижения, каким образом он использовал чужие достижения в свою пользу. Такая грязная кухня науки. Дудинцев описывает его дальнейшую судьбу. Он оставался членом президиума академии наук, но, когда он приходил на заседания, вокруг него образовывалось пустое место, никто не хотел рядом с ним садиться. Это, конечно, суровое наказание.

Причинность. Объяснение должно быть социальное и причинное. Блур исходит из понятия социальный контекст. Он должен давать строгое, причинное объяснение развития науки. Здесь есть сложность. Наука, если даже говорить в марксистских терминах, — это область духовного производства. Как можно вывести из материального производства духовное непонятно. Тем не менее, Блур ставит такую задачу. Если Мертон исходит непосредственно из факта существования науки и анализирует науку как социальное явление, то Блур имеет в виду всё время социальный контекст науки. И вот этот контекст должен быть так сформулирован, чтобы объяснить те явления, которые происходят в науке.

Рефлектировать. Сама социология должна иметь научное объяснение.

Такая вот сильная программа. Она в буквальном смысле сильная. В том смысле, что она требует значительной работы и манипуляции с различными социальными явлениями, изучением не только прямого контекста развития науки, но контекста контекста и контекста изучения этого контекста в деталях, которые позволяют объяснить детали развития науки. Такая программа предполагает большую и серьёзную работу. Блур также требует, чтобы наука объяснила сам факт появления этой программы.

Когда речь идёт о таких заметных вещах, как лысенковщина, тут, казалось бы, социальное объяснение как раз и напрашивается, хотя можно искать и другие объяснения, например, противопоставления дарвинизма и ламаркизма, это предполагало свою интерпретацию истории биологии, истории теоретической биологии, вело к враждебному отношению к генетике. Был такой даже ругательный термин «менделизм». Как известно, Мендель открыл законы наследственности в своих опытах с горохом.

Причём это было сделано практически одновременно с выходом трудов Дарвина о теории происхождении видов путём естественного отбора.

17.3. «Веймарская республика, причинность и квантовая механика»

В качестве примера я бы взял большую статью Формана, тоже здравствующего философа науки, которая называется «Веймарская культура, причинность и квантовая механика». Здесь предпринята попытка, причём очень заметная, так как статья была высокоцитируема, социального объяснения квантовой механики, во всяком случае теории типа квантовой механики, где нету детерминизма, нет того, что называется лапласовским детерминизмом. Это совершенно другое отношение к вероятности и причинности. Форман предлагает такое социальное объяснение, которое во всяком случае соответствует духу этой сильной программы Блура. Эта статья фактически отдельный номер журнала. В чём здесь суть?

Веймарская республика возникла в 1918 году в результате поражения Германии в Первой Мировой Войне, в тот год, когда была опубликована книга Шпенглера «Закат Европы». Такое символическое совпадение. Возникла вот эта Веймарская республика, которая с самого начала была слабым государством: Германия потеряла территории, в том числе Страсбург, который отошёл Франции, свои успехи в промышленности и сельском хозяйстве. Поражение было очень сильным. Были наложены ограничения на развитие той страны. Форман и пишет, что Веймарская республика была слабым государством во многих отношениях: и в отношении армии, и в отношении финансов, и в отношении внутренних структур. А когда есть проблемы с финансами, то большую популярность получают общественные и гуманитарные науки: они просто стоят дешевле. Они начинают оказывать влияние, они становятся популярными, они притягивают деятелей естественных наук, физиков, химиков, биологов. Они начинают заниматься общественными науками, потому что это интересно, популярно, потому что это интересует общество. У нас тоже были такие явления в 1990-е годы и в начале нынешнего века.

Изменилась политика гуманитарной науки. Это вело к большому числу семинаров, где возникало такое соединение гуманитарного знания и физики, математики. Можно взять Венский кружок или Общество эмпирической философии в Берлине. Присутствовало много философов, физиков, математиков — они активно дебатировали вопросы развития науки, и в ходе этих дебатов выходил на первый план вероятностный характер науки. Какую модель предлагали и Венский кружок, и Общество эмпирической философии? Это гипотетико-дедуктивная организация знания, где в основе лежат гипотезы высокого уровня абстракции, стоит задача отделить науку от метафизики, где метафизикой был и жесткий детерминизм, то есть отделить науку от детерминизма. Соответственно, в эту структуру входили также протокольные предложения и эмпирические факты. А за гранью находится метафизика. Между

гипотезами и протокольными предложениями есть дедуктивные связи. Такая структура ослабляет требования к причинному объяснению. Причинные объяснения становятся метафизикой в этой структуре. А нам достаточно гипотезы, хотя гипотезы — это вероятностное знание. Мы можем говорить о степени вероятности. Вероятностные предложения могут быть высоко вероятностными, но они все равно не являются такой твёрдой опорой, какой могла бы быть метафизика. На базе этих гипотез и развивается наука.

Дальше Форман обращает внимание на то, что проблема вероятности стала весьма популярной. В это время возникает, кажется, в 1919 году, Рихард фон Мизес. Человек, который известен и в гуманитарном мире, и в мире научном. Его вклад в гуманитарную область огромен, он написал книгу «Позитивизм» (это английское название). По-немецки она называлась «Kleines Lehrbuch des Positivismus», то есть маленький учебник позитивизма. Этот маленький учебник вообще претендовал на то, чтобы распространить позитивистское мировоззрение на всё знание. Это был учебник и по естественным, и по гуманитарным наукам. Если говорить о его вкладе в науку, то это, прежде всего, частотное понятие вероятности, которое стало достаточно популярно. Это частотное эмпирическое определение. Вероятность — это предел последовательности относительных частот. Потом уже Колмогоров в противоположность фон Мизесу формулирует аксиоматическое определение, которое стало ведущим. Но понятие Мизеса сыграло свою роль и в плане критики классического понятия и в плане вообще развития идеи вероятности. Если мы бросаем монету, то вероятность того, что выпадает орёл, будет пределом последовательности наших опытов с бросанием монет. У нас может быть 0,5 — половина опытов, следующее будет 0,6, потом опять 0,5, 0,4 и т. д. Вероятность — предел последовательности. Понятие является эмпирическим, а значит относительным.

В этом тоже проявляется дух Веймарской республики, её скептическое отношение к строгим причинным законам. То, отношение, которое распространилось в Германии и в немецкоязычных странах, это было отношение к законам науки, как к вероятностным утверждениям. Это следовало и из философских реконструкций науки. Популярность мизесовского определения вероятности — это тоже свидетельство о духе Веймарской республики с её культом такого относительного, эмпирического, вероятностного знания. Даже Колмогоров, который очень мало писал о какой-то философии, тем более о критике позитивизма, тоже в одной из своих статей в энциклопедии пишет, что фон Мизес находился под влиянием махизма. Но это не является отрицательной чертой, это просто является историческим фактом. Это никак не снижает важности его работ. Это частотное понятие вероятности было также популярно и в Советском Союзе. Вот, Гессен опирался на это определение вероятности в его интерпретации физических законов. Также и другие из его кружка, у него была такая кафедра, которая занималась проблемами истории философии науки. Они вели семинары, и там очень важно было обсудить вот этот результат Гессена. Был такой математик Хинчин. Он был противником такого определения вероятности и выступал с

лекциями, где критиковал это определение. Хотя, например, в учебнике Леонтовича по статистической механике, который был издан уже после Второй Мировой Войны, хотя вероятность определяется по Колмогорову, он пишет, что для того, чтобы применять теорию вероятности, нам важно определение фон Мизеса.

Далее Форман отмечает большое значение одной теории на пути от старой теории Бора к квантовой механике Гейзенберга и Шрёдингера. Между ними была очень важная теория в концептуальном отношении, которая просуществовала очень недолго. Это теория Бора-Краммерса-Слейтера. О ней пишет не только Форман, о ней пишет главный историк квантовой механики Макс Джеммер. Слейтер потом прославился своими результатами в теории многоэлектронных систем. Она была важным этапом на пути к квантовой механике. Она тоже носила вероятностный характер. Даже законы сохранения принимали не жесткую причинную форму, а тоже выполнялись в среднем как некоторые законы, возникающие из усреднения. Это позволило потом развивать квантовую механику. Эта теория оказала влияние на ту идеологию, в рамках которой формулировалась квантовая механика. Это идея и Формана, и Макса Джеммера.

В рамках выполнения сильной программы социологии знания Блур важно такое событие — это, во-первых, философия Венского кружка и Общества эмпирической философии, вообще такой дух свободной дискуссии, который не свойственен естественным наукам, где важно считать и делать опыты. Во-вторых, это эмпирическое понятие вероятности фон Мизеса. В-третьих, это путь к квантовой механике, заложенная в этих трудах, концепциях философия, подготовившая создание того, что мы называем квантовой механикой.

17. 4. Бруно Латур

Теперь нужно сказать о Бруно Латуре, ещё одном представителе социальной философии науки, весьма популярном у нас авторе. Он написал книгу о лабораторной жизни в соавторстве с Вулгар. Она о лабораторной жизни, причём здесь используется довольно сложная биохимия. Программа Латюра антиблуровская: нет социального контекста, наука осваивает всё интеллектуальное пространство. Латур, конечно, постепенно эволюционировал и писал на разные темы. С ним некоторые наши философы науки переписываются. У него есть свой сайт. Он кавалер ордена Почётного легиона.

Надо сказать о первых работах Латюра о Пастере. Первая работа Латюра была о великом французском учёном, который занимался органической химией. С ним связана история открытия оптической изомерии органических соединений. Это Луи Пастер. Широко известна его борьба с сибирской язвой. Латур пишет, что эпидемия сибирской язвы во Франции вызвала к жизни Пастера. Одно из его великих достижений — это вклад в эту борьбу. Сибирская язва — это болезнь, которая поражала скот во Франции и наносила серьёзный ущерб французскому сельскому хозяйству. Статьи и книги Латюра о том, как Пастер находился между своей лабораторией в Эколь Нормаль и фермой, где

он проводил свои опыты. Сам по себе этот подход говорит, что нельзя говорить, что есть производственный контекст науки, что наука находится в контексте материального производства. Наука есть соединение этих начал, как в данном случае: лаборатория и ферма. Невозможно представить, что вот одно из них было вторичным, а другое первичным для Пастера. И то, и другое было важно. Латур говорит: «Если вы хотите победить, переведите интересы кого-то на свой язык». Пастер перевёл на свой язык, язык учёного, интересы фермеров. Сначала были взяты пробы из коров, которые находились на этой ферме, потом в лаборатории эти пробы исследовались в лаборатории. Там исследовалось каким образом эволюционируют возбудители сибирской язвы, каким образом микробы превращаются в споры, которые дают им возможности пережить всякие трудности внешних условий, как споры потом опять превращаются в микробов, которые потом опять поражают организм. Когда Пастер разработал вакцину против сибирской язвы, он продолжал работать и в лаборатории, и на ферме. Ферма нуждалась в нём, потому что надо было знать, каким образом надо вакцинировать коров: какие должны быть временные интервалы, когда нужно вакцинировать, как сохранять лучше вакцину. Лаборатория нуждалась в ферме, чтобы получать какие-то задачи и какой-то опыт от фермы. Вот это постоянное движение туда и сюда и составляет смысл пастеровской работы.

Латур ссылается на один из важных факторов, который существовал в XIX веке — это статистика. Она оказывается и в XIX веке была очень важной наукой. Статистика была с одной стороны инструментом исследования, а с другой стороны обеспечивала популярность работам Пастера.

Нужно подчеркнуть новаторский характер Латура. Я не хочу сказать, что Латур это последнее слово. Характер его работы действительно был новаторским в том плане, что он разрушал дихотомию социальный контекст-наука. Латур вводит понятия сеть и актор. Если говорит о Пастере, то сеть — это вообще то, что простирается в бесконечность. Почему эта метафора используется? Потому что у сети нет ни начала, ни конца, ни основания, ни верха, ни низа. Все звенья сети одинаково важны. Актор — это элемент сети, это и учёный, который проводит опыты или теоретические исследования, и крестьянин на ферме, и журналист, который каким-то образом всё это освещает, это и политик. Это участник этих событий. Говорить, что основным участником был учёным, а остальное только составляло контекст, неверно.

Статья Латура носит название «Давайте мне лабораторию, и я сдвину общество». Это пересказ известного афоризма Архимеда: «Дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир». Лаборатория — это не просто элемент общества. Общество пронизывает лабораторию, но также, как и лаборатория потом пронизывают всё общество. То есть результаты, которые получены в лаборатории пронизывают всё общество.

Латур даёт любопытное определение научных фактов. Для неопозитивиста фактами является эмпирическое нечто, например, изменение цвета раствора. Латур определяет научные факты так. «Факты, как поезда: они без рельсов не ходят». Если у вас есть какое-либо наблюдение, то оно не сразу становится фактом. Чтобы оно стало фактом, должна быть целая индустрия, которая бы поддерживала это наблюдение, в рамках которой это наблюдение бы воспроизводилось, вписывалось, делалось бы объектом цитирования и т. д. Также Латур сравнивает факт с замороженной рыбой. Чтобы рыба была заморожена, нужно чтобы целый комплекс, целое промышленное предприятие, связанное с другими предприятиями, обеспечивало сохранение этой рыбы. Ещё интересная его цитата: «Сейчас никому не приходит в голову сослаться на Лавуазье, когда он говорит, что вода — это H_2O ».

Какие ещё факторы важны? Статистика, движение гигиенистов, политика. Латур пишет, что Пастер завоевал Францию. Как политический деятель он потерпел полное поражение, но как учёный, как деятель науки, он завоевал Францию. Идеология научной лаборатории как необходимый элемент общества и общества, как необходимого сотрудника лаборатории — это главное, что пишет Латуру в своей статье.

Одна из последних работ Латура: «We Never Been Modern». У нас она переведена как «Нового времени не было». Я считаю, что более корректно было бы перевести «Мы никогда не были нововременными». Тут рассматриваются Роберт Бойль и Томас Гоббс. Действие происходит в Англии XVII века. Как взаимодействуют Гоббс и Бойль? С одной стороны, они создают две разные концептуальные структуры. Латур говорит о том, как эти структуры связаны между собой, как они взаимодействуют.

Есть такое направление в западной философии науки Science Technology Studies (STS). Оно стало одним из определяющих. Латур оценивает место этого движения в философии науки.

Лекция 18. Бруно Латур и квантовая механика

18. 1. Латур и Пастер. Уход от интернализма и экстернализма

Сейчас мы закончим социологическую философию науки. Мы остановились на Латуре, на его работе о Пастере «Дайте мне лабораторию, и я переверну весь мир». Это не сколько история, сколько исторические условия, импликации, следствия, к которым привела работа Пастера. Здесь весьма важно, что он уходит от двух крайностей, которые есть в философии науки. Во-первых, от интернализма, то есть выделения каких-то общих тенденций развития научного знания. Во-вторых, от экстернализма, то есть упора на социальный контекст, социальные условия, в которых происходит научная работа. Латур, изображая Пастера, стремится создать образ сети. Сеть есть нечто бесконечное, не имеющее концов. Это есть некая бесконечная структура. В ней находится наука, которая пронизана социальными отношениями, в той же мере, в которой социальные отношения пронизаны научной работой. В конце он пишет, что лаборатория Пастера — это не только лаборатория в Эколь Нормаль, это была вообще вся Франция, поскольку его открытия могут быть поняты в политическом контексте. С одной стороны, это решение проблемы сибирской язвы. С другой стороны, это ответ на социальное движение гигиенистов, партийную борьбу во Франции. Как политический деятель Пастер не имел успеха, но как учёный он один из наиболее примечательных и уважаемых людей во всей Франции.

Лаборатория в буквальном смысле является одной из частичек этой сети. Участников: научных работников, также как и журналистов, также как и фермеров, также как и политических деятелей — Латур называет акторами, то есть действующими лицами этой драмы. Каждый из участников интересен, о каждом из них можно писать. С одной стороны ферма, на которой ставил опыты и учился Пастер, чтобы победить сибирскую язву. С другой стороны, Пастер сам может быть понят в контексте этой сети. Пастер, фигура, которая входит в словарь научных биографий. Это крупный учёный.

Латур пишет, чем вообще политический деятель отличается от научного работника, учёного. У политического деятеля нет лаборатории. Поэтому он сразу выдаёт свои рецепты всему народу. Начинается политическая борьба, которая пронизывает всё общество. Но в науке эта борьба опосредована экспериментами, которые Пастер ставил в своей лаборатории, которые потом стали известны во всей Франции и получили политическое и социальное значение.

18. 2. Открытие двойной спирали Уотсоном и Криком

Как дальше Латур развивает свои идеи? Это ранняя работа о Пастере. Дальше он продолжает писать о лабораторной жизни. У него есть книга, где он пишет об открытии знаменитой двойной спирали Уотсоном и Криком, получившими за это

Нобелевскую премию (вместе с ещё одним человеком). Это известное открытие произошло в 1970-х годах в лаборатории Кембриджского университета. Было показано, что молекула ДНК составляет двойную спираль. Латуру здесь труднее показать, что это является общественным явлением, труднее понять деятельность этой лаборатории как социально-политического явления. Лаборатория не существовала изолировано от всего остального мира. Например, такой факт. Сын великого химика Полинга (Pauling), одного из немногих дважды лауреата Нобелевской премии: за открытия в химии и за сохранение мира, дал Уотсону и Крику статью Полинга. Они там нашли ошибку и поняли, что у них очень мало времени, потому что Полинг сам найдёт эту ошибку. Нужен был компьютер. Рядом с ними в Кембридже разрабатывался как раз такой компьютер, который им был нужен. Совпали интересы тех людей, которые разрабатывали этот компьютер и Уотсона с Криком. Первые нуждались в рекламе, а последние непосредственно в самом компьютере. В этом плане это тоже такое социальное явление. Здесь такая рафинированная лабораторная наука. Разумеется, когда была открыта двойная спираль, она вошла во всех учебниках. Есть такая знаменитая книга Шрёдингера — «Что такое жизнь с точки зрения физики». Если бы он писал её попозже: не в 1950-е, а после открытия Уотсона и Крика, он бы написал её по-другому. Тем не менее, лаборатория пронизана общественными отношениями также, как общественные отношения пронизаны лабораторной жизнью. У Латура этот тезис остаётся ведущим, несмотря на трудности, которые есть в этой книге. Оказывается, ведь никто и не был заинтересован в работе Уотсона и Крика. Она мыслилась руководителем как эзотерическая. Тем не менее, совокупность контекстов создала то, что мы называем сейчас двойной спиралью, структурой ДНК и РНК. Этот вклад в биологию, который связан с деятельностью Уотсона и Крика.

18. 3. Научные факты

Я в прошлый раз привёл несколько высказываний Латура о научных фактах. Первое, что факты, как поезда, и без рельсов не ходят. А второе, что факты можно сравнить с замороженной рыбой, что они существуют поскольку есть ряд производств, и на них работает общество. Он также вспоминают Башляра, и там есть такое высказывание: «Факты фабрикуются». Конечно, это высказывание противостоит неопозитивистскому подходу, где факты связывались с протокольными предложениями, факты были результатами наблюдения. Здесь факты есть некоторая социальная конструкция, социальное производство. Факты в каком-то смысле фабрикуются. Они создаются, но это благодаря социальным процессам. Они существуют, потому что существуют разные социальные явления, которые их поддерживают, в рамках которых они значимы. Как наблюдение становится фактом? Это, конечно, отличается от гипотетико-дедуктивной теории, от Поппера, Райхенбаха. В рамках такого дискурса обсуждался вопрос о фактах.

Как создаётся факт? В лаборатории какой-то человек приходит и говорит: «я заметил отклонение стрелки прибора». Может, никто не обратит внимания, но могут и обратить. Потом они за чашкой чая обсуждают вот этот результат, который он заметил, как его понять. Постепенно он становится фактом. Но это ещё не факт. Его нужно ещё опубликовать, и опубликовать в журнале, который читают. Это должны посмотреть рецензенты, которые решат публиковать ли эту статью, или нет. Вот, например, известна история с Белоусовым, когда его статью отклонили два ведущих журналов. Причём редактором одного из журналов был Семёнов, который был или стал потом лауреатом Нобелевской премии по химии. Вопрос такой непростой. Потом это должно войти в научный оборот. На эту статью должны ссылаться. Чтобы этот факт жил, нужно чтобы его воспроизводили. Например, сейчас, когда мы говорим, что вода — это H_2O , никому не приходит в голову ссылаться на Лавуазье. Сама идея атомного строения стала не просто достоянием школьного образования, но и достоянием здравого смысла современного человека. Факты возникают, и они должны поддерживаться. Если вы придёте с законом Бойля в какую-нибудь деревню в Конго, то, может быть, они и не поймут о чём вообще идёт речь. Нужно, чтобы в голове у них был насос, которым пользовался Бойль или что-то ему подобное.

18. 4. «Мы никогда не были нововременными»

Я бы хотел перейти к последней работе Латура «Нового времени не было». Скорее это надо было перевести так: «Мы никогда не были нововременными». Это работа скорее философская, как понимать философию, общество, социальность.

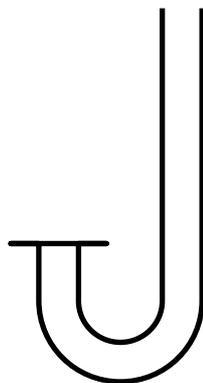


Рисунок 18. 1. Трубка, в которую заливают ртуть (из экспериментов Роберта Бойля)

Вышла работа на английском языке двух историков науки, где рассматривались одновременно и Роберт Бойль, и Томас Гоббс. Обычно пишет Латур эти два имени разделяются. Поскольку Бойль — это химик, А Гоббса интересует политическая

философия. Книга, на которую ссылается Латур, это попытка соединить политическую философию и философию науки. Гоббс и Бойль рассмотрены вместе. Приняты во внимания работы Бойля и Гоббса, на которые обычно не обращают внимание. Это привлекло внимание Латура. Он рассматривает эксперименты Бойля, которые привели к известному закону Бойля: $pv = const$, где p – давление, v – объём. Эти эксперименты были большой наукой, потому что для своего времени они были достаточно трудными.

Можно изобразить этот эксперимент так (рисунок 18. 1). Это лишь часть эксперимента. Была длинная трубка, запаянная с одной стороны. Трубка 2 м высотой. Трубка заливалась ртутью. В зависимости от давления ртути, замерялся объём. Сначала было атмосферное давление, потом давление менялось. Вот, на что обращает внимание Латур. Эта наука была технизирована. Кроме того, давление выше атмосферного (были опыты, когда давление было ниже атмосферного). Эти эксперименты были бы непоняты, если бы не интеллектуальная работа, предпринятая в то время. Что считать фактом? Когда была принята такая презумпция, что показания двух свидетелей под присягой уже факт, то в этом контексте наблюдение, которое проведено учёным, научным работником и его коллегами тоже становилось фактом. Наблюдение алхимиков, которые открывали философский камень — это были наблюдения совершенно другого рода в другой интеллектуальной обстановке. Здесь же ставится целенаправленный эксперимент. Наблюдение людей становится фактом, становится обсуждаемым явлением в обществе. Становится фактом, потому что это засвидетельствовано людьми. В этой связи Латур приводит пример. Общество создаётся человеком и существует природа. Благодаря идеологии, которую создавали и Бойль, и Гоббс, менялось отношение и к природе, и к обществу. И там, и там возникают знаменитые слова, сказанные Лапласом в ответ на вопрос Наполеона почему в его работах отсутствует упоминание о Боге: «Я не нуждаюсь в этой гипотезе, государь». Здесь эти слова цитирует Латур. Они справедливы и в отношении общества, и в отношении природы, благодаря деятельности таких великих людей, как Томас Гоббс и Роберт Бойль.

18. 5. Квантовая механика. Копенгагенская интерпретация

Какая философия науки, если в ней квантовой механики? Это сложный вопрос. Какие-то формулы надо иметь в виду. Что такое состояние квантовой системы, состояние электрона. Как известно, квантовая механика идёт от статьи Гейзенберга 1925 года, затем от целого ряда статей Макса Борна, Шрёдингера. Далее идёт математическое оформление в работах Дирака. 1932 год — математическое изложение квантовой механики фон Нейманом. Затем 1934 год — квантовая логика. Статья Бирхофа и фон Неймана, где квантовая логика изображена в виде теории решёток, хотя есть и другие трактовки квантовой логики. Есть интерпретативная квантовая логика, а есть квантовая логика, которая развивает математический аппарат квантовой механики.

Принцип суперпозиции. $\psi = a_1\varphi_1 + a_2\varphi_2$ (формула записывается несколько иначе). Сама волновая функция не имеет эмпирической интерпретации. Эмпирическую интерпретацию имеют те физические величины, которые связаны с волновой функцией. Вот эти коэффициенты. Если мы говорим, что в состоянии φ_1 — это собственное состояние оператора энергии, и у нас энергия здесь будет e_1 , а в φ_2 энергия e_2 . Коэффициенты говорят о вероятности. Их квадрат модуля, поскольку они комплексные, это есть $a_1^2 = a_1 \cdot a_1^*$ — вероятность обнаружить состояние φ_1 .

Можем упомянуть соотношение неопределённостей, которое сформулировал Гейзенберг в 1925 году. $\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \pi h$.

Уравнение Шрёдингера, которое демонстрирует динамику квантовых систем. Его нужно учитывать, когда мы говорим о философии квантовой механики.

На русском языке есть целый ряд очень хороших книг по этой теме. Есть книга Блохинцева — «Основы квантовой механики». Есть книга Фока об основаниях квантовой механики. Самое важное — книга Ландау и Лившица о квантовой механики. Все эти книги имеют мировую известность. Хотя Ландау и Лившиц излагают позицию Бора, а это копенгагенская интерпретация квантовой механики. Её иногда называют ортодоксальной, так как она изложена в основных учебниках. Она изложена и в учебнике Ландау и Лившица, и в учебнике Мессиа, и в книге Давида Боба, и в фейнмановских лекциях по физике, хоть и с каким-то оговорками, но там излагается именно эта интерпретация.

Формула Гейзенберга. В ней Δp_x — импульс, а Δx — координата частицы. Их произведение не может быть больше или равно πh . Здесь обязательно должны быть неточности. Если вы приходите к точному измерению координат, то у вас огромный будет разброс по импульсу и наоборот. Гейзенберг иллюстрирует это в своём примере с гамма-микроскопом.

В чём состоит суть копенгагенской интерпретации? В ней главное это концепция дополненности Нильса Бора. Против неё и были направлены усилия тех, кто возражал копенгагенской интерпретации. А таких было много. И в Советском Союзе тоже. Например, Блохинцев. В своих первых статьях он говорил об ошибках советских физиков, критикуя копенгагенскую интерпретацию. Это вторая половина 20-х годов XX века. Он ссылался на идеологические работы Ленина и Сталина. Поэтому эти работы Блохинцева были идеологическими. Копенгагенская интерпретация считалась идеалистической. Та, интерпретация, которую принял Фок, это не было копенгагенской интерпретацией, но это было близко к ней. Наши философы стали излагать копенгагенскую интерпретацию в её ортодоксальном виде, это были киевские философы Дышлевый, Свириденко и московский философ Алексеев. Он выпустил книжку «Концепция дополненности». Она аутентично воспроизводит Бора с его точки зрения. Более того, он пытается в последней главе дать марксистскую интерпретацию,

исходя из первого тезиса Маркса о Фейербахе, где подчёркивается деятельностный аспект познания. Эти трём вышеупомянутым авторам мы обязаны тем, что копенгагенская интерпретация вернулась. А у Ландау и Лившица она, конечно, всегда была.

Michael Redhead — «Incompleteness, inlocality and realism». Книга посвящена философии квантовой механики. В Кембридже Редхед основал школу, занимающуюся интерпретацией квантовой механики.

Эта картинка из этой книги. Её я уже рисовал (рисунки 3. 1, 3. 2). Как понять импульс электрона? Должен быть источник электронов, то есть какая-то машина. Чтобы измерить импульс, мы должны иметь диафрагму, которая смещается. Она на такой пружинке, она подвижная. В таком случае мы будем иметь корпускулярную картину. А ниже будут, естественно, такие круги, которые мы можем наблюдать, если мы проткнём занавеску, и на другой стороне стены есть солнечный день. Речь идёт о том, что в копенгагенской интерпретации подход к реальности приборный, то есть через призму приборов. Прибор создаётся человеком и применяется им. Таким образом, это подход к квантовой механике через человека. Что делает её не объективной теорией, а теорией, которая зависит от присутствия человека в мире, от человеческого сознания. То есть, вообще говоря, если пользоваться терминологией наших учебников идеалистической теории, что, конечно, было противно идеологии коммунизма. Я не буду говорить об этом ходе событий, об этом можно почитать в Стэнфордской энциклопедии.

Философия квантовой механика возникла в связи с квантовой информатикой, криптографией, квантовыми компьютерами. Но это уже дело, скорее, XXI века. Надо вернуться к копенгагенской интерпретации.

Первым критиком был Эйнштейн. Также Карл Поппер, который был недоволен, но не по идеологическим соображениям, а потому что это подрывает концепцию научного знания, как некоторого фальсифицируемого набора суждений. Если мы пользуемся копенгагенской интерпретацией, то соотношение неопределённостей становится нефальсифицируемым. И в 1934 году выходит его «Logik der Forschung».

18. 6. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена

Наиболее значимым аргументом был EPR paradox или парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена, который сформулировал Эйнштейн в совместной статье. Я попытаюсь его изложить, но в той форме, которую ему придал Давид Бом, когда он ещё был сторонником копенгагенской интерпретации. Чтобы сформулировать этот парадокс, нужно сформулировать понятие реальности и полноты теории, которыми оперирует Эйнштейн. «Если мы можем, — пишет Эйнштейн, — с достоверностью или с вероятностью равной 1 предсказать значение какой-либо физической величины, то существует элемент реальности, соответствующий данной величине». А полнота — это

теория, которая выражает все элементы реальности, относящиеся к данной сфере. Мысль этих трех авторов состояла в том, что квантовая механика неполна. Они борются не против квантовой механики, а против копенгагенской интерпретации квантовой механики.

В изложении Давида Бома рассматривается пара электронов, электрон имеет пространственные координаты, ещё имеет спиновую переменную. Наглядно она может быть понята как вращение электрона по часовой стрелке или против часовой стрелки, хотя, вообще говоря, это неверно, но так можно её понять. Смысл такой, что мы должны иметь в виду пару электронов. С парой электронов мы встречаемся, скажем, в молекуле водорода. Химическая связь обеспечивается парой электронов с противоположно направленными спинами. Состояние пары электронов может быть выражено такой формулой на языке квантовой механики: $\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha(1)\beta(2) - \alpha(2)\beta(1))$, где α и β – это спины электронов. Это состояние ψ -функции, которая изображает квантово-механическое состояние пары электронов. Приписывать какому-то электрону конкретный спин невозможно, то есть можно сказать, что спин размазан между двумя электронами. Так, мы берём один из электронов и отправляем его в Санкт-Петербург, так что физическим влиянием его на другой электрон можно пренебречь. Потом мы производим измерение у нас происходит редукция волнового пакета, и мы узнаём, что электрон в Москве имеет спин α . У нас происходит редукция. Мы имеем уже одно слагаемое из этой суммы. Электрон в Санкт-Петербурге имеет спин β . Мы таким образом вычислили спин электрона, который мы отправили куда-то далеко от электрона, который имеет спин α . Это, конечно, мысленный эксперимент.

Далее очень важное рассуждение. Что было за 10 минут до нашего измерения? Здесь было следующее. На электрон этот, который мы установили, что у него спин β , потому что мы установили, что у электрона, который мы оставили в Москве, спин α . Мы рассуждаем так. А что было с этим далеко отстоящим от нашего электрона электроном за 10 минут или за 1 час до нашего измерения? Никакому физическому влиянию этот электрон не подвергался. 1 час назад или 10 минут назад мы имели дело не с одним электроном, а суперпозицией, где размазано значение спина по двум электронам. Мы не можем с определённой уверенностью сказать, что какой-то из электронов обладает тем или иным спином. Здесь же получается так, что мы можем приписать электрону физическую величину — спин электрона, которая реальность. В то же время мы описываем систему тем уравнением, которое я написал выше, которое касается пары электронов. Согласно этому уравнению реальности один электрон не имеет, реальность имеет пара электронов. Мы можем предсказать для пары электронов, что один из электронов будет иметь с определённой вероятностью спин α , а другой с определённой вероятностью спин β или наоборот. С точки зрения эйнштейновского определения реальности у нас есть элементы реальности, которые не выражены в теории. Следовательно, квантовая механика не полна.

Эйнштейн, Подольский и Розен нигде не возражают против квантовой механики, они возражают против копенгагенской интерпретации квантовой механики. В квантовой механике есть элементы реальности, которые не выражены в языке данной теории. Нельзя сказать, что Нильс Бор не отвел на возражение Эйнштейна, Подольского и Розена. Он ответил. И дальше была дискуссия. В зависимости от того, какую сторону вы принимаете в этой дискуссии, от этого зависит какую интерпретацию квантовой механики вы принимаете. Нильс Бор сказал, что данное представление не является физическим. Физикой мы считаем только такие ситуации, где мы можем померить, где у нас есть прибор чтобы померить. Вот это рассуждение, экстраполяция этого состояния на предшествующее явление не является физическим. Оно не отвечает физике, как экспериментальной опытной науке. Если мы говорим о состоянии и объявляем его элементом реальности, то наше понятие реальности становится не физическим и не соответствующим пониманию физики как науки. Это весьма важное соображение. Нильс Бор до конца своих дней придерживался копенгагенской интерпретации. Ландау, который считал себя учеником Бора, также её придерживался. Интерпретация эта приборная. Она касается квантовой механики, и говорит, что мы не можем мыслить физическую реальность вне зависимости от тех приборов, при помощи которых мы наблюдаем эту реальность. Но прибор вещь человеческая: он и конструируется человеком и применяется человеком. Человек решает, что в данном случае измерять. Он не может одновременно измерять и координату, и импульс. Нужно выбирать.

18. 7. Неортодоксальные интерпретации квантовой механики

Что можно сказать о неортодоксальных интерпретациях квантовой механики? Например, ансамблевая (статистическая) интерпретация квантовой механики. Её выдвинул Карл Поппер, который написал письмо Эйнштейну. Удалось ему организовать ситуацию так, что это письмо попало на глаза Эйнштейну. Тот ответил ему, и Поппер впоследствии опубликовал везде этот ответ Эйнштейна. Ещё до Поппера по всей видимости был Слейтер. Слейтер вне зависимости от кратковременной теории Бора-Краммерса-Слейтера был известен своим вкладом в теорию многоэлектронных систем и вообще до войны был одним из самых крупных в США физиков. Он по всей видимости вне зависимости от кого-либо другого пришёл к статистической интерпретации квантовой механики, согласно которой квантовая механика имеет дело не с одной частицей, а с коллективом частиц.

Американский философ немецкого происхождения Маргенау тоже исходил из такой интерпретации. После войны он опубликовал книгу, в которой несколько глав посвящено квантовой механике. У нас в Советском Союзе статистическая интерпретация квантовой механики излагалась Мандельштамом в его лекциях. Также этой интерпретации придерживались Гессен и Никольский. Блохинцев в 1940-е и 1950-е был одним из таких ярких оппонентов копенгагенской интерпретации квантовой механики. Блохинцев также выпустил философскую книгу об интерпретациях квантовой механики,

причём там он рассматривает не только спор между копенгагенцами и их противниками. Поппер называл потом другую интерпретацию, которую можно сравнить с интерпретацией Фока. В ней состояние системы выражается в виде тенденции, которая имеет вероятностный смысл. Эту интерпретацию называют пропенситивной. В первых своих работах Поппер придерживался ансамблевого подхода и интенсивно возражал против той интерпретации соотношения неопределённостей, которую выразил в своей книге «Физические вопросы квантовой механики».

Лекция 19. Аксиоматика Давида Гильберта

19.1. Характеристика формальной аксиоматической системы Гильберта

Продолжим изложение аксиоматического метода. В прошлый раз мы говорили об аксиоматике Гильберта, которая уточняет Евклидову геометрию. Это аксиоматика не является формальной. Она выражается на естественном языке. Все слова должны быть на месте, и основные термины определяются контекстуально внутри аксиом, которые формулирует Гильберт. Это некоторое продвижение вперёд по сравнению с Евклидом, но это ещё не строгость современной математики, которая была достигнута Гильбертом попозже. Во втором десятилетии XX века он занялся формулированием формальной арифметики в ответ на выступление интуиционизма против обычного изложения математики, которая свободно пользуется законом исключённого третьего.

Сейчас я бы хотел сказать в чём суть аксиоматического метода Гильберта, формального аксиоматического построения теории вообще. Этим занимался не только Гильберт. Как и в современных учебниках по логике я начну изложение не с формальной арифметики, а с формального изложения исчисления высказываний и исчисления предикатов. Таким образом строятся современные учебники по логике. Вот, например, учебник Мендельсона называется «Введение в математическую логику». Есть знаменитая книга Клини «Введение в метаматематику» и его же книга «Математическая логика». Они построены несколько по-другому, нежели у Мендельсона.

Наша задача в данном случае не показать различия между этими формальными построениями аксиоматической теории, а наоборот показать, что существенно для формальной аксиоматической системы. Она порывает с естественным языком и уже говорит на языке формул. В ней вводится понятие формального доказательства. Формальное доказательство — это n формул, где каждая K -тая формула является аксиомой или построена из предшествующих $K - 1$ формулы. То есть всякая формула является либо аксиомой, либо формулой, полученной по правилам вывода. Надо обязательно писать также, как и в случае со словесной аксиоматической системой Гильберта, только уже здесь оперируя значками.

Начинаем, как и принято в учебниках по математической логике, с исчисления высказываний, потом идёт исчисление предикатов, правда коротко, а потом формальная арифметика. Попутно мы будем говорить о тех импликациях, связанных с формальным изложением теории.

19.2. Построение формальной аксиоматической системы Гильберта.

Доказательство теорем

Аксиоматика исчисления высказывания по учебнику Мендельсона:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $(A \supset (B \supset C)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset C))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$

Всего три аксиомы. Очень компактное изложение. Разумеется, надо понимать, что стоит за этими значками. Но ещё важнее ими оперировать. Эти значки в исчислении высказываний задаются при помощи таблиц истинности. Например, отрицание или импликация. Также есть конъюнкция и дизъюнкция. У Мендельсона они не используются, хотя в книгах Клини они используются, в его аксиоматической системе, которую я потом напишу. Эти значки, то есть дизъюнкцию и конъюнкцию, можно определить, исходя из этих двух значков: отрицания и импликации.

$\neg A$	A
Л	И
И	Л

таблица истинности для
отрицания

$A \supset B$	A	B
И	И	И
И	Л	И
И	Л	Л
Л	И	Л

таблица истинности для
импликации

Чтобы понять, что такое формальная аксиоматическая система, важно разграничение на объектный язык и метаязык. Все наши аксиомы сформулированы на объектном языке, а метаязык говорит, как надо оперировать этими значками, которые заключаются в объектном языке. То, что я написал определения через таблицы истинности, это метаязык по отношению к тому объектному языку, на котором записаны аксиомы. Для того чтобы оперировать аксиомами, нужны правила вывода. Они записываются в метаязыке. Главное правило — это правило подстановки. Например, вместо A мы можем подставить $A \supset A$ или $A \supset B$, важно, что если мы сделали подстановку, то она должна быть везде, то есть одной и той же формулой замещаться должны все A. Мы должны делать это везде. В качестве правила вывода мы берём правило modus ponens. Оно формулируется таким образом. Его нужно записать в метаязыке, поэтому буквы по-другому должны быть отмечены. Modus ponens: $\frac{A \supset B, A}{B}$.

Это правило можно называть правилом отщепления. Иногда не пользуется понятием подстановки, а говорят, что здесь не аксиомы, а схемы аксиом. Это одно и то же. Если мы будем переводить аксиомы на язык исчисления высказываний с таблицами истинности, то эти формулы будут всегда истинными, при любых значениях A, B, C . Истинность задаётся самой структурой этих формул. Исходя из этих формул, мы можем уже доказать теоремы. Докажем теорему.

Её иногда называют тождеством. Очень простая теорема.

Доказательство теоремы $A \supset A$:

1. $A \supset ((A \supset A) \supset A)$ – подстановка вместо формулы B формулы $A \supset A$
2. $(A \supset ((A \supset A) \supset A)) \supset ((A \supset (A \supset A)) \supset (A \supset A))$ – подстановка вместо B формулы $A \supset A$ и вместо C формулы A в схему $A2$
3. $(A \supset (A \supset A)) \supset (A \supset A)$ – modus ponens: 2, 1
4. $A \supset (A \supset A)$ – подстановка вместо B формулы A в схему $A1$
5. $A \supset A$ – modus ponens: 3, 4

Докажем ещё одну теорему, чтобы задействовать знак отрицания.

Доказательство теоремы $(\neg A \supset A) \supset A$:

1. $(\neg A \supset \neg A) \supset ((\neg A \supset A) \supset A)$ – подстановка формулы A вместо формул A и B
2. $\neg A \supset \neg A$ – так как $A \supset A$ уже доказано
3. $(\neg A \supset A) \supset A$ – modus ponens: 1, 2

19.3. Метатеорема о дедукции и следствия из неё

Далее я буду доказывать более сложную теорему $\neg\neg A \supset A$. Её доказывать труднее, потому что в других изложениях аксиоматического исчисления высказываний эта теорема используется как аксиома. У Клини эта формула используется как аксиома. В лоб её не докажешь. Тут понадобится теорема о дедукции. Мы её доказывать не будем. Это теорема как бы накладывается на формальное изложение исчисления высказываний. Смысл её в том, что если у нас есть такая конструкция, где G — это некоторое множество формул, и мы присоединяем к G некоторую формулу A , и из этого следует некоторая формула B , то из этого всего следует что из G следует $A \supset B$. То есть, $G, A \vdash B \Rightarrow G \vdash A \supset B$. Когда я читал лекции инженерам, я пользовался такой аналогией, что если, скажем, G — это формула арифметики, A — это формула общего члена арифметической последовательности, то отсюда можно вывести формулу суммы членов арифметической последовательности. Это значит, что из арифметики можно вывести вот такую импликацию, то есть то, что из общего члена арифметической последовательности следует выражение для суммы элементов арифметической последовательности. Главное

— вот эта конструкция. Сама эта теорема нам не потребуется, а потребуются следствия из теоремы о дедукции. В доказательстве применяются следствия из теоремы о дедукции.

Два следствия из теоремы о дедукции:

1. $A \supset B, B \supset E \vdash A \supset E$ (транзитивность)
2. $A \supset (B \supset E), B \vdash A \supset E$

Следующее, что я хотел бы сказать. Мы ввели понятие формального доказательства. Оно является весьма существенным. И когда мы придём к основаниям математики, мы увидим, что они строятся совсем по-другому, не так, как в геометрии Гильберта.

19. 4. Расширения формальной аксиоматической системы Гильберта

Наша система начинается с изложения исчисления высказываний. Далее есть исчисление предикатов, и мы уже должны вводить другие правила вывода — это правило навешивания или удаления кванторов. Мы не будем доказывать теоремы в исчислении предикатов, но всё-таки сформулируем, что должно быть добавлено к нашей аксиоматической системе, если мы хотим перейти к исчислению предикатов. Следующий пункт — это формальная арифметика, а дальше может быть формальная теория множеств. Далее могут быть идти определённые разделы алгебры. Естественно, всё не получается сюда включить, то есть все разделы математики, например, дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных, уравнения в математической физике. Здесь основания математики.

Аксиомы исчисления предикатов:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $(A \supset (B \supset C)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset C))$
3. $(\neg B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$
4. $\forall x A(x) \supset A(t)$ — где $A(x)$ — формула нашей теории, а t — терм, свободный для x в $A(x)$
5. $\forall x(A(x) \supset B(x)) \supset (A(x) \supset \forall x B(x))$

Правила вывода: modus ponens и правило обобщения (правило навешивания кванторов).

19. 5. Математический интуиционизм и неконструктивные доказательства

Гильберт, когда начал строить свою формальную арифметику, боролся против математического интуиционизма. Это такое очень важное течение в основании математики, которое накладывает ограничение на наши изложения математики.

Интуиционистская критика борется против так называемых неконструктивных доказательств. В России тоже есть свои классики интуиционизма. Например, Драгалин, который читал лекции и вёл семинары на механико-математическом факультете МГУ.

Против чего же выступал интуиционизм? Он выступал против неконструктивных доказательств. Мы можем доказать существование какого-то математического объекта, но в доказательстве не будет какого-то рецепта, как построить этот объект. Он приводил такой пример этого доказательства. Нам нужно доказать, что существует рациональное число, которое является результатом возведения иррационального числа в иррациональную степень. Как эта теорема может быть доказана в классической, то есть не в интуиционистской математике? Берётся $\sqrt{2}$. Это иррациональное число. Достаточно легко можно доказать, что $\sqrt{2}$ не может быть представлен как рациональное число: $\sqrt{2} \neq \frac{m}{n}$. Это тоже будет доказательство от противного, у нас не получится равенство. Если мы предположим, что здесь не неравенство, а равенство, то мы придём к противоречию. $\sqrt{2}$ – иррациональное число. Это значит, что оно не может быть представлено в виде дроби $\frac{m}{n}$, где m и n – натуральные числа. Мы возводим это в степень $\sqrt{2}$, и у нас есть две возможности: это рациональное число или это иррациональное число. Если это рациональное число, то теорема уже доказана. Пусть это будет иррациональное число, тогда мы возведём $\sqrt{2}^{\sqrt{2}}$ в степень $\sqrt{2}$ и получим $\sqrt{2}^{\sqrt{2}^{\sqrt{2}}} = 2$. А 2 есть рациональное число. Теорема в данном случае доказана полностью. Она доказывается в два шага. Требуется доказать, что существует рациональное число, которое является результатом возведения иррационального числа в иррациональную степень. Мы берём какое-то иррациональное число: $\sqrt{2}$, e , π – это тоже всё иррациональные числа.

С формальной точки зрения наше доказательство проходит. С точки зрения математического интуиционизма оно не проходит, потому что мы доказали существование объекта, который мы не знаем, как построить. Мы доказали, что существует рациональное число, которое является результатом возведения иррационального числа в иррациональную степень, но мы не знаем, как построить это число. Более того, мы даже в нашем простом случае, как построить результат этого возведения в степень не знаем. Это образец неконструктивного доказательства. Интуиционисты выступали против неконструктивных доказательств в математике. Это доказательство опирается на закон исключённого третьего: $A \vee \neg A$. Закон, который говорит, что одно из двух положений: A или не- A — одно из них должно быть ложным. Их конъюнкция не может быть истинной. На базе этого закона строятся доказательства в классической математике. В данном случае речь идёт о теореме существования, которая доказывается при помощи закона исключённого третьего.

Подробнее по этой теме есть хорошая книга В. А. Успенского по аксиоматическому методу. Там он рассматривает изложение формальной аксиоматической системы. Сначала он рассматривает неформальную аксиоматику Гильберта, далее рассуждает о формальной аксиоматической системе.

Мы не будем возвращаться к этой интуиционистской критике. Наша задача понять философию науки. А философия науки пользуется понятием формального доказательства, понятием следования. Разумеется, когда идёт речь о доказательствах в физике, то физика уже пользуется этим не на том уровне строгости, на котором пользуется этими понятиями математическая логика. Математическая логика задаёт некоторые стандарты.

Если философы науки спросят: что такое дедукция? Есть популярное понятие в философии науки — гипотетико-дедуктивная система или стандартная модель теории. Там используется понятие дедукции. Есть критика этого понятия, есть антитезы понятия гипотетико-дедуктивной системы, есть и другие модели строения научной теории. Математическая логика в любом случае даёт вот эти стандарты. Мы можем всегда сказать, что дедукция — это то, что эксплицируется формальным доказательством, формальное доказательство — это то, что можно написать на доске и доказать, соответственно, аксиомы. Возможны различные для одной и той же системы построения и аксиомы. Но стандарты формального доказательства будут одни и те же. Рассуждение о математическом интуиционизме нужно было, чтобы понять исторический ход событий, каким вообще образом строится программа Гильберта. Она может быть понята, как мы её излагали. Сначала содержательно на естественном языке геометрии, то есть уточнение того, что делал Евклид. Но затем возникла геометрия Лобачевского, геометрия Римана. Нужен был общий подход к этим геометрии. Этот общий подход и дал Гильберт, который содержится в его изложении неформального доказательства. Система включает в себя и геометрию Римана, и геометрию Лобачевского. Но дальнейшее аксиоматическое изложение теории он дал при изложении формальной арифметики. Но чтобы понять его изложение, очень важно понять более простые системы, а именно изложения логики, то есть изложения исчисления высказываний. Один из вариантов этого изложения был дан сегодня на лекции.



ФИЛОСОФСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ