

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

**Конспект лекцій з дисципліни**  
**МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

для студентів спеціальності  
125 «Кібербезпека»,  
172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
всіх форм навчання

**2019**

Конспект лекцій з дисципліни “Методологія наукових досліджень” для студентів спеціальності 125 «Кібербезпека»,172 «Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання/ Укл: С.І. Лізунов,. В.О. Костенко - Запоріжжя: ЗНТУ, 2019.-203 с.

Укладачі: С.І. Лізунов , доцент, к.т.н.  
В.О. Костенко, доцент , к.т.н.

Рецензент: С.В. Морщавка, доцент, к.т.н.

Відповідальний  
за випуск: В.О. Костенко, доцент, к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри  
Захисту інформації  
Протокол № 8 від «07» березня 2019 р.

Затверджено на засіданні кафедри  
Радіотехніки та телекомунікацій  
Протокол № 8 від «20» березня 2019 р.

Затверджено на засіданні НМК факультету  
Радіоелектроніки та телекомунікацій  
Протокол №7  
від «21» березня 2019 р.

## ЗМІСТ

1. ПРЕДМЕТ І ЗАВДАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ.....	5
1.1. БУДЕННЕ І НАУКОВЕ ЗНАННЯ.....	5
1.2. ПРЕДМЕТ МЕТОДОЛОГІЇ НАУКИ.....	10
2. НАУКОВА ПРОБЛЕМА.....	18
2.1. ВИБІР І ПОСТАНОВКА НАУКОВИХ ПРОБЛЕМ... ..	18
2.2. РОЗРОБКА І РІШЕННЯ НАУКОВИХ ПРОБЛЕМ... ..	22
2.3. КЛАСИФІКАЦІЯ НАУКОВИХ ПРОБЛЕМ.....	28
3. МЕТОДИ ЕМПІРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	32
3.1. СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	32
3.2. ЕКСПЕРИМЕНТ.....	42
3.3. ВИМІРЮВАННЯ.....	60
4. ГІПОТЕЗА І ІНДУКТИВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	73
4.1. ГІПОТЕЗА ЯК ФОРМА НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ.....	75
4.2. ГІПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНИЙ МЕТОД.....	83
4.3. МАТЕМАТИЧНА ГІПОТЕЗА.....	91
4.4. ВИМОГИ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО НАУКОВИХ ГІПОТЕЗ.....	99
4.5. ДЕЯКІ МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ЕВРИСТИЧНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ГІПОТЕЗ.....	109
4.6. МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ І ПІДТВЕРДЖЕННЯ ГІПОТЕЗ.....	124
5. ЗАКОНИ ТА ЇХ РОЛЬ В НАУКОВОМУ ДОСЛІДЖЕННІ... ..	133
5.1. ЛОГІКО-ГНОСЕОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОНЯТТЯ «НАУКОВИЙ ЗАКОН».....	134
5.2. ЕМПІРИЧНІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ЗАКОНИ.....	148
5.3. ДИНАМІЧНІ І СТАТИСТИЧНІ ЗАКОНИ.....	156
5.4. РОЛЬ ЗАКОНІВ У НАУКОВОМУ ПОЯСНЕННІ І ПЕРЕДБАЧЕННІ.....	163
6. МЕТОДИ АНАЛІЗУ І ПОБУДОВИ ТЕОРІЙ.....	180
6.1. ОСНОВНІ ТИПИ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ.....	180
6.2. МЕТА, СТРУКТУРА І ФУНКЦІЯ ТЕОРІЇ.....	184
6.3. ГІПОТЕТИКО-ДЕДУКТИВНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ ТЕОРІЇ.....	191
6.4. АКСІОМАТИЧНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ ТЕОРІЇ.....	194

6.5. МАТЕМАТИЗАЦІЯ ТЕОРЕТИЧНОГО ЗНАННЯ....	199
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	203

# 1 ПРЕДМЕТ І ЗАВДАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Процес пізнання в науці можна аналізувати з різних точок зору: філософської та соціологічної, психологічної та феноменологічної, історичної і логічної, гносеологічної та методологічної. Нас буде цікавити, перш за все, методологічна сторона пізнання. Оскільки проблеми методології найтіснішим чином пов'язані з філософією і логікою, під час обговорення методів науки ми постійно будемо звертатися до понять і принципів логіки і діалектики.

Але це, зрозуміло, не виключає, а скоріше припускає спеціальне вивчення тих загальнонаукових прийомів і засобів дослідження, за допомогою яких досягається нове знання в науці.

Наукове пізнання по суті справи представляє дослідження, яке характеризується своїми особливими цілями, а головне - методами отримання і перевірки нових знань. Необхідність в спеціальному аналізі методів науки стане ясніше, якщо ми попередньо розглянемо особливості, які відрізняють наукове знання від повсякденного, а твердження науки - від думок так званого здорового глузду.

## 1.1 Буденне і наукове знання

Наукове знання завжди відрізняється послідовним і систематичним характером. Не кажучи вже про математику і точні науки, де більшість тверджень логічно виводиться з небагатьох вихідних посилок, навіть в так званих емпіричних науках порівняно рідко зустрічаються окремі, ізольовані узагальнення або гіпотези. (Під емпіричними зазвичай розуміють науки, які в істотному ступені спираються на такі досвідчені методи дослідження, як спостереження, експеримент і вимір). Як правило, такі узагальнення входять в науку лише тоді, коли вони узгоджуються з іншими наявними в ній твердженнями і узагальненнями. В кінцевому підсумку їх намагаються отримати логічно з більш широких узагальнень, принципів і припущень.

Наука, на якій би ступені розвитку вона не знаходилась, тим і відрізняється від буденного знання, що являє собою не просту сукупність «відомостей» про світ, «набір» інформації, а певну систему знань. Наукове дослідження є цілеспрямованим пізнанням, результати якого виступають у вигляді системи понять, законів і теорій.

Відомо, що задовго до виникнення науки люди набували досить надійні знання про властивості і якості предметів і явищ, з якими вони стикалися в своєму повсякденному практичному житті.

І зараз ми чимало дізнаємося за допомогою звичайного знання. Це свідчить про те, що наукове знання не відокремлене непрохідною стіною від повсякденного: і наукове і буденне пізнання в кінцевому підсумку прагнуть до досягнення об'єктивно істинного знання, спираються на факти, а не на віру.

Нерідко, відзначаючи якісну відмінність наукового знання від повсякденного, забувають про зв'язок, що існує між ними, не враховують того, що наука виникла з буденного знання. Це не раз підкреслювали самі вчені.

Правда, іноді при цьому допускається інша крайність, коли наукове знання розглядається тільки як удосконалене буденне знання. Цей погляд захищав, наприклад, відомий англійський учений Томас Гекслі. «Я вірю, - писав він, - що наука є не що інше, як тренований і організований здоровий глузд. Вона відрізняється від останнього точно так же, як ветеран може відрізнятись від ненавченого рекрута».

Однак наука не є простим продовженням знань, заснованих на здоровому глузді. Вона являє пізнання особливого роду, зі своїми специфічними засобами, методами і критеріями. Перш за все, на відміну від буденного знання, наука не обмежується пошуком нових фактів і результатів, вона або прагне пояснити їх за допомогою існуючих гіпотез, законів і теорій, або спеціально виробляє для цього нові теоретичні уявлення. Ця відмінна риса науки дає можливість краще зрозуміти систематичний, послідовний і контрольований характер наукового знання. Дійсно, щоб пояснити те чи інше явище, необхідно мати у своєму розпорядженні певну теоретичну систему або, в крайньому випадку, гіпотезу, з яких судження про це явище виходить в

якості логічного слідства. Але щоб отримати такий наслідок, треба попередньо встановити логічний взаємозв'язок між різними судженнями, узагальненнями і гіпотезами, а найголовніше у своєму розпорядженні такими законами, принципами, гіпотезами або припущеннями, які можуть служити в якості посилок для логічного висновку менш загальних суджень тієї чи іншої науки. Систематичний і послідовний характер наукового знання значною мірою обумовлений саме тим, що наука не просто реєструє емпірично знайдені факти і результати, а прагне пояснити їх. Точне оперування поняттями, судженнями і висновками дозволяє також краще контролювати результати наукового дослідження.

Однак ніяка систематизація та організація знання не будуть складати науки, якщо вони не будуть супроводжуватися створенням нових понять, законів і теорій.

Саме з їх допомогою якраз і вдається не тільки пояснити вже відомі факти і явища, але й передбачити факти і явища невідомі. Такі передбачення в деякій мірі можна здійснити вже з допомогою найпростіших емпіричних узагальнень, якими є, наприклад, передбачення погоди за цілою низкою прикмет.

Набагато більш точні кількісні передбачення можна отримати за допомогою емпіричних законів науки. Так, закон Бойля - Маріотта дає можливість по заданому обсягу газу чисельно визначити тиск, а знаючи закон Шарля, можна передбачити, наскільки збільшиться обсяг даної маси газу при його нагріванні.

Подібного роду емпіричні закони і узагальнення, з яких починається будь-яка наука, в кращому випадку можуть пояснити і передбачити певні факти досліджуваної області. Але самі ці закони в свою чергу вимагають пояснення: чому саме зі зменшенням обсягу газу збільшується його тиск або з підвищенням температури збільшується його обсяг? Відповідь на це питання вимагає висування тієї чи іншої гіпотези про внутрішній механізм досліджуваних залежностей. Створення кінетичної теорії, що базується на допущенні існування хаотичного руху дрібних частинок речовини - молекул, дало відповідь на зазначені питання.

Часто відміну науки від буденного знання бачать в тому, що вчений має справу переважно з так званими неспостережуваними об'єктами, такими, як «елементарні» частки у фізиці або гени в біології. Тут помічена суттєва особливість процесу наукового пізнання - розкриття сутності досліджуваних явищ. Оскільки сутність не лежить на поверхні явищ, для її розкриття доводиться вводити абстракції та ідеалізації, звертатися до гіпотез і теорій.

У повсякденному знанні хоча і вдаються до здогадів і припущень, але, по-перше, вони стосуються безпосередньо спостережуваних речей і подій, по-друге, ці здогадки ніколи не контролюються спеціальною технікою, не кажучи вже про постановку особливих експериментів.

Наука навіть на емпіричній стадії дослідження керується тими чи іншими теоретичними уявленнями і контролює свої гіпотези за допомогою спеціальних приладів та інструментів, які в свою чергу сконструйовані на основі певних теоретичних принципів.

Будь-яка досить зріла наука є системою теорій, які об'єднують в єдине ціле її вихідні принципи, поняття і закони разом з твердо встановленими фактами. Саме завдяки систематичності, обґрунтованості та контрольованості висновки науки відрізняються найбільшою надійністю і можливістю перевірки, тоді як звичайне знання, а тим більше віра або думка, значною мірою суб'єктивні і ненадійні.

Однак, як би не було важлива подібна відмінність, її не можна абсолютизувати.

Найважливішою передумовою буденного знання є його підпорядкованість вирішення безпосередніх, вузькопрактичних завдань, внаслідок чого воно не може створювати такі абстрактні моделі і теорії, за допомогою яких пізнаються глибокі, внутрішні особливості та закономірності явищ.

Зазвичай, коли порівнюють наукове пізнання з повсякденним, то велику різницю між ними вбачають насамперед у тих способах і засобах, за допомогою яких досягається знання в науці та повсякденному житті.

Надійність, систематичність і контрольованість наукових знань забезпечується за допомогою спеціальних і загальних методів дослідження, в той час як буденне знання

задовольняється рутинними правилами, котрі спираються на «здоровий глузд», і найпростішими індуктивними узагальненнями предметів і явищ.

У найзагальнішому сенсі метод представляє деяку систематичну процедуру. Ця процедура може складатися з послідовності повторюваних операцій, застосування яких в кожному конкретному випадку або незмінно призводить до досягнення поставленої мети, або така мета досягається в переважній більшості випадків. Але така характеристика методу може бути застосована до тих операцій практичного і теоретичного роду, правила яких носять вельми елементарний характер. Подібні правила, що вказують строго фіксований порядок дії для вирішення завдань теоретичного або практичного характеру, можна уподібнити алгоритмам математики. Відомо, що, маючи в своєму розпорядженні алгоритм, ми завжди можемо вирішити ту чи іншу задачу. Наприклад, якщо нам задані числа, то ми можемо знайти їх найбільший спільний дільник. Але з математики ми знаємо, що далеко не всі її проблеми допускають алгоритмічне рішення: в іншому випадку математика цілком замінила б машина.

Складні, серйозні проблеми науки найменше піддаються алгоритмізації, і тому їх рішення не можна звести до застосування якихось готових правил і рецептів.

Наукове дослідження не ведеться наосліп, воно не зводиться до безперервного ланцюга здогадок. Навіть в повсякденному пізнанні ми в якійсь мірі попередньо відсіюємо явно неправдоподібні здогадки. При висуванні гіпотез, пошуку законів, побудові і перевірці теорій вчений керується певними прийомами, правилами і способами дослідження, які в своїй сукупності і характеризують метод дослідження. Хоча такі методи і не гарантують досягнення істини, тим не менш, вони в значній мірі полегшують її пошуки, роблять їх більш систематичними і цілеспрямованими.

Більшість спеціальних проблем конкретних наук і навіть окремі етапи їх дослідження потребують залучення спеціальних методів вирішення. В емпіричних науках для цього доводиться звертатися також до спеціальної техніки спостереження, експерименту і вимірювання.

Зрозуміло, частинні методи вирішення конкретних наукових проблем мають досить специфічний характер.

Природно тому, що такого роду методи вивчаються, розробляються й удосконалюються в конкретних, спеціальних науках.

На відміну від цього загальні методи науки використовуються на всьому протязі дослідного процесу і в самих різних по предмету науках. Крім них існують також методи, які застосовуються лише в більш-менш споріднених науках або ж на певній стадії процесу пізнання. Такі методи також виходять за рамки частинних наук.

Спеціальні методи і техніку, що використовуються в частинних науках, можна розглядати як тактику дослідження. Вона може не раз змінюватися в залежності від характеру досліджуваних проблем, окремих етапів їх вирішення, нових виявлених можливостей і т.п. Загальні ж методи науки зберігають своє значення для чималої кількості проблем в самих різних науках, бо вони швидше вказують напрямок і загальний підхід до досліджуваних проблем, ніж конкретні способи їх аналізу і рішення. Тому з відомою підставою їх можна ототожнити зі стратегією дослідження.

## **1.2 Предмет методології науки**

У міру того як зростав обсяг наукових знань і заглиблювався рівень відображення в них властивостей і закономірностей об'єктивного світу, ставало все більш очевидним прагнення вчених проаналізувати різноманітні форми і методи, за допомогою яких здобуваються знання в науці. Ще на зорі античної культури монополія на дослідження проблем пізнання взагалі і науки зокрема належала філософам. І це не дивно, бо в той час сама наука значною мірою ще не відокремлювала себе від філософії. Навіть у XVI - XVII ст., коли сформувалося експериментальне природознавство, дослідженням методів пізнання займалися в основному філософи, хоча найбільший внесок в цей період був зроблений тими з них, які одночасно з філософією займалися і спеціальними науками (Галілей, Декарт, Ньютон, Лейбніц).

Починаючи з другої половини минулого століття і особливо в кінці його відбувається диференціація і відмежування різних дисциплін, які досліджують ті чи інші сторони процесу наукового пізнання. Поряд з традиційними філософськими методами аналізу в цей час виникають математична логіка і початок ймовірнісної логіки, помітно зростає інтерес до історії і філософії науки в зв'язку з революцією в природознавстві, дещо пізніше формуються психологія і соціологія науки, і вже в наші дні виникає наука про науку, або наукознавство.

В останні десятиліття значних результатів досягнуто в області логіки науки. Застосовуючи методи сучасної символічної логіки, вона змогла ретельно досліджувати проблеми, пов'язані з побудовою та використанням спеціальних формалізованих, наукових мов. Але на цьому шляху вона зустрілася з рядом фундаментальних труднощів, вирішення яких, мабуть, може бути досягнуто шляхом залучення нових засобів і методів.

Проблеми методу дослідження і методології науки привертали увагу вчених і філософів давно, починаючи з античної епохи, проте детальний аналіз методів і засобів наукового пізнання став здійснюватися лише в останні півстоліття. Відомі труднощі тут виникають через нечітке розмежування сфер таких напрямків дослідження науки, як філософія, методологія і логіка науки. Досі точаться суперечки з питання про предмет і завдання цих логіко-філософських дисциплін. Правда, більшість авторів схиляється до думки, що філософія науки повинна аналізувати найбільш загальні, світоглядні та гносеологічні проблеми науки; що стосується логіки і методології науки, то тут думки розходяться: багато хоча і вважають логіку науки самостійною галуззю, але включають її в методологію науки. Інші, навпаки, вважають, що методологія повинна стати частиною логіки науки, оскільки вона використовує в більшості випадків багато з тих засобів і методів, які розробляє логіка науки.

Такі розбіжності і суперечки нерідко виникають в силу того, що саме наукове знання представляє дуже складний об'єкт дослідження, різні елементи якого, хоча і пов'язані один з одним, все ж мають відносно самостійне значення. У науці важливо розрізняти діяльність, спрямовану на досягнення нових знань,

тобто процес дослідження, від результатів цієї діяльності - готових, отриманих знань.

Крім того, будь-які знання представляють відображення деяких властивостей і закономірностей об'єктивного світу, і тому потрібно чітко відрізнити об'єкт дослідження науки від тих ідеальних способів його вираження, які як раз і втілюються в знанні. Нарешті, знання можуть існувати лише в матеріалізованій формі. Такою формою служить мова - природня (розмовна або літературна), а також різні спеціальні наукові мови.

Логіка науки аналізує наукове знання, яке готове та сформоване, відволікаючись від процесу отримання цього знання, від тих прийомів і методів дослідження, які використовує вчений для досягнення цього знання. Оскільки знання виражається за допомогою мови, то в логіці науки безпосередньо розглядається не знання в цілому, а лише форма його вираження, тобто мова науки.

Наукові мови будуються на базі звичайної, природної мови, але відрізняються від неї значно більшою точністю і строгістю.

Таким чином, безпосереднім предметом логіки науки є мова науки - певний безліч правил побудови формалізованої мови, які мають загально значимий характер. Логіка науки, принаймні, на сучасному етапі її розвитку, досліджує лише ті особливості вираження наукових знань, які можуть бути проаналізовані за допомогою понять і методів математичної або, точніше, сучасної символічної логіки. (Під поняттям сучасної символічної логіки розуміється той напрямок логічних досліджень, який ставить собі за мету побудову, аналіз і інтерпретацію різних логічних обчислень, що формалізують ті чи інші змістовні теорії або їх фрагменти.)

Таке розуміння логіки науки в основному визначається рівнем розвитку сучасної символічної логіки і можливостями застосування її апарату для дослідження структури наявного знання. При цьому найбільші успіхи в застосуванні методів цієї логіки досягнуті в тих науках, які використовують дедуктивні форми розумових висновків, і оперують з порівняно стабільними поняттями (математика і математичне природознавство). Інакше кажучи, там, де в більшій чи меншій мірі можна абстрагуватися

від процесу виникнення і розвитку знання, там методи символічної логіки дають відчутні результати.

Але навіть в цих науках чисто формальні методи призводять до значних труднощів і тупикових ситуацій.

Так, після робіт відомого австрійського математика і логіка К. Геделя стала ясною безперспективність зусиль формалістів на чолі з Д. Гільбертом обґрунтувати всю математику за допомогою формалізованого аксіоматичного методу. Виявилось, що не всі змістовні висловлювання математики можуть бути логічно виведені з наявних аксіом. У всякому разі, для подібної формалізації доводиться будувати все більш сильні аксіоматичні системи, причому такий процес не можна вважати закінченим на будь-якій стадії дослідження. Це є свідченням на користь того, що методи сучасної символічної логіки виявляються не придатними для вирішення ряду фундаментальних проблем і формальних наук. Неадекватність такого підходу в науках, де доводиться зважати на зміну і розвитком об'єктів дослідження, не кажучи вже про еволюцію самого знання, призводить до значних труднощів, і як наслідок - до критики сучасної логіки науки.

В останні роки все частіше лунають голоси на користь дослідження не тільки готового знання, а й самого процесу формування і розвитку цього знання. Якщо в 30-ті роки багато філософів, в тому числі К. Поппер, вбачали завданням побудову логіки наукового пізнання і навіть відкриття в тому, щоб «побудувати дедуктивну теорію перевірки наукових тверджень», то тепер головна увага частіше звертається на аналіз самого процесу виникнення нових гіпотез, законів і теорій науки. (Дедукція (від лат. *Deductio* - виведення), перехід від загального до конкретного. Індукція (лат. *Inductio* - наведення) - процес логічного висновку на основі переходу від частинного положення до загального.)

Логіка науки може реконструювати процес відкриття, здійснивши аналіз послідовності міркувань, що призводять до нового результату. Відомо, що не існує правил, за допомогою яких можна було б знаходити і доводити нові теореми в математиці. Однак після того як теорема знайдена, логіка може перевірити її доказ, тобто переконатися в тому, що вона може бути строго логічно виведена з аксіом або раніше доведених

теорем. Такий аналіз математичних доказів і становить головне завдання математичної логіки.

В області дослідницьких наук аналогічну роль виконує сучасна індуктивна логіка, яку часто ототожнюють з імовірнісною логікою. Звернення до імовірнісних методів в цих науках диктується тим, що більшість узагальнень і висновків природознавства та інших дослідницьких наук має не строго достовірний, а лише імовірнісний характер. Ось чому застосування зазначених методів може в значній мірі уточнити способи міркувань, використовуваних в емпіричних науках, зробити їх більш точними і ефективними.

Однак всі ці способи аналізу наукового знання мають справу перш і найбільше з результатами, а не з самим процесом дослідження, прийомами і методами досягнення нового знання. Саме в зв'язку з цим і виникає завдання спеціального вивчення засобів, прийомів і методів наукового дослідження, чим і займається методологія наукового пізнання, або методологія науки.

Головною метою методології науки є вивчення тих засобів, методів і прийомів дослідження, за допомогою яких здобувається нове знання в науці. Слід, мабуть, говорити не про методологію взагалі, а про методологію наукового дослідження, або пізнання. Така характеристика відразу ж відмежовує предмет методології науки від логіки науки

Якщо основним завданням логіки науки є аналіз структури знання, то методологія наукового дослідження аналізує засоби, прийоми і методи пізнання, які застосовуються для отримання цього знання. Як ми вже відзначали, метод представляє певну послідовність дій, прийомів і операцій, виконання яких необхідне для досягнення заздалегідь поставленої мети. Цілі ці можуть бути як практичними, так і теоретичними, пізнавальними. У науці доводиться мати справу головним чином з пізнавальними завданнями, або, точніше сказати, проблемами. Такі проблеми в свою чергу можуть бути розділені на емпіричні і теоретичні, оціночні та методологічні.

Важливо з самого початку підкреслити, що кожна проблема в науці вимагає певних засобів і методів її рішення: про те це

зовсім не означає, що для вирішення кожної нової проблеми потрібно створювати свої особливі методи.

У будь-якій науці можна виділити деяку сукупність засобів, прийомів і методів дослідження, що виправдали себе на практиці. Поряд з цим можна вказати методи дослідження, які є загальними для великої групи наукових дисциплін. Нарешті, існують методи пізнання, які є універсальними або майже універсальними. До числа перших відноситься, перш за все, діалектичний метод пізнання і дії. До майже універсальних методів часто зараховують методи формальної логіки і математики.

Методологія наукового дослідження аналізує головним чином ті методи і засоби пізнання, які використовуються вченим, як на емпіричній, так і теоретичній стадії дослідження. Так, вивчаючи конкретні способи здійснення експериментів, спостережень і вимірювань, методологія виділяє істотні ознаки, які притаманні будь-яким експериментам, вимірам і спостереженням.

Виникає питання: в якому відношенні знаходяться методи дослідження конкретних, спеціальних наук з методами, що вивчаються в методології? Фактично методологія як особлива наука виникає в зв'язку з необхідністю узагальнення та розвитку тих методів і засобів дослідження, які були відкриті в частинних науках.

Наприклад, експеримент як спеціальний метод дослідження вперше ефективно почав використовуватися в механіці. Згодом він отримав досить широке поширення в науці і постало питання про виділення його в якості самостійного емпіричного методу дослідження.

Те ж саме можна сказати про деякі теоретичні методи. Відомо, що аксіоматичний метод побудови наукового знання довгий час вважався майже виключним привілеєм математики. В даний час він знаходить все більше поширення і в нематематичних науках (фізиці, теоретичній біології, лінгвістиці), не кажучи вже про логіку науки, де він служить основним методом побудови формалізованих мов. Всі ці приклади показують, що методологія науки в своєму аналізі відштовхується від конкретних частинних наук і на цій основі будує свої теоретичні узагальнення і дає практичні рекомендації.

На цій підставі часто розрізняють методологію як теоретичну дисципліну і як нормативну. Перша ставить своїм завданням розробку теорій, систематизує методи дослідження в залежності від цілей пізнання. Друга прагне реалізувати ці цілі оптимальним чином за допомогою відомих операцій і методів дослідження.

Методологія наукового дослідження становить частину загальної методології пізнання, але частину, безсумнівно, найбільш істотну й актуальну як з теоретичної, так і практичної сторони. Вона розглядає найбільш суттєві з пізнавальної точки зору особливості та ознаки методів дослідження, розкриває методи по їх спільності і глибині аналізу. Такий аналіз значно полегшується завдяки виникненню цілого ряду спеціальних теорій, які ставлять своїм завданням вивчення тих чи інших особливостей загальних методів пізнання, а також методів, використовуваних в багатьох науках. Так, математична теорія експерименту розкриває найважливіші кількісні методи, за допомогою яких планується експеримент і обробляються його результати. Тому з її висновками і рекомендаціями змушений рахуватися будь-який сучасний дослідник-експериментатор. Методологію науки математична теорія експерименту і сама експериментальна техніка цікавлять лише в тій мірі, в якій вони дають можливість зрозуміти роль експериментального методу в отриманні первинної емпіричної інформації, а також як спеціальний спосіб перевірки гіпотез і теорій в дослідницьких науках. Те ж саме слід сказати про такі загальнотеоретичні методи, як системно-структурний аналіз, семіотика, теорія моделей і інші.

Методологія як загальне вчення про метод не зводиться до простої сукупності ні частинних, ні загальних методів дослідження. При аналізі як частинних, так і більш загальних методів дослідження вона вивчає, перш за все, можливості і межі застосування цих методів в процесі досягнення істини, їх роль і місце в пізнанні.

Тому багато авторів справедливо вважають її спеціальним розділом гносеології, що досліджує форми і методи наукового пізнання. При цьому часто розрізняють методи побудови і організації наявного знання та методи досягнення нового знання, які по суті справи являють собою методи наукового дослідження.

Таке протиставлення досить відносно, так як результати дослідження доводиться певним чином систематизувати і в цих цілях використовувати розроблені наукою методи організації і побудови знання.

З іншого боку, систематизація накопиченого наукою знання в багатьох випадках вимагає спеціального дослідження, і, отже, застосування специфічних методів аналізу. Однак відмінність між цими методами залишається, оскільки існує відмінність між результатом і процесом дослідження.

З огляду на це розходження, часто говорять про методологію наукового пізнання в широкому і вузькому сенсі слова.

У першому випадку мова йде про аналіз, як методів побудови наявного знання, так і методів його отримання і розширення. У другому випадку обмежуються тільки розглядом методів і засобів досягнення нового знання, тобто по суті мають справу з методами наукового дослідження. Але в обох випадках предметом аналізу залишаються методи пізнання, тому методологія з повним правом може розглядатися як складова частина теорії пізнання.

У той час як гносеологія ставить собі за мету вивчення загальних закономірностей процесу пізнання, його ступенів і форм, методологія зосереджує свої зусилля на дослідженні засобів і методів пізнання. Таке розмежування областей дослідження аж ніяк не виключає взаємовпливу методології та гносеології один на одного. При аналізі методів пізнання не можна не враховувати загальних закономірностей процесу пізнання, відкритих гносеологією. У свою чергу результати методологічних досліджень значно збагачують і конкретизують загальні положення гносеології, уточнюють і розвивають їх. Про це свідчить вся історія гносеології і методології пізнання. (Гносеологія (грец. Gnosis - знання, logos - вчення) - філософська дисципліна, що займається дослідженнями, критикою і теоріями пізнання.)

## 2 НАУКОВА ПРОБЛЕМА

Будь-яке дослідження в науці робиться для того, щоб подолати певні труднощі в процесі пізнання нових явищ, пояснити раніше невідомі факти або виявити неповноту старих способів пояснення відомих фактів. Ці труднощі в найбільш виразному вигляді виступають в так званих проблемних ситуаціях, коли існуюче наукове знання, його рівень і понятійний апарат виявляються недостатніми для вирішення нових завдань пізнання. Усвідомлення суперечності між обмеженістю наявного наукового знання і потребами його подальшого розвитку і призводить до постановки нових наукових проблем.

Наукове дослідження не тільки починається з висунення проблеми, а й постійно має справу з проблемами, так як рішення однієї з них призводить до виникнення інших, які в свою чергу породжують безліч нових проблем. Зрозуміло, не всі проблеми в науці є однаково важливими і суттєвими.

Рівень наукового дослідження в значній мірі визначається тим, наскільки новими і актуальними є проблеми, над якими працюють вчені. Вибір і постановка таких проблем визначаються цілою низкою об'єктивних і суб'єктивних умов. Однак будь-яка наукова проблема тим і відрізняється від простого питання, що відповідь на неї не можна знайти шляхом перетворення наявної інформації. Рішення проблеми завжди передбачає вихід за межі відомого і тому не може бути знайдено з якихось заздалегідь відомих, готових правил і методів. Це не виключає можливості і доцільності планування дослідження, а також використання деяких допоміжних, евристичних засобів та методів для вирішення конкретних проблем науки.

### 2.1 Вибір і постановка наукових проблем

Виникнення проблеми свідчить про недостатність або навіть про відсутність необхідних знань, методів і засобів для вирішення нових завдань, які постійно висуваються в процесі практичного і теоретичного освоєння світу. Як було сказано раніше, протиріччя між досягнутим обсягом і рівнем наукового знання потребують вирішення нових пізнавальних завдань або

поглиблення і розширення існуючих знань. У науці така ситуація найчастіше виникає в результаті відкриття нових фактів, які явно не вкладаються в рамки колишніх теоретичних уявлень, тобто коли жодна з визнаних гіпотез, законів або теорій не може пояснити нові виявлені факти. З найбільшою гостротою подібні ситуації виявляються в переломні періоди розвитку науки, коли нові експериментальні результати змушують переглядати весь арсенал існуючих теоретичних уявлень і методів.

Так, в кінці XIX і початку XX століття, коли були відкриті радіоактивність, квантовий характер випромінювання, перетворення одних хімічних елементів в інші, дифракція електронів і безліч інших явищ, то на перших порах фізики спробували пояснити їх за допомогою класичних теорій, які панували в той час. Однак безуспішність таких спроб поступово переконала вчених в необхідності відмовитися від старих теоретичних уявлень, шукати нові принципи і методи пояснення.

Отже, виникнення проблемної ситуації в науці свідчить або про суперечність між старими теоріями і новими виявленими фактами, або про недостатню коректність та розробленість самої теорії, або про те й друге одночасно.

Проблемні ситуації, що виникають в науці, в найзагальнішому вигляді можна охарактеризувати як об'єктивну необхідність зміни теоретичних уявлень, засобів і методів пізнання в вузлових пунктах розвитку тієї чи іншої галузі науки. При цьому мова йде про ситуації, що можуть призвести не тільки до революційних змін в науці, а й до будь-яких більш або менш значних відкриттів. Американський фахівець в області історії і методології науки Томас Кун у книзі «Структура наукових революцій» кваліфікує такі ситуації як зміну так званих парадигм, а самі наукові революції - як перехід від нормального стану науки до аномалій. (Парадигма - в методології науки - сукупність цінностей, методів, технічних навичок і засобів, прийнятих в науковому співтоваристві в рамках усталеної наукової традиції в певний період часу).

Аналіз проблемної ситуації в кінцевому підсумку і призводить до постановки нових проблем. При цьому, чим більше фундаментальною є проблема, тим більше загальний і абстрактний характер має її первинне формулювання.

Але, як правило, саме фундаментальні проблеми визначають постановку інших, більш частинних проблем. Нерідко тільки після вирішення цілої низки взаємопов'язаних частинних проблем вдається більш точно сформулювати, а потім і вирішити фундаментальну проблему.

Правильна постановка та ясне формулювання нових наукових проблем нерідко має не менше значення, ніж рішення самих проблем. Правильно поставлене запитання, справедливо підкреслює В. Гейзенберг, часом означає більше, ніж наполовину вирішену проблему.

Щоб правильно поставити проблему необхідно не тільки бачити проблемну ситуацію, а й вказати можливі способи і засоби її вирішення.

Уміння бачити нові проблеми, ясно їх ставити, а також вказувати можливі шляхи їх вирішення характеризують ступінь талановитості вченого, його досвід і знання. Не існує ніяких рецептів, які вказують, як треба ставити нові проблеми, особливо фундаментальні.

Зрозуміло, досвід і знання, помножені на талант, найкраще сприяють цій меті. Не випадково, тому найбільш важливі проблеми висувуються видатними вченими тій чи іншій галузі науки, які багато попрацювали в ній і добре освоїли специфічні її труднощі. Відомо, що багато оптичних проблем, які були сформульовані Ньютоном в його книзі «Оптика», стали предметом дослідження вчених протягом цілого століття. Те ж саме слід сказати про проблему тяжіння. Відкривши закон всесвітнього тяжіння, Ньютон не раз відзначав, що йому вдалося знайти лише кількісний зв'язок тяжіння між масами. Природа ж тяжіння, механізм взаємного тяжіння тіл залишаються нерозкритими досі, хоча загальна теорія відносності А. Ейнштейна значно розширила наші знання з цієї проблеми.

Постановка наукових проблем знаходиться в прямій залежності від їх вибору. Щоб сформулювати проблему, треба не тільки оцінити її значення в розвитку науки, а й мати у своєму розпорядженні методи і технічні засоби для її вирішення. Це означає, що не всяка проблема може бути негайно поставлена перед наукою.

Тут-то і виникає досить складна і важка задача по відборі та попередньому оцінюванню тих проблем, які покликані відігравати першорядну роль у розвитку науки. По суті саме вибір проблем, якщо не цілком, то в величезній мірі, визначає стратегію дослідження взагалі і напрямок наукового пошуку в особливості. Адже будь-яке дослідження покликане вирішувати певні проблеми, які в свою чергу сприяють виявленню нових проблем, бо, як зазначає Луї де Бройль, «... кожен успіх нашого пізнання ставить більше проблем, ніж вирішує ...».

В кінцевому підсумку вибір проблем, як і досліджень, які здійснюються в науці, детермінується потребами громадської практики. Саме в ході практичної діяльності найбільш рельєфно виявляється протиріччя між цілями і потребами людей і наявними у них засобами, методами і можливостями їх реалізації. Однак пізнання, як відомо, не обмежується вирішенням проблем, пов'язаних з безпосередніми практичними потребами. З виникненням науки все більш значну роль починають грати запити самої теорії, що знаходить своє вираження у відносній самостійності її розвитку і конкретно втілюється у внутрішній логіці розвитку науки.

Вибір і постановка наукових проблем у величезній мірі залежать від рівня і стану знань в тій чи іншій галузі науки. Це такий же об'єктивний фактор, як і ступінь зрілості досліджуваного об'єкта, і вчений змушений з ним рахуватися. Оскільки виникнення проблеми свідчить про нестачу існуючих в науці знань, то перше завдання дослідника полягає в тому, щоб конкретно виявити прогалини і дефекти в наявних гіпотезах і теоріях. Однак у всій подальшій роботі він повинен максимально використовувати все накопичене і перевірене знання. У досвідчених науках це знання зазвичай представлено твердо встановленими фактами, емпіричними узагальненнями, законами, надійно підтвердженими теоріями.

У зрілої науці будь-яка проблема виникає в рамках певної теорії, тому і сам вибір проблеми значною мірою детермінується теорією. При цьому розробленість і рівень наявної теорії багато в чому визначає глибину проблеми, її характер. Можна сказати, що кожна досить широка теорія потенційно визначає сукупність тих

проблем, які згодом можуть бути висунуті на її основі дослідниками.

Вибір проблем для дослідження багато в чому залежить також від наявності спеціальної техніки та методики дослідження. Тому нерідко вчені, перш ніж приступити до вирішення проблеми, створюють спочатку методи і техніку для відповідних досліджень. Всі перераховані фактори, що характеризують стан об'єкта дослідження, а також обсяг і рівень наших знань про нього, роблять визначальний вплив на вибір проблем в науці. Ці фактори не залежать від волі і бажання вченого і тому кваліфікуються, як правило, як об'єктивні передумови дослідження.

Крім них існують ще суб'єктивні чинники, які також надають важливий вплив, як на постановку, так і на вибір проблем для дослідження.

До них відносяться, перш за все, інтерес вченого до досліджуваної проблеми, оригінальність його задуму, естетичне і моральне задоволення, яке відчуває дослідник при її виборі та вирішенні.

Хоча ці спонукальні фактори відіграють дуже істотну роль в науковому пізнанні, вони складають скоріше предмет вивчення психології наукової творчості, ніж методологію науки.

## **2.2 Розробка і рішення наукових проблем**

На самому початку, коли лише усвідомлюється протиріччя між рівнем і обсягом досягнутого знання і неможливістю з його допомогою пояснити нові явища і факти, проблема може бути поставлена лише в самій загальній формі, у вигляді деякого проблемного задуму або ідеї. Ця ідея потребує всебічної розробки і розвитку, щоб можна було визначити деякі можливі шляхи її реалізації. В іншому випадку вона надовго може залишитися на стадії загального задуму, тобто фіксуватиме існуючу трудність в науці, ставити в досить невизначеній формі завдання і не вказувати ніяких можливих способів вирішення або хоча б підходів до такого рішення.

Розробка початкового проблемного задуму ведеться по лінії як підкріплення його основної ідеї фактичними даними, так і

встановлення зв'язків цієї ідеї з існуючими теоретичними уявленнями.

При теоретичному аналізі найсерйозніша увага звертається також на з'ясування логічних зв'язків даної проблеми з іншими проблемами і особливо на можливість розчленування основної проблеми на більш прості і елементарні проблеми. На необхідність цього вказував вже видатний французький філософ і математик Рене Декарт в "Роздумах про метод". У другому правилі він вимагав ділити кожне з досліджуваних труднощів на стільки частин, скільки це можливо і потрібно для кращого « їх подолання ». У третьому правилі він рекомендує «дотримуватися певного порядку мислення, починаючи з предметів найбільш простих і найбільш легко пізнаваних і сходячи поступово до пізнання найбільш складного, припускаючи порядок навіть і там, де об'єкти мислення зовсім не дані в їхньому природному зв'язку».

Наукове дослідження має справу не з окремими, ізольованими проблемами, а з певною їх системою.

Ця система впорядкована, принаймні, в тимчасовому відношенні, тобто щодо часу висунення і вирішення окремих проблем. Але сама ця впорядкованість становить лише зовнішній прояв більш глибокого внутрішнього зв'язку, що існує між елементами проблемної системи. Проблема, яка логічно передєе іншим, повинна, природньо, ставитися і вирішуватися раніше, хоча при її дослідженні може виникнути ряд нових проблем, які проллють додаткове світло як на вирішення, так і на невирішення проблеми.

Виявлення черговості вирішення проблем визначається в першу чергу специфікою дослідження в тій чи іншій галузі науки, але залежить також від досвіду і проникливості вченого. Для того, щоб дослідження було цілеспрямованим і ефективним, необхідно дотримуватися певного порядку у висуванні і вирішенні проблем, виділених із загальної системи. Цей порядок і становить стратегію або загальний напрямок дослідження. Очевидно, що будь-який науковий пошук не може здійснюватися зі сталою стратегією, так як в ході дослідження виявляються нові, несподівані явища і проблеми, які змушують змінювати стратегію, узгоджувати її зі знову виявленими результатами.

Все це не применшує значення планування і організації в процесі дослідження. Важливо тільки, щоб порядок висунення і вирішення проблем впливав з внутрішніх потреб і цілей дослідження, а не диктувався зовнішніми для науки міркуваннями.

Що стосується розробки проблемного задуму, а тим більше рішення конкретної наукової проблеми, то тут не можна вказати на будь-які жорстко фіксовані правила дій. Існує, однак, більш вузький погляд на проблеми, який пов'язаний з розробкою в останні роки теорії прийняття рішень. Відповідно до цієї теорії, вирішити проблему означає «зробити найкращий вибір з відомих курсів дії». Вся справа, однак, в тому, що в процесі дослідження глибоких проблем науки часто залишається невідомим, який курс дії є оптимальним і який результат бажаним.

Цілком зрозуміло тому, що методи теорії рішень можуть знайти тут обмежене застосування. Швидше за все, такі методи можна ефективно використовувати для вирішення частинних проблем прикладного характеру, коли дослідник знає бажаний результат і може оцінити різні альтернативні курси дій для його досягнення. Щодо ж загальних проблем науки можуть бути зроблені лише рекомендації орієнтуючого характеру, в рамках яких вчений має широкую свободу дій.

Перш ніж взятися за вирішення проблеми необхідно провести попереднє дослідження, в процесі якого буде точно сформульована сама проблема і вказані приблизні шляхи і методи її вирішення. Така розробка проблеми може здійснюватися приблизно за такими основними напрямками.

1. Обговорення нових фактів і явищ, які не можуть бути пояснені в рамках існуючих теорій.

Попередній аналіз повинен розкрити характер і обсяг нової інформації. У дослідницьких науках такий аналіз пов'язаний в першу чергу з обговоренням нових експериментальних результатів і даних систематичних спостережень. Наскільки численні отримані дані? Як сильно суперечать вони наявній теорії? Чи існує принципова можливість пристосування і модифікації відомих теорій до цих даних? Історія науки показує, що старі теорії не відразу відкидалися, якщо виявлялися суперечні їм факти: ці теорії намагалися модифікувати таким

чином, щоб вони змогли пояснити і нові факти. І тільки безуспішність таких спроб, збільшення числа фактів, що суперечать старій теорії, змушували вчених створювати нові теорії.

2. Попередній аналіз і оцінка тих ідей і методів вирішення проблеми, які можуть бути висунуті виходячи з урахування нових фактів і існуючих теоретичних передумов.

По суті справи, цей етап розробки проблеми природно переходить в попередню стадію висунання, обґрунтування й оцінки тих гіпотез, за допомогою яких намагаються вирішити проблему. Однак на цій стадії не висувається задача конкретної розробки будь-якої окремої гіпотези. Швидше за все, мова повинна йти про порівняльну оцінку різних гіпотез, ступеня їх емпіричної і теоретичної обґрунтованості.

3. Визначення типу вирішення проблеми, мети, яка переслідується рішенням, зв'язку з іншими проблемами, можливості контролю рішення.

Якщо проблема допускає рішення, то часто виникає необхідність визначити, якому рішенню слід віддати перевагу в конкретно сформованих умовах дослідження в тій чи іншій галузі науки. Як правило, вичерпне рішення проблем в науці лімітується або об'ємом і якістю існуючої емпіричної інформації, або ж станом і рівнем розвитку теоретичних уявлень.

Внаслідок цього часто доводиться обмежуватися або наближеними рішеннями, або рішенням вужчих і частинних проблем. Добре відомо, які обмеження іноді доводиться робити в астрономії, фізиці, космології, хімії і молекулярній біології внаслідок відсутності адекватного надійного математичного апарату. В результаті цього доводиться вводити значні спрощення (наприклад, замінювати нелінійні члени рівняння лінійними і таке інше) і тим самим відмовлятися від повного вирішення проблеми.

Нерідко складний і комплексний характер багатьох фундаментальних наукових проблем (наприклад, виникнення життя) вимагає висунання і рішення спочатку більш вузьких і частинних питань, а не постановки явно нерозв'язної в даних умовах більш загальної проблеми, хоча її основні ідеї можуть направляти і в якийсь мірі сприяти вирішенню частинних питань.

Так, мабуть, йде справа з будь-яких проблемних задумок, коли: ідеї впливають на постановку, розробку і остаточне рішення проблеми. Припускаючи дану проблему вирішеною, можна заздалегідь уявити, який вплив вона матиме на інші проблеми науки та існуючі в ній теоретичні уявлення. Такий аналіз найпростіше здійснити в математиці і математичному природознавстві, але це не виключає можливості більш-менш задовільного прогнозу і в дослідницьких науках, якщо обговорювана проблема при цьому має фундаментальний характер.

#### 4. Попередній опис і інтерпретація проблеми.

Після з'ясування необхідних даних, теоретичних передумов, типу рішення і цілі проблеми відкривається можливість більш точного опису, формулювання і тлумачення проблеми за допомогою розроблених в науці понять і суджень. На цьому етапі повинна бути з'ясована специфіка зв'язку між даними, на яких ґрунтується проблема, і тими теоретичними припущеннями і гіпотезами, які висуваються для її вирішення.

Необхідною передумовою такого аналізу є виявлення всіх тих факторів, які можуть виявитися істотними для вирішення даної проблеми. Цей етап в розробці проблеми певною мірою підводить деякі підсумки всієї тієї попередньої роботи, яка була зроблена для того, щоб чітко сформулювати і чітко поставити саму проблему. Природним його завершенням є відповідь на питання про принципову можливість вирішення проблеми. У формальних науках, тобто перш за все в математиці і формальній логіці, нерідко вдається знайти або розробити спеціальні методи і засоби для вирішення проблем і перевірки правильності їх вирішення. Такі методи, які призводять від деяких вихідних даних до певних результатів, ґрунтуються на чітко сформульованому правилі здійснення операцій і володіють масовим характером, отримали назву алгоритмів. Алгоритм, його результативність і можливість застосування для вирішення цілого класу однотипних проблем або завдань робить його дуже цінним засобом дослідження не тільки чисто математичних проблем, а й проблем, що допускають досить чітке математичне вираження. По суті справи, всі ті завдання і проблеми математики, які

можуть бути вирішені за єдиними правилами або загальної схемі, належать до числа алгоритмічних.

Інтерес до таких проблем значно посилюється після виникнення сучасної обчислювальної математики і кібернетики, так як саме алгоритмічно розв'язні проблеми можна запрограмувати і тим самим вирішити за допомогою електронно-обчислювальної машини. Що стосується доказів існування та відсутності алгоритму, то вони належать до творчих проблем, що мають велике загальнонаукове і методологічне значення. Величезна маса дослідних проблем не піддається алгоритмізації і, отже, не може бути передана машині, хоча використання таких машин може багато в чому полегшити трудомістку задачу обробки численних емпіричних даних.

Коли ж говорять про нерозв'язності будь-якої проблеми, то під цим мають на увазі, що для даної проблеми існує доказ її нерозв'язності за допомогою деяких точно зазначених засобів. В історії науки не раз бувало, що проблема, яка не піддавалася рішення за допомогою відомих засобів, знаходила досить швидке рішення за допомогою нових, більш досконалих засобів. Так, знамените завдання про трисекції кута, яку античні математики не змогли вирішити за допомогою циркуля і лінійки, була досить просто вирішена за допомогою арифметичних методів.

Багато важливих проблем сучасної математики, які не можна вирішити за допомогою фінітних методів, вирішуються за допомогою трансфінітних методів. Все це говорить про те, що навіть в «формальних науках» можливість вирішення проблеми повинна розумітися в відносному сенсі, тобто з урахуванням досягнутого рівня розвитку цих наук.

Відносний характер вирішення проблем ще різкіше виступає в емпіричних науках. Оскільки можливість вирішення проблем визначається тут значною мірою обсягом і характером емпіричних даних, технічними засобами дослідження і рівнем розвитку теорії, то ніяке рішення не може претендувати на абсолютність. Раз і назавжди знайдене рішення наукових проблем неможливо не тільки тому, що емпірична основа їх є неповною, а технічні засоби і теоретичні уявлення і передумови історично обмеженими, недосконалими, але і тому, що в самому

процесі дослідження виявляється ряд інших проблем, в світлі яких по-іншому виступає і первісна проблема.

Доказ нерозв'язності низки проблем ні в якій мірі не свідчить про існування будь-яких кордонів і меж для пізнання і дослідження.

Фактично коли стверджують або доводять, що деяка проблема нерозв'язна, то тим самим заявляють, що вона нерозв'язна не взагалі, а за допомогою існуючих методів і засобів. Це стимулює пошуки нових методів, засобів і ідей, застосування яких може сприяти вирішенню поставленої проблеми і тим самим розширенню досягнутих меж дослідження, а також розвитку науки в цілому.

### **2.3 Класифікація наукових проблем**

Велика кількість і різноманітність проблем, що виникають на різних стадіях дослідження і в різних за своїм конкретним змістом науках, вкрай ускладнює вичерпну класифікацію таких проблем. Навіть таке, на перший погляд очевидне, розподіл проблем на наукові (теоретичні) і прикладні, що ґрунтуються на кінцеві цілі дослідження, викликає ряд труднощів.

Справа в тому, що нерідко навіть чисто теоретична, абстрактна проблема в кінцевому підсумку може призвести до різноманітних практичних застосувань.

У свою чергу іноді вузькому прикладному сенсі проблема дає поштовх для постановки і рішення проблем широкого теоретичного характеру.

Не претендуючи на вичерпну класифікацію проблем, спробуємо вибрати в якості підстави поділ таких ознак, які давали б можливість групувати проблеми по їх найбільш істотним об'єктивним і теоретико-пізнавальним характеристикам.

Перш за все, всі наукові проблеми можуть бути розділені на два великі класи в залежності від того, чи ставлять вони своїм завданням розкриття нових властивостей, відносин і закономірностей об'єктивного світу або ж здійснюють аналіз шляхів, засобів і способів пізнання.

Більшість наук досліджує проблеми, пов'язані з першого класу, тобто проблеми, пов'язані з пізнанням законів об'єктивного

світу. Питання ж, що стосуються засобів, методів і шляхів пізнання, частіше обговорюються на ранній стадії становлення тієї чи іншої науки, а також в переломні періоди її розвитку, коли відбувається перегляд понятійного апарату. Як показує історія науки і сучасна практика, проблеми пошуку і обґрунтування нових засобів і методів дослідження зазвичай привертають увагу вчених тоді, коли та чи інша галузь науки тільки складається або коли старі методи виявляються малоефективними, призводять до значних труднощів. Саме поділ праці в області науки, безперервне зростання числа різних методів і засобів дослідження призводять до відокремлення і виділення таких наукових дисциплін, які ставлять в якості спеціального завдання аналіз різних методів пізнання взагалі і процесу наукового дослідження особливо.

Важливо підкреслити, що вказаний поділ наукових проблем відповідно до характеру досліджуваного ними предмета - реального світу або шляхів і засобів його пізнання - має відносний характер, тому що не можна зрозуміти особливості і межі застосування того чи іншого методу без урахування специфіки тих об'єктів, до яких він застосовується.

У процесі дослідження та вирішення проблем, що відносяться до об'єктивного світу, можна виділити проблеми, вирішення яких вимагає в першу чергу залучення емпіричних засобів і методів дослідження.

В науці до таких методів відносять систематичні спостереження, експеримент і вимірювання. Однак використання емпіричних методів зовсім не виключає, а скоріше припускає застосування певних ідей, гіпотез і теоретичних уявлень, оскільки без них неможливо не тільки узагальнення і осмислення емпіричного матеріалу, а й цілеспрямовані пошуки вихідних фактів.

З іншого боку, існує безліч проблем науки, для вирішення яких достатньо залучити концептуальні, теоретичні засоби дослідження.

Це, звичайно, не означає ігнорування або недооцінки результатів, здобутих за допомогою емпіричних засобів і методів. Однак на теоретичній стадії дослідження передбачається, що вони не тільки вже відомі, але і відповідним чином оброблені.

Така обробка здійснюється в процесі вимірювання і кількісного аналізу тих чи інших величин, характеристик і факторів досліджуваних процесів.

Теоретична стадія дослідження проблеми починається з висунення і обґрунтування деякої гіпотези, яка покликана дати пробне рішення проблеми, тобто більш-менш правдоподібне пояснення тих нових фактів і явищ, які не тільки не витікали зі старої теорії, а навпаки, суперечили їй.

Подальший етап теоретичного дослідження пов'язаний з виявленням найбільш істотних сторін і відносин нововиявлених фактів: одержаних результатів спостережень, експериментів, їх теоретичних узагальнень в рамках емпіричної стадії дослідження (так звані складні факти). Гіпотеза може намацати правильну відповідь на поставлену проблему, але вона може виявитися і явно неспроможною. Переконатися в цьому можна лише після перевірки гіпотези. Досить надійна і добре підтверджена гіпотеза, якщо вона розкриває істотні, повторювані і необхідні зв'язки між досліджуваними явищами, може привести до відкриття закону. Для встановлення закону необхідно врахувати багато різних факторів, емпіричних і теоретичних передумов, гіпотез, ідей, припущень. Але ясным є одне: не існує жодних стандартних правил, схем, алгоритмів або індуктивних процедур, за допомогою яких можна було б відкривати закони науки. Тому єдино можливий для цього шлях полягає у висуванні гіпотез і систематичної їх перевірці за допомогою спостережень, досвіду, практики.

Відкриття законів дає можливість науково пояснювати явища, події, факти, що цікавлять нас, і одночасно з цим дозволяє передбачати нові, невідомі явища.

Нарешті, вся сукупність раціональних методів і форм пізнання знаходить своє закінчене вираження в теорії, де всі твердження, посилки, закони, гіпотези виступають не відокремлено один від одного, а у вигляді системи логічно взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів. Будучи відображенням деякого фрагмента об'єктивного світу, теорія дає єдине, цілісне уявлення про нього. Побудова теорії означає перехід від ізольованого, абстрактного дослідження реальної дійсності до її відтворення у вигляді конкретної системи

наукового, раціонального знання В ході наукового пізнання доводиться також вирішувати проблеми стратегії і тактики дослідження, пов'язані безпосередньо не з вивченням реального світу, а з найбільш доцільним і ефективним здійсненням самого процесу дослідження. До їх числа відносяться такі специфічні методологічні проблеми, як раціональна організація спостережень і експериментів, зокрема методів планування і побудови експерименту, здійснення вимірів і способів кількісної обробки емпіричних даних. На теоретичній стадії дослідження особливо важливе значення набувають способи побудови і перевірки наукових гіпотез і теорій.

Другу групу проблем, які стосуються стратегії дослідження, становлять проблеми, пов'язані з оцінкою та обґрунтуванням емпіричних даних, технічних засобів і прийомів дослідження. На теоретичній стадії пізнання з проблемами оціночного характеру доводиться зустрічатися з порівняннями різних, конкуруючих між собою гіпотез, виборі і обґрунтуванні законів і теорій. Звичайно, об'єктивний зміст досліджуваних проблем не залежить від наших оцінок, але для їх успішного вирішення виникає необхідність в оцінці існуючих емпіричних і теоретичних методів пізнання. Саме така оцінка і попереднє обґрунтування дозволяють вибрати методи, які можуть виявитися найбільш ефективними в тій чи іншій ситуації.

Розглянута класифікація проблем значною мірою має відносний характер.

У реальному житті процеси дослідження проблем безпосередньо пов'язані з вивчення об'єктивного світу, найтіснішим чином пов'язані з оцінками і обґрунтуванням можливих засобів і методів їх вирішення. Тому їх не можна відокремлювати, а тим більше протиставляти один одному.

## 3 МЕТОДИ ЕМПІРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Емпіричне (то, що сприймається органами почуттів) пізнання здійснюється в процесі досвіду, що розуміється в самому широкому сенсі, тобто як взаємодія суб'єкта з об'єктом, при якому суб'єкт не тільки пасивно відображає об'єкт, а й активно змінює, перетворює його.

Емпіричний метод полягає в послідовному здійсненні наступних п'яти операцій: спостереження, вимірювання, моделювання, прогнозування, перевірка прогнозу.

У науці основними формами емпіричного дослідження є спостереження і експеримент. Крім того, до них відносять також численні вимірювальні процедури, які хоча і ближче примикають до теорії, все ж здійснюються саме в рамках емпіричного пізнання і особливо експерименту.

Вихідною емпіричної процедурою служить спостереження, так як воно входить і в експеримент і в вимірювання, в той час як самі спостереження можуть проводитися поза експериментом і не припускати вимірювань. Тому ми почнемо обговорення методів емпіричного дослідження з аналізу особливостей процесу спостереження і його функцій в науці.

### 3.1 Спостереження

Наукове спостереження представляє цілеспрямоване і організоване сприйняття предметів і явищ навколишнього світу. Зв'язок спостереження з чуттєвим пізнанням очевидний: будь-який процес сприйняття пов'язаний з переробкою і синтезом тих вражень, які пізнає суб'єкт, отримуючи їх від зовнішнього світу. Ці враження в психології називають відчуттями. Вони є відображенням окремих властивостей, сторін предметів або процесів зовнішнього світу. Іноді спостереження може ставитися до сприйняття переживань, почуттів, психічних станів самого суб'єкта.

Діяльність свідомості в процесі спостереження не обмежується тільки тим, що воно синтезує в єдиний почуттєвий образ результати різних відчуттів.

Активна його роль проявляється, перш за все, в тому, що спостерігач, особливо в науці, не просто фіксує факти, а свідомо шукає їх, керуючись певною ідеєю, гіпотезою або колишнім досвідом. Прихильники емпіризму, щоб гарантувати чистоту і надійність даних досвіду, вимагають збору даних і фактів без будь-якої попередньої гіпотези або керівної ідеї. Неважко, однак, зрозуміти утопічність такої програми. Навіть в повсякденному пізнанні спостереження спирається на попередній досвід і знання людей.

У науці ж, як правило, спостереження мають на меті перевірку тієї чи іншої гіпотези або теорії і тому вони істотно залежать від цієї мети. Учений не просто реєструє будь-які факти, а свідомо відбирає ті з них, які можуть або підтвердити, або спростувати його ідеї.

Спостереження в науці характеризуються також тим, що їх результати вимагають певної інтерпретації, яка здійснюється за допомогою деякої теорії.

Ця обставина грає надзвичайно важливу роль в тих випадках, коли безпосередньо спостерігається не сам предмет або процес, а результат його взаємодії з іншими предметами і явищами. Так, наприклад, про поведінку мікрочастинок ми можемо судити лише побічно, спостерігаючи не самі мікроявища, а результати їх взаємодії з тими чи іншими макроскопічними приладами і установками. Але такі висновки вимагають звернення до певної теорії, за допомогою якої і здійснюється інтерпретація отриманих результатів спостереження. Інтерпретація даних спостереження якраз і дає можливість вченому відокремлювати істотні факти від несуттєвих, помічати те, що неспеціаліст може залишити без уваги і навіть зовсім не виявити. Ось чому в науці рідко буває, щоб відкриття робилися нефахівцями, хоча б тому, що випадок, як вказував Луї Пастер, може навчити чомусь тільки підготовлений розум.

Все це показує, що процес спостереження в науці має ряд таких специфічних особливостей, які відсутні в звичайних, життєвих спостереженнях. Хоча в принципі і буденне і наукове спостереження представляють сприйняття предметів і явищ, але в науці це сприйняття набагато краще і доцільніше організовано, а найголовніше - воно спрямовується і контролюється певною

ідеєю, тоді як повсякденні спостереження спираються в основному на практичний досвід і ті знання, які здобуваються в ході цього досвіду.

Ця різниця між науковими та повсякденними спостереженнями проявляється в самій їхній структурі. Будь-яке спостереження передбачає наявність деякого об'єкту, що спостерігається, і суб'єкта, який його сприймає та здійснює спостереження в конкретних умовах місця і часу. У науковому спостереженні до вказаних трьох елементів додаються ще спеціальні засоби спостереження (мікроскопи, телескопи, фото-і телеапарати і т.і.), призначення яких полягає в тому, щоб компенсувати природну обмеженість органів чуття людини, підвищити точність і об'єктивність результатів спостереження. Нарешті, важлива роль належить тут і концептуальним засобам, тобто поняттям і теоріям, за допомогою яких організуються і особливо інтерпретуються наукові спостереження.

Використання спеціальних матеріальних і концептуальних засобів надає результатами наукових спостережень, як і всьому процесу спостереження в цілому, такі нові риси та особливості, які лише в нерозвиненою формі присутні в повсякденних, життєвих спостереженнях.

Мабуть, найбільш загальною ознакою, що зближає наукові спостереження з повсякденними, є їх об'єктивність, хоча ступінь цієї об'єктивності далеко не однакова.

Для кращого з'ясування специфіки наукового спостереження розглянемо по порядку ті особливості, якими воно відрізняється від спостереження буденного, почавши обговорення з такої ознаки, як об'єктивність результатів спостереження.

### **3.1.1 Інтерсуб'єктивність і об'єктивність**

У повсякденній діяльності і в науці спостереження повинні приводити до результатів, що не залежать від волі, почуттів і бажань суб'єкта. Щоб стати основою наступних теоретичних і практичних дій, ці спостереження повинні інформувати нас про об'єктивні властивості і відносини реально існуючих предметів і явищ. Однак досягнення таких результатів часто пов'язане з чималими труднощами.

Перш за все, спостереження, засноване на сприйнятті, не є чисто пасивне відображення світу. Свідомість не тільки відображає світ, а й творить його. У процесі такого активного освоєння світу можливі помилки, помилки і навіть прості ілюзії органів почуттів, які також не можна ігнорувати. Всім добре відомо, що палиця, опущена в воду, здається зламаною; паралельно розташовані рейки в далечині здаються такими, ніби вони сходяться.

Помилковість подібного роду чуттєвих ілюзій виявляється простим досвідом. Набагато важче йде справа з тими помилками спостережень, які відбуваються внаслідок упереджених схильностей або уявлень, помилкових вихідних установок та інших суб'єктивних факторів. Ці труднощі зростають в ще більшому ступені, коли доводиться звертатися до непрямого спостереження, тобто робити висновки про властивості або характеристики об'єктів, що не сприймаються безпосередньо. Таким чином, досягнення об'єктивності результатів спостереження вимагає виправлення і усунення ряду недоліків і помилок, пов'язаних як з природного обмеженістю органів почуттів людини, так і діяльністю свідомості взагалі.

Першою необхідною, хоча і недостатньою умовою отримання об'єктивних даних спостереження є вимога, щоб ці дані мали не особистий, чисто суб'єктивний характер, а могли бути отримані і зафіксовані іншими спостерігачами. Інакше кажучи, спостереження повинне давати результати, які не залежать від індивідуальних особливостей конкретного суб'єкта, - вони зобов'язані бути інтерсуб'єктивними. Якщо одні й ті ж дані будуть отримані багатьма спостерігачами, то тим самим зростає їх надійність і вірність.

З цієї точки зору зрозуміло, що безпосередні дані чуттєвого досвіду окремого суб'єкта, так звані *sense data*, мають невелику цінність в науці саме тому, що індивідуальні відчуття і сприйняття людини не піддаються контролю і перевірці, отже не можуть стати справжньою основою для побудови наукового знання, яке за своїм характером має об'єктивний характер. Навіть однакові результати, отримані багатьма спостерігачами, самі по собі не гарантують їх об'єктивності, бо помилки і ілюзії можуть бути властиві різним людям. Ось чому інтерсуб'єктивність не

тотожна об'єктивності. Об'єктивно істинне знання, як відомо, не залежить від свідомості і волі ні окремої людини, ні людства в цілому. Остаточним критерієм такої об'єктивності служать досвід і практика, що розуміються в широкому сенсі, а саме як матеріальна, суспільно-історична діяльність людей.

При науковому підході до дослідження інтерсуб'єктивність служить важливим етапом на шляху досягнення об'єктивно істинного знання. Але в цьому випадку самі спостереження ретельно аналізуються і коригуються в світлі існуючих теоретичних уявлень.

Дуже часто в науці для підвищення об'єктивності результатів спостереження (не кажучи вже про їх точності) використовуються прилади і пристрої, що реєструють.

На перший погляд може здатися, що заміна спостерігача приладами начисто виключає якщо не помилки, то суб'єктивізм в процесі спостереження. Однак дані, що фіксуються за допомогою приладів, самі по собі ще ні про що не говорять. Вони вимагають певної оцінки та інтерпретації, яка знову-таки здійснюється людиною.

Тому-то єдиний шлях для досягнення об'єктивності і точності спостережень полягає в посиленні контролю за їх результатами, що досягається за допомогою, як матеріальних засобів спостереження, так і концептуальних.

### **3.1.2 Безпосередні і непрямі спостереження**

Найбільші труднощі в досягненні об'єктивних результатів спостереження зустрічаються тоді, коли безпосередньо спостерігається не сам предмет або процес, а ефект його взаємодії з іншими предметами і явищами. Такі спостереження, що отримали назву непрямих або опосередкованих, грають все більш важливу роль в сучасній науці. Дійсно, об'єкти і процеси, які досліджують сучасні атомна і ядерна фізики, квантова хімія і молекулярна біологія безпосередньо не спостережувані ні за допомогою органів почуттів, ні за допомогою приладів. Але спостереження за ними стають можливими, якщо досліджувати результати їх взаємодії з іншими об'єктами і процесами.

Однак, в цьому випадку, ми фактично безпосередньо спостерігаємо не самі мікрооб'єкти і процеси, а тільки результати їх впливу на інші об'єкти і явища, зокрема ті, на яких заснована дія того чи іншого приладу або вимірювального пристрою. Так в камері Вільсона, призначеної для дослідження властивостей заряджених частинок, про властивості цих часток ми судимо опосередковано за таким видимим проявом як освіта треків або слідів, що складаються з безлічі крапельок рідини. Вони виникають в результаті конденсації перенасиченого пара, що міститься в камері, як раз в тих центрах, якими служать іони, що утворюються вздовж траєкторії польоту заряджених частинок. За своєю формою такі сліди дуже схожі на туманний слід, який залишає літак на великій висоті. Їх можна фотографувати і вимірювати і за цими даними робити відповідні висновки про властивості досліджуваних частинок. Подібним же чином зі зміни зерен на фотопластинках можна вивчати потоки космічних променів,  $\alpha$ -частинок та інших випромінювань.

Таким чином, у всіх цих прикладах ми маємо справу не з прямим, безпосереднім наглядом, а з непрямим.

Особливість такого спостереження полягає в тому, що висновки про досліджувані явища тут складають через сприйняття результатів взаємодії неспостережуваних об'єктів. Такі висновки обов'язково ґрунтуються на деякій гіпотезі або теорії, які встановлюють певне співвідношення між об'єктами, що спостерігаються, і неспостережними об'єктами. Дійсно, щоб судити про властивості заряджених елементарних частинок по їхніх слідах в камері Вільсона або на фотопластинці, необхідно допустити існування закономірного зв'язку між безпосередньо неспостережуваними частинками і тими ефектами, які вони викликають в спостережуваних об'єктах і процесах. Подібне припущення, як і будь-яка гіпотеза, потребує перевірки і підтвердження за допомогою точно фіксованих свідочств. Такими свідченнями якраз і служать безпосередньо спостережувані об'єкти, явища, а також факти.

Вони інформують про те, що ефекти і зміни в спостережуваних об'єктах і процесах викликаються деякими неспостережуваними об'єктами. Дослідити властивості і поведінку таких неспостережуваних об'єктів ми можемо тільки

шляхом висунення гіпотез і подальшої їх критичної перевірки. У ряді ж випадків доводиться будувати цілі системи гіпотез, тобто по суті справи закінчені теорії.

Слід особливо підкреслити, що зв'язок між об'єктами, що спостерігаються, і неспостережний об'єктами встановлюється зовсім не по свавіллю або угодою між дослідниками.

Правда, спочатку вчений формулює його в вигляді здогадки або гіпотези, але остання отримує наукове значення лише після того, як буде підтверджена відповідними фактами, тобто певним чином будуть інтерпретовані результатами безпосередньо спостережуваних об'єктів.

Як правило, в науці встановлюють не просто зв'язок між об'єктами, що спостерігаються, і неспостережними об'єктами і їх властивостями, а встановлюється певне функціональне співвідношення між величинами, які характеризують ці властивості. Добре відомо, наприклад, що про величину атмосферного тиску в певній точці Землі ми судимо по висоті стовпчика ртуті в барометрі. Такого роду вимірювання неспостережуваних величин за допомогою спостережуваних ґрунтується, звичайно, на гіпотезі, що встановлює конкретний функціональний зв'язок між ними.

Так, в разі атмосферного тиску припускають пряму пропорційну залежність між величиною тиску і висотою стовпчика ртуті в барометрі. Найчастіше зв'язок між процесами, що спостерігаються, і неспостережуваними процесами носить більш складний характер, але він неодмінно повинен бути точно охарактеризований за допомогою тієї чи іншої математичної функції.

Непрямі спостереження грають дедалі зростаючу роль в сучасній науці, особливо в тих її галузях, які досліджують явища, які відбуваються у віддалених куточках Всесвіту (астрономія), а також процеси, що відбуваються на субатомному і субмолекулярному рівнях (атомна і ядерна фізика, квантова хімія, молекулярна біологія і деякі інші). В останньому випадку спостереження, як правило, тісно переплітаються з експериментом і обов'язково вимагають інтерпретації за допомогою теорії.

### 3.1.3 Інтерпретація даних спостереження

Якщо виходити з буквального значення слова «дані», то може скластися хибне враження, що останні даються спостерігачеві в готовому вигляді. Таке уявлення в якійсь мірі відповідає повсякденному розумінню результатів спостереження, але воно явно не годиться для науки. Як правило, в науці дані є результат довгого, кропіткого і важкого дослідження.

По-перше, оскільки дані виходять окремими суб'єктами, то вони повинні бути очищені від всіляких нашарувань і суб'єктивних вражень. Як уже зазначалося, науку цікавлять, перш за все, об'єктивні факти, які допускають контроль і перевірку, в той час як безпосередні чуттєві сприйняття є тільки надбанням окремого суб'єкта.

По-друге, в якості даних в науку входять не відчуття і сприйняття, а лише результати їх раціональної переробки, які представляють собою синтез чуттєвого сприйняття з теоретичними уявленнями.

По-третє, самі дані, перш ніж вони увійдуть в науку, піддаються значній обробці і стандартизації. Їх обробка здійснюється з точки зору теоретичних уявлень, як відповідної галузі науки, так і статистичної теорії помилок спостереження. Стандартизація полягає в приведенні даних до деяких стандартних умов спостереження (наприклад, температури і тиску). Нарешті, вже на цій стадії дослідження дані певним чином систематизуються: складаються таблиці, графіки, діаграми і т.і. Звичайно, така систематизація ще далека від теорії, але тут міститься все, що необхідно для попередніх узагальнень і побудови емпіричних гіпотез.

Залежність даних спостереження від теорії і необхідність їх інтерпретації в найбільшій мірою проявляється тоді, коли вони служать в якості свідчень «за» або «проти» тієї чи іншої гіпотези. Зазвичай свідченнями вважаються тільки ті дані спостереження, які мають безпосереднє відношення до гіпотези і спираються на відповідну теорію. Чому ми вважаємо туманний слід в камері Вільсона свідченням на користь того, що він залишений зарядженою часткою?

Очевидно, тому, що цей результат спостереження передбачений теорією іонізації. Точно так же відхилення магнітної стрілки, над якою поміщений провідник з струмом, свідчить про те, що по провіднику проходить електричний струм. Цей результат передбачається теорією електромагнетизму. Подібних прикладів можна навести скільки завгодно. Всі вони показують, що самі по собі дані не можуть служити свідченням «за» або «проти» будь-якої гіпотези. Щоб стати свідченням, дані повинні бути інтерпретовані за допомогою деякої теорії. Поки немає теорії або хоча б деякої сукупності знань напівтеоретичного характеру, немає і свідчень.

В історії науки було чимало прикладів, коли деякі факти або дані тривалий час залишалися випадковими відкриттями, поки не була створена теорія, яка б пояснювала їх і тим самим сприяла їх введенню в обіг науки. Досить згадати, наприклад, про відкриття ще древніми греками властивості бурштину, потертого об сукно, притягувати найлегші тіла (електризація тертям) або ж магнітного залізняку притягувати металеві предмети (природний магнетизм). Всі ці факти аж до створення теорії електромагнітних явищ спочатку в формі механічної моделі з силовими лініями, а потім математичної теорії Максвелла залишалися цікавими курйозами природи. Будучи ж понятими на основі теорії, вони стали тією вихідною базою, яка послужила фундаментом сучасної техніки.

Таким чином, якщо в найзагальнішому вигляді сформулювати відміну наукового спостереження від буденного сприйняття людиною предметів і явищ, то воно полягає в значному посиленні в науці ролі теорії, точності та об'єктивності результатів спостереження, які досягаються за допомогою спеціально сконструйованих для цієї мети матеріальних засобів спостереження, а також концептуального апарату інтерпретації даних спостереження.

### **3.1.4 Функції спостереження в науковому дослідженні**

Спостереження і експеримент є двома основними формами емпіричного пізнання, без яких неможливо було б отримати

вихідну інформацію для подальших теоретичних побудов і перевірки останніх на досвіді.

Істотна відмінність спостереження від експерименту полягає в тому, що воно здійснюється без будь-яких змін досліджуваних предметів і явищ і втручання спостерігача в нормальний процес їх протікання.

Цю особливість спостереження дуже ясно зазначив відомий французький вчений Клод Бернар. «Спостереження, - писав він, - відбувається в природних умовах, якими ми не можемо розпоряджатися». Це, звичайно, не означає, що спостереження - пасивне відображення всього, що потрапляє в сферу сприйняття органів почуттів. Як ми вже відзначали, наукове спостереження є доцільно організованим і виборчим процесом, який спрямовується і контролюється теорією.

Тому мова тут йде про практичну активність, яка спрямована на вплив і зміну досліджуваного об'єкта. Найчастіше ми змушені обмежитися спостереженнями і досліджувати явища в природних умовах їх протікання тому, що вони виявляються недоступними для практичного впливу. Так, наприклад, йде справа з більшістю астрономічних явищ, хоча в останнє десятиліття в зв'язку з широким розгортанням космічних досліджень і тут все більше починає застосовуватися науковий експеримент.

І все ж спостереження за допомогою все більш досконалих інструментів залишаться і в майбутньому найважливішим методом дослідження зірок, туманностей та інших астрономічних об'єктів нашого Всесвіту.

Спостереження в науковому дослідженні покликане здійснювати три основні функції.

Перша і найважливіша з них полягає в забезпеченні тієї емпіричної інформації, яка необхідна як для постановки нових проблем і висунення гіпотез, так і для подальшої їх перевірки. Це, звичайно, не означає, що до спостереження або експерименту вчений не керується ніякої ідеєю, гіпотезою або теорією. Навпаки, при спостереженнях і пошуках нових фактів дослідник обов'язково виходить з деяких теоретичних уявлень.

Але саме нові факти, і зокрема ті з них, які не вкладаються в колишні теоретичні уявлення або навіть суперечать їм, вимагають свого пояснення. Для вирішення виниклої проблеми

вчений створює гіпотези або цілу теорію, за допомогою яких пояснює нововідкриті факти.

Друга функція спостережень полягає в перевірці таких гіпотез і теорій, яку не можна здійснити за допомогою експерименту. Зрозуміло, експериментальне підтвердження або спростування гіпотез краще, ніж неекспериментальне. Однак там, де неможливо поставити експеримент, єдиними свідченнями можуть служити лише дані спостережень. При спостереженнях ж, які супроводжуються точними вимірами, результати такої перевірки можуть бути нітрохи не гіршими, ніж експериментальні, що підтверджується всією історією розвитку астрономії.

Третя функція спостереження полягає в тому, що в його термінах здійснюється зіставлення результатів, отриманих в ході теоретичного дослідження, перевіряється їх адекватність і істинність. При емпіричному дослідженні вчений звертається до теорії для того, щоб цілеспрямовано вести спостереження і проводити експерименти. Однак для подальшої розробки теорії він змушений час від часу «звіряти» свої поняття, принципи і судження з даними досвіду. Оскільки зіставлення абстрактних положень теорії безпосередньо з досвідом неможливо, то доводиться вдаватися до різних допоміжних прийомів, серед яких значну роль грає формулювання емпіричних результатів в термінах спостереження і «наглядної» мови.

### **3.2 Експеримент**

Характерна особливість експерименту як спеціального методу емпіричного дослідження полягає в тому, що він забезпечує можливість активного практичного впливу на досліджувані явища і процеси.

Дослідник тут не обмежується пасивним спостереженням явищ, а свідомо втручається в природний хід їх протікання. Він може здійснити таке втручання шляхом безпосереднього впливу на досліджуваний процес або змінити умови, в яких відбувається цей процес. І в тому і в іншому випадку результати випробування точно фіксуються і контролюються. Таким чином, доповнення простого спостереження активним впливом на процес

перетворює експеримент у вельми ефективний метод емпіричного дослідження.

Цієї ефективності в чималому ступені сприяє також тісний зв'язок експерименту з теорією. Ідея експерименту, план його проведення та інтерпретація результатів в набагато більшому ступені залежать від теорії, ніж пошуки і інтерпретація даних спостереження.

В даний час експериментальний метод вважають характерною рисою всіх наук, що мають справу з досвідом і конкретними фактами. Дійсно, величезний прогрес, досягнутий за допомогою цього методу у фізиці і точних науках в останні два століття, в значній мірі зобов'язаний експериментальному методу в поєднанні з точними вимірами і математичною обробкою даних. У фізиці такий експеримент систематично почав застосовувати Галілей, хоча окремі спроби експериментального дослідження зустрічаються ще в античності і середньовіччя. Галілей почав свої дослідження з вивчення явищ механіки, оскільки саме механічне переміщення тіл в просторі представляє найбільш просту форму руху матерії. Однак, незважаючи на таку простоту і уявну очевидність властивостей механічного руху, він зіткнувся тут з низкою труднощів як чисто наукового, так і ненаукового характеру.

Перехід від простого спостереження явищ в природних умовах до експерименту, так само як і подальший прогрес у використанні експериментального методу, в значній мірі пов'язаний зі збільшенням кількості і якості приладів та експериментальних установок.

В даний час ці установки, наприклад у фізиці, приймають справді індустріальні розміри. Завдяки цьому у величезній мірі зростає ефективність експериментальних досліджень, і створюються найкращі умови для вивчення процесів природи в «чистому вигляді».

Розглянемо трохи докладніше основні елементи експерименту і найважливіші їх типи, які використовуються в сучасній науці.

### 3.2.1 Структура і основні види експерименту

Будь-який експеримент, як уже зазначалося, являє такий метод емпіричного дослідження, при якому вчений впливає на досліджуваний об'єкт за допомогою спеціальних матеріальних засобів (експериментальних установок і приладів) з метою отримання необхідної інформації про властивості та особливості цих об'єктів або явищ. Тому загальна структура експерименту буде відрізнятися від спостереження тим, що в неї крім об'єкта дослідження і самого дослідника обов'язково входять певні матеріальні засоби впливу на досліджуваний об'єкт. Хоча деякі з таких засобів, наприклад прилади та вимірювальна техніка, використовуються і при спостереженні, але їх призначення зовсім інше.

Такі прилади сприяють підвищенню точності результатів спостережень, але вони, як правило, не служать для безпосереднього впливу на досліджуваний об'єкт чи процес.

Значна частина експериментальної техніки служить або для прямого впливу на досліджуваний об'єкт, або для навмисної зміни умов, в яких повинен проходити експеримент. У будь-якому випадку мова йде про зміну і перетворення предметів і процесів навколишнього світу для кращого їх пізнання.

У цьому сенсі експериментальні установки і прилади в деякому відношенні аналогічні знаряддям праці в процесі виробництва. Так само як робочий за допомогою знарядь праці впливає на предмети праці, прагнучи надати їм необхідну форму, експериментатор за допомогою апаратів, установок і приладів впливає на досліджуваний об'єкт, щоб краще виявити його властивості і характеристики. Навіть метод або, краще сказати, підхід до справи у них має багато спільного. І робочий, і експериментатор, здійснюючи ті чи інші дії, спостерігають і контролюють їх результати. Відповідно до цих результатів вони вносять поправки в початкові припущення та плани. Але як би не важлива була ця аналогія, ми не повинні забувати, що в процесі праці ставляться і вирішуються, перш за все, практичні завдання, в той час як експеримент являє метод вирішення пізнавальних проблем.

Залежно від цілей, предмета дослідження, характеру використовуваної експериментальної техніки і інших чинників можна побудувати досить розгалужену класифікацію різних видів експериментів. Не ставлячи перед собою завдання дати вичерпну характеристику всіх типів експериментів, обмежимося розглядом найбільш істотних з методологічної точки зору експериментів, що застосовуються в сучасній науці.

За своєю основною метою всі експерименти можна розділити на дві групи.

До першої, найбільшої групи, слід віднести експерименти, за допомогою яких здійснюється емпірична перевірка тієї чи іншої гіпотези або теорії.

Меншу групу складають так звані пошукові експерименти, основне призначення яких полягає не в тому, щоб перевірити, чи вірна чи ні якась гіпотеза, а в тому, щоб зібрати необхідну емпіричну інформацію для побудови або уточнення деякої здогади або припущення.

За характером досліджуваного об'єкта можна розрізнити фізичні, хімічні, біологічні, психологічні і соціальні експерименти.

У тому випадку, коли об'єктом вивчення служить безпосередньо реально існуючий предмет або процес, експеримент можна назвати прямим. Якщо замість самого предмета використовується деяка його модель, то експеримент буде називатися модельним. В якості таких моделей найчастіше використовуються зразки, макети, копії оригінального споруди або пристрою, виконані з дотриманням встановлених правил. У модельному експерименті всі операції здійснюються не з самими реальними предметами, а з їх моделями. Результати, отримані при дослідженні цих моделей, в подальшому екстраполюються на самі предмети. Звичайно, такий експеримент менш ефективний, ніж прямий, але в ряді випадків прямий експеримент не можна здійснити взагалі або з моральних міркувань, або в силу надзвичайної його дорожнечі. Ось чому нові моделі літаків, турбін, гідроелектричних станцій, гребель і тому подібних об'єктів спочатку випробують на експериментальних зразках.

В останні роки все більш широке поширення набувають так звані концептуальні моделі, які в логіко-математичній формі

висловлюють деякі суттєві залежності реально існуючих систем. Використовуючи електронно-обчислювальні машини, можна здійснювати досить успішні експерименти з такими моделями і отримувати досить надійні відомості про поведінку реальних систем, які не допускають ні прямого експериментування, ні експериментування з допомогою матеріальних моделей.

За методом і результатами дослідження всі експерименти можна розділити на якісні і кількісні. Як правило, якісні експерименти робляться для того, щоб виявити вплив тих чи інших чинників на досліджуваний процес без встановлення точної кількісної залежності між ними. Такі експерименти швидше носять дослідницький, пошуковий характер: в кращому випадку з їх допомогою досягається попередня перевірка і оцінка тієї чи іншої гіпотези або теорії, ніж їх підтвердження або спростування.

Кількісний експеримент будується з таким розрахунком, щоб забезпечити точне вимірювання всіх істотних чинників, що впливають на поведінку досліджуваного об'єкта або хід процесу. Проведення такого експерименту вимагає використання значної кількості апаратури для реєстрації і вимірювань, а результати вимірювань потребують більш-менш складної математичної обробки.

У реальній дослідницькій практиці якісні та кількісні експерименти представляють зазвичай послідовні етапи в пізнанні явищ. Вони характеризують ступінь проникнення в сутність цих явищ і тому не можуть протиставлятися одне одному. Як тільки буде розкрита якісна залежність досліджуваних властивостей, параметрів і характеристик явища від тих чи інших факторів, так відразу ж виникає завдання по визначенню кількісних залежностей між ними за допомогою тієї чи іншої математичної функції або рівняння. В кінцевому підсумку кількісний експеримент сприяє кращому розкриттю якісної природи досліджуваних явищ. Прикладом цього можуть служити деякі експерименти, за допомогою яких вдалося намацати і підтвердити найважливіші закони електромагнетизму.

Вперше зв'язок між електрикою і магнетизмом виявив Ерстед (1820г.). Помістивши компас поблизу провідника зі струмом, він виявив відхилення стрілки компаса. Цей чисто якісний

експеримент надалі послужив емпіричним вихідним пунктом розвитку всього вчення про електромагнетизм.

Незабаром після цього Ампер здійснив експеримент, в якому кількісно підтвердив ідею про існування поля навколо провідника зі струмом. У 1821г. Фарадей побудував по суті першу експериментальну модель електромотора.

Нарешті, по самому методу здійснення в сучасній науці часто розрізняють статистичні і нестатистичні експерименти. В принципі статистичні методи використовуються при оцінці результатів будь-яких експериментів і навіть спостережень, щоб підвищити їх точність і надійність. Різниця між статистичними і нестатистичними експериментами зводиться не до використання статистики взагалі, а до способу вираження величин, з якими мають справу в експерименті. Якщо в нестатистичні експериментах самі досліджувані величини задані індивідуальним чином, то статистика тут використовується тільки для оцінки результатів дослідження.

У багатьох же експериментах в біології, агрономії, технології початкові величини задані статистично, і тому побудова таких експериментів з самого початку передбачає використання методів статистики і теорії ймовірностей.

### **3.2.2 Планування і побудова експерименту**

У процесі наукового спостереження дослідник керується деякими гіпотезами і теоретичними уявленнями про ті чи інші факти. У набагато більшій мірі ця залежність від теорії проявляється в експерименті. Перш ніж поставити експеримент, треба не тільки мати ідею, але і ретельно продумати план проведення експерименту та передбачити можливі результати.

Вибір того чи іншого типу експерименту, так само як і конкретний план його здійснення, в істотному ступені залежить від тієї наукової проблеми, яку вчений має намір вирішити за допомогою одержаного досвіду. Одна справа, коли експеримент призначений для попередньої оцінки і перевірки гіпотези, і зовсім інша, коли мова йде про кількісну перевірку тієї ж самої гіпотези.

У першому випадку обмежуються загальною, якісною констатацією залежностей між істотними факторами або

властивостями досліджуваного процесу, у другому - прагнуть кількісно виразити ці залежності, коли здійснення експерименту вимагає не тільки залучення значно більшої кількості приладів для реєстрації і вимірювань, але набагато більшої акуратності і точності в контролі над досліджуваними характеристиками і властивостями. Все це неминуче повинно позначитися на загальному плані побудови експерименту.

У ще більшій мірі планування експерименту пов'язано з характером величин, які доводиться оцінювати в ході досвіду. В цьому відношенні набагато складнішими є експерименти, в яких вивчаються величини задані статистичним чином. До чисто експериментальних труднощів тут приєднуються труднощі математичного характеру. Тому не випадково в останні роки в математичній статистиці виник самостійний напрям планування експерименту, який ставить своїм завданням з'ясування закономірностей побудови статистичних експериментів, тобто експериментів, в яких не тільки остаточні результати, а й сам процес вимагають залучення статистичних методів.

Оскільки кожен експеримент покликаний вирішувати певну теоретичну проблему: будь то попередня оцінка гіпотези або її остаточна перевірка, - остільки при його плануванні слід враховувати не тільки наявність тієї чи іншої експериментальної техніки, а й рівень розвитку відповідної галузі знання, що особливо важливо при виявленні тих факторів, які вважаються суттєвими для експерименту.

Все це говорить про те, що план проведення кожного конкретного експерименту має свої специфічні риси і особливості. Не існує єдиного шаблону або схеми, за допомогою яких можна було б будувати експеримент для вирішення будь-якої проблеми в будь-якій галузі експериментальних наук. Найбільше, що можна тут запропонувати, - це намітити загальну стратегію і дати деякі загальні рекомендації з побудови та планування експерименту.

Всякий експеримент починається з проблеми, яка вимагає експериментального вирішення. Найчастіше за допомогою експерименту здійснюється емпірична перевірка будь-якої гіпотези або теорії. Іноді він використовується для отримання

інформації, якої бракує, щоб уточнити або побудувати нову гіпотезу.

Як тільки наукова проблема точно сформульована, виникає необхідність виділити фактори, які впливають на експеримент, і фактори, які можна не брати до уваги. Так, Галілей в своїх експериментах з вивчення законів вільного падіння тіл не враховував вплив опору повітря, неоднорідність поля тяжкості, не кажучи вже про такі чинники, як колір, температура тіл, бо всі вони не надають будь-якого істотного впливу па падіння тіл поблизу земної поверхні, де опір повітря незначний, а поле тяжіння з достатнім ступенем наближення можна вважати однорідним. Ці факти в даний час здаються майже очевидними, але за часів Галілея не існувало теорії, яка дозволяла б пояснити їх.

Якщо є достатньо розроблена теорія досліджуваних явищ, то виділення істотних факторів досягається порівняно легко. Коли ж дослідження тільки починається, а область досліджуваних явищ абсолютно нова, тоді виділити фактори, істотно впливають на процес, виявляється вельми важко.

В принципі будь-який чинник може виявитися важливим, тому заздалегідь не можна виключити жоден з них без попереднього обговорення і перевірки. Оскільки така перевірка неминуче пов'язана зі зверненням до досвіду, виникає важка проблема відбору саме таких факторів, які є істотними для досліджуваного процесу. Зазвичай неможливо фактично перевірити всі припущення про істотні фактори. Тому вчений більше покладається на свій досвід і здоровий глузд, але вони не гарантують його від помилок. Відомо, що Роберт Бойль, який відкрив закон про обернено пропорційну залежність між тиском і об'ємом газу, не рахував температуру фактором, що істотно впливає на стан газу. Згодом Жак Шарль і Гей-Люссак встановили, що обсяг газу збільшується прямо пропорційно його температурі. Крім того, слід пам'ятати, що фактор, який є несуттєвим в одному експерименті, може стати суттєвим в іншому. Якщо Галілей в своїх дослідках міг знехтувати опором повітря, оскільки мав справу з повільно рухомими тілами, то цього не можна зробити в експериментах по дослідженню швидко рухомих тіл, наприклад снаряда або літака, особливо

якщо він летить з надзвуковою швидкістю. Отже, саме поняття істотного фактору є відносним, бо воно залежить від завдань і умов експерименту, а також від рівня розвитку наукового знання.

Наступним етапом в здійсненні експерименту є зміна одних факторів при збереженні інших відносно незмінними і постійними. Мабуть, в цьому найбільш яскраво проявляється відмінність експерименту від спостереження, так як саме можливість створення деякого штучного середовища дозволяє досліднику спостерігати явища «за умов, що забезпечують перебіг процесу в чистому вигляді». Припустимо, відомо, що досліджуване явище залежить від деякого числа істотних властивостей або факторів. Щоб встановити роль кожного з них, а також їх взаємозв'язок один з одним, треба вибрати спочатку дві будь-які властивості. Зберігаючи всі інші істотні властивості або фактори постійними, змушуємо одне з обраних властивостей змінюватися і спостерігаємо, як веде себе інша властивість або фактор. Таким же чином перевіряється і залежність між іншими властивостями. В результаті експериментально встановлюється залежність, яка характеризує відношення між всіма досліджуваними властивостями явища.

Після обробки даних експерименту ця залежність може бути представлена у вигляді певної математичної формули або рівняння.

В якості наочної ілюстрації розглянемо, як емпірично були відкриті закони, що описують стан ідеального газу. Перший газовий закон був відкритий Бойлем в 1660 р. Він вважав, що температура не робить будь-якого істотного впливу на стан газу. Тому в його експерименті цей фактор не фігурував.

Підтримуючи температуру постійною, можна переконатися в справедливості закону, встановленого Бойлем: обсяг даної маси газу обернено пропорційний тиску. Підтримуючи постійним тиск, можна поставити експеримент, щоб з'ясувати, як впливає підвищення температури газу на його об'єм. Вперше такі вимірювання були здійснені французьким фізиком Ж. Шарлем, проте отримані ним результати не були опубліковані. Півтора століття потому англійський хімік Джон Дальтон провів експерименти з різними газами і переконався, що при постійному тиску вони розширюються при нагріванні (хоча вважав, що їх

здатність розширюватися повинна зменшуватися з підвищенням температури). Значення експериментів Дальтона полягає не стільки в точності висновків, скільки в доказі того, що з підвищенням температури склад газу не впливає на його розширення.

Гей-Люссак, що відновив пріоритет Шарля, багато зробив для встановлення точної кількісної залежності між температурою і об'ємом газу. Він знайшов, що для так званих постійних газів збільшення обсягу кожного з них в межах від температури танення льоду до температури кипіння води складає  $100/26666$  початкового об'єму. Після того як були знайдені, і експериментально перевірені частинні емпіричні закони, які виражають зв'язок між тиском і об'ємом, об'ємом і температурою газу, можна було сформулювати більш загальний закон, що характеризує стан будь-якого ідеального газу. Цей закон говорить, що добуток тиску на обсяг газу дорівнює добутку температури на деяку величину  $R$ , яка залежить від кількості взятого газу:

$$PV = RT,$$

де  $P$  позначає тиск,  $V$  - об'єм,  $T$  - температуру газу.

Подібне узагальнення емпіричних законів не дає можливості відкривати більш складні і глибокі теоретичні закони, за допомогою яких можуть бути пояснені емпіричні закони. Однак описаний метод експериментального встановлення залежностей між істотними факторами досліджуваного процесу служить найважливішим попереднім щаблем у пізнанні нових явищ.

Якщо в плануванні експерименту передбачається тільки виявлення істотних факторів, що впливають на процес, то такого роду експерименти часто називають факторними. У більшості випадків, особливо в точному природознавстві, прагнуть не тільки виявити суттєві чинники, а й встановити форми кількісної залежності між ними: послідовно визначають, як зі зміною одного фактору або величини відповідно змінюється інший фактор. Іншими словами, в основі зазначених експериментів лежить ідея про функціональну залежність між деякими

істотними факторами досліджуваних явищ. Такі експерименти отримали назву функціональних.

Однак якій би експеримент ні планувався, його проведення вимагає точного обліку тих змін, котрі експериментатор вносить в досліджуваний процес. Це вимагає ретельного контролю, як об'єкта дослідження, так і засобів спостереження і вимірювання.

### **3.2.3 Контроль експерименту**

Велика частина експериментальної техніки служить для контролю тих факторів, характеристик або властивостей, які з тих чи інших причин вважаються істотними для досліджуваного процесу. Без такого контролю не можна було б досягти мети експерименту. Техніка, яка використовується в експерименті, повинна бути не тільки практично перевірена, але і теоретично обґрунтована.

Однак перш ніж говорити про теоретичне обґрунтування, треба переконатися в практичній здійсненності експерименту.

Навіть в тому випадку, коли дослідна установка успішно функціонує, її робота, і особливо результати, може залежати від самих різних причин. Тому перш ніж приступити до експерименту, дослідник намагається пояснити функціонування майбутньої експериментальної установки за допомогою вже відомої та добре підтвердженою теорії.

Якщо експеримент повинен служити критерієм істинності наукового знання, то цілком природно, що він повинен спиратися тільки на добре перевірене і надійне знання, істинність якого встановлена поза рамками даного експерименту.

Точно так само йде справа з новою експериментальною технікою. Крім теоретичного обґрунтування слід перевіряти її надійність за допомогою інших методів. Наприклад, техніка використання так званих мічених атомів в біології і радіоактивних ізотопів в різних галузях науки і техніки в істотному ступені спирається на зіставлення результатів, отриманих за допомогою зазначеної техніки, з даними, отриманими іншим способом. Відомо, що результати визначення часу існування тих або інших органічних відкладень в Землі, віку гірських порід за допомогою техніки радіоізотопів (зокрема,

ізотопи вуглецю C14) контролювалися вже перевіреними методами (астрономічними, біологічними, хроніками і т.і.).

Однак, як би не була важлива перевірка технічного боку досвіду, вона не вичерпує сутність контролю при плануванні і проведенні експерименту. Щоб точно визначити зміни, які відбуваються в процесі експерименту, дуже часто поряд з експериментальною групою використовують ще так звану контрольну групу. Там, де не відбувається помітних індивідуальних змін, в якості контрольної групи або системи може служити сам досліджуваний об'єкт. Наприклад, для визначення зміни механічних властивостей металу під впливом струмів високої частоти досить описати вичерпано ці властивості до і після експерименту.

Початкові властивості металу можна при цьому розглядати як властивості контрольної системи, за допомогою яких можна судити про результати впливу на метал в процесі експерименту.

Всі дії і зміни відбуваються над експериментальною групою, а про результати цих впливів судять, порівнюючи з контрольною групою. Так, щоб перевірити ефективність нових ліків, точно з'ясувати всі позитивні і негативні фактори, викликані ними, необхідно всіх піддослідних тварин розділити на дві групи: експериментальну і контрольну. Те ж саме роблять при експериментальній перевірці щеплень проти інфекційних захворювань.

У всіх випадках, коли за умовами дослідження потрібно утворити експериментальну і контрольну групи, необхідно домагатися того, щоб вони були якомога більш однорідними. В іншому випадку результати експерименту можуть виявитися не цілком надійними і навіть вельми сумнівними. Найпростіший спосіб досягнення такої однорідності полягає в попарному порівнюванні індивідуумів експериментальної і контрольної груп. Для великих груп такий спосіб виявляється малопридатним. Тому в даний час найчастіше вдаються до статистичних методів контролю, при використанні яких враховуються загальні, статистичні характеристики порівнюваних груп, не індивідуальні їх особливості.

В якості статистичних критеріїв контролю нерідко вибирають контроль розподілів. Розподіл характеризують, як

часто або з якою ймовірністю та чи інша випадкова величина приймає будь-яке з можливих її значень. Шляхом порівняння функцій розподілу можна досягти більшою або меншою мірою однорідності експериментальної та контрольної груп.

Однак як при індивідуальній, так і статистичній оцінці цих груп завжди зберігається можливість упередженого вибору індивідуумів. Щоб виключити таку можливість, при плануванні експерименту вдаються до методу рандомізації, мета якого - забезпечити рівноімовірний вибір будь-якого індивідуума з наявної сукупності. Техніка такого вибору може бути будь-якою, але вона повинна сприяти досягненню головної мети - побудові однорідних груп (експериментальної і контрольної) з сукупності, що підлягає дослідженню.

### **3.2.4 Інтерпретація результатів експерименту**

Залежність експерименту від теорії позначається не тільки при плануванні, але в ще більшій ступені при тлумаченні його результатів.

По-перше, результати будь-якого експерименту потребують статистичного аналізу, щоб виключити можливі систематичні помилки. Такий аналіз стає особливо необхідним при здійсненні експериментів, в яких досліджувані фактори або величини задані не індивідуальним, а статистичним чином. Але навіть при індивідуальному завданні, як правило, роблять множину різних вимірів, щоб виключити можливі помилки. В принципі статистична обробка результатів експерименту, в якому досліджувані величини задані індивідуально, нічим не відрізняється від обробки даних спостереження. Набагато більші труднощі виникають при аналізі статистичних експериментів.

Тут доводиться встановлювати і оцінювати відмінність між експериментальною і контрольною групами. Іноді різниця між ними може бути викликана випадковими, неконтрольованими факторами

. Тому виникає завдання визначення та статистичної перевірки різниці між експериментальною і контрольною групами. Якщо ця різниця перевищує деякий мінімум, то це є показником того, що між величинами, що вивчаються в даному

експерименті, існує деякий реальний зв'язок. Знаходження конкретної форми цього взаємозв'язку представляє мета подальшого дослідження.

По-друге, результати експерименту, які зазнали статистичної обробки, можуть бути по-справжньому зрозумілими і оцінені лише в рамках теоретичних уявлень відповідної галузі наукового знання. При всій тонкощі і складності сучасних статистичних методів з їх допомогою, в кращому випадку, може бути намацана або вгадана деяка гіпотеза про реальний взаємозв'язок досліджуваних факторів або величин. За допомогою методів кореляційного аналізу можна, наприклад, оцінити ступінь залежності або співвідношення однієї величини від іншої, але такий аналіз не може розкрити конкретну форму або тип функціонального зв'язку між ними, тобто закон, керуючий цими явищами. Ось чому тлумачення результатів експериментального дослідження набуває такого важливого значення для розуміння і пояснення цих результатів.

При інтерпретації даних експерименту дослідник може зустрітися з двома альтернативами.

По-перше, він може пояснити ці результати в термінах вже відомих теорій або гіпотез. В цьому випадку його завдання зводиться до перевірки або повторному огляді одержаного знання. Оскільки така перевірка полягає в зіставленні тверджень, що виражають дані експерименту, з висновками теорії, то виникає необхідність в отриманні таких логічних наслідків з теорії, які допускають емпіричну перевірку. Це неминуче пов'язане з інтерпретацією, принаймні, деяких понять і тверджень теорії.

По-друге, в ряді випадків вчений не має готової теорії або навіть більш-менш обґрунтованої гіпотези, за допомогою яких він зміг би пояснити дані свого експерименту. Іноді такого роду експерименти навіть суперечать тим теоретичним уявленням, які панують в тій чи іншій галузі науки.

Про це свідчать численні експериментальні результати, отримані в фізиці в кінці XIX - початку XX ст., Які вперто не вкладалися в рамки старих, класичних уявлень. У 1900 р. Макс Планк, переконавшись в неможливості класичними методами пояснити експериментальні дані, що відносяться до властивостей

теплого випромінювання, запропонував свою інтерпретацію в термінах кінцевих квантів енергії.

Ця інтерпретація допомогла згодом пояснити особливості фотоефекту, експерименти Франка і Герца, ефекти Комптона і Штерна-Герлаха і багато інших дослідів

Звичайно, не всяка нова інтерпретація експериментальних даних призводить до революційних змін в науці. Однак будь-яка інтерпретація пред'являє серйозні вимоги до існуючих теорій, починаючи від перегляду і модифікації деяких їх елементів і закінчуючи радикальним переглядом вихідних принципів і постулатів.

### **3.2.5 Функції експерименту в науковому дослідженні**

Перевага експерименту над спостереженням полягає, перш за все, в тому, що він дає можливість активно і цілеспрямовано досліджувати явища, які цікавлять науку. Вчений може за своїм бажанням вивчати ці явища в самих різних умовах їх протікання, ускладнювати або спрощувати ситуацію, суворо контролюючи при цьому хід і результати процесу. Часто експеримент уподібнюють питанню, зверненому до природи. Хоча такий метафоричний спосіб вираження і не вільний від недоліків, проте, він дуже вдало охоплює основну мету експерименту - дати відповіді на наші запитання, перевіряти ідеї, гіпотези і теорії щодо властивостей і закономірностей протікання тих чи інших процесів в природі. У звичайних умовах ці процеси вкрай складні і заплутані, не піддаються точному контролю і управління. Тому і виникає завдання організації такого їх дослідження, при якому можна було б простежити хід процесу «в чистому» вигляді.

З цією метою в експерименті відокремлюють істотні фактори від несуттєвих і тим самим значно спрощують ситуацію. Хоча таке спрощення і віддаляє нас від дійсності, але в кінцевому підсумку воно сприяє більш глибокому розумінню явищ і можливостей контролю небагатьох істотних для даного процесу факторів або величин. В цьому відношенні експеримент набагато ближче стоїть до теоретичної моделі, ніж спостереження. При експериментуванні дослідник зосереджує увагу на вивченні лише

найбільш важливих сторін і особливостей процесів, намагаючись звести до мінімуму із рівноваги вплив другорядних факторів. Звідси напрощується природна аналогія між експериментом і абстрагуванням

Подібно до того, як при абстрагуванні ми відволікаємося від усіх несуттєвих моментів, властивостей і особливостей явищ, при експериментуванні прагнуть виділити і вивчити ті властивості і чинники, які детермінують цей процес. І в тому, і в іншому випадку дослідник ставить задачу - вивчити хід процесу «в чистому вигляді», і тому не бере до уваги безліч додаткових чинників і обставин.

Але, мабуть, більше ніж в іншій аналогії, тут доводиться рахуватися з важливими відмінностями принципового характеру. По-перше, будь-яке абстрагування являє спосіб уявного виділення істотних властивостей і особливостей досліджуваного, явища, в той час як при експериментуванні за допомогою спеціальних засобів і приладів створюють штучне середовище, яке дає можливість аналізувати явища в умовах, більш-менш вільних від впливу другорядних чинників. Звичайно, в порівнянні з можливостями уявного відволікання можливості фактичної ізоляції явищ в умовах експерименту представляються більш скромними. По-друге, в реальній практиці наукового дослідження абстрагування завжди передує експерименту. Перш ніж поставити експеримент, вчений повинен виходити з деякою гіпотези або просто здогадки про те, які властивості або фактори в досліджуваному явищі вважати істотними, а які можна не брати до уваги. Все це показує, що абстрагування і експеримент відносяться до якісно різних методів дослідження і вирішують свої, специфічні завдання.

До числа найважливіших проблем, які вимагають залучення експериментального методу, відноситься, перш за все, досвідчена перевірка гіпотез і теорій. Це найвідоміша і найбільш істотна функція експерименту в науковому дослідженні, яка служить показником зрілості самого методу. Ні в античності, ні в середні віки не було експерименту в точному сенсі цього слова, так як там метою дослідів швидше був збір даних, ніж перевірка ідей.

Галілей рішуче порвав з натурфілософськими і схоластичними традиціями колишньої фізики, вперше

систематично став перевіряти свої гіпотези за допомогою експерименту. Великі успіхи в розвитку механіки в пізніший час були пов'язані з тим, що розробка нових її гіпотез і теорій йшла рука об руку з їх експериментальною перевіркою. Поступово такий метод перевірки нових гіпотез і теорій проник в усі галузі природознавства, а в наш час успішно використовується і в ряді соціальних наук.

Не менш цінну роль експеримент грає при формуванні нових гіпотез і теоретичних уявлень. Евристична функція експерименту при створенні гіпотез полягає в тому, щоб використовувати досвід для уточнення і виправлення початкових припущень і здогадок. У той час, коли дослідник при перевірці має готову гіпотезу і прагне за допомогою експерименту або підтвердити, або спростувати її, при висуненні та обґрунтуванні нових гіпотез йому часто не вистачає додаткової емпіричної інформації. Тому він змушений звертатися до експерименту, в тому числі до модельного і уявного, щоб відкоригувати свої початкові припущення. Зазвичай пошуковий і перевірючий експерименти здійснюються одночасно.

В ході дослідження вчений не тільки уточнює свою первісну гіпотезу і доводить її до рівня наукової гіпотези, але одночасно перевіряє цю гіпотезу спочатку по частинам, а потім і цілком.

Який би експеримент, однак, не здійснювався, він завжди служить лише певною ланкою в загальному ланцюгу наукового дослідження. Тому його не можна розглядати як самоціль і тим більше протиставляти теорії. Якщо експеримент ставить питання природі, то таке питання може виникнути лише в сфері ідей і при досить високому рівні розвитку теоретичного знання.

Як уже зазначалося, сам план проведення експерименту, інтерпретація його результатів вимагають звернення до теорії. Без теорії та її керівних ідей неможливе ніяке наукове експериментування.

На перший погляд може здатися, що таке підкреслення значення теорії для експерименту і емпіричного пізнання взагалі суперечить відомій тезі про послідовність етапів процесу пізнання. Насправді теза про рух пізнання від живого споглядання до абстрактного мислення і від нього до практики

дає загальну історичну картину процесу, з'ясовує генетичний зв'язок між емпіричною і раціональною ступенями пізнання.

У реальній практиці наукового дослідження ці ступені виступають у взаємодії і єдності. Безперечно, що теоретичні уявлення завжди ґрунтуються на якихось емпіричних даних або фактах.

В кінцевому рахунку, все знання спирається на досвід, експеримент, практику. Однак саме емпіричне пізнання, особливо в науці, відштовхується від існуючих теоретичних уявлень. Така взаємодія між теорією і емпірією з особливою наочністю проявляється на прикладі експерименту. Ось чому в науковому дослідженні найменше можна говорити про незалежність різних методів і ступенів пізнання, а тим більше про їх протиставленні один одному. Навпаки, тільки облік їх діалектичного взаємозв'язку та взаємодії дає можливість правильно зрозуміти не тільки весь процес дослідження взагалі, а й окремі його етапи та методи.

За чотири століття існування експериментальний метод продемонстрував свою високу ефективність як найважливіший спосіб емпіричного дослідження. Ця ефективність зростала в міру ускладнення експериментальної техніки і ступеня зрілості теоретичної думки. Від найпростіших дослідів, що представляють по суті справи ускладнені спостереження, до створення індустріальних установок для прискорення заряджених частинок, отримання високих і надвисоких температур і тисків, потужних радіотелескопів і космічних лабораторій - ось той гігантський стрибок, який характеризує розвиток експериментальної техніки. Індустріальний характер сучасного фізичного експерименту і складність його техніки роблять необхідним створення великих колективів дослідників. Важливою перевагою колективних методів наукової роботи є те, що вони допомагають долати однобічність і суб'єктивізм як в оцінці перспективності тих чи інших напрямків, так і в інтерпретації отриманих результатів.

Виникає питання: якщо експериментальний метод є настільки ефективним методом емпіричного дослідження, то чому він не застосовується у всіх науках?

Головною умовою успішного застосування експериментального методу в тій чи іншій науці є принципова можливість активної, перетворюючої діяльності дослідника з досліджуваним об'єктом. Дійсно, найбільший успіх, досягнутий за допомогою цього методу, відноситься головним чином до фізики і хімії, де найлегше можна втручатися в хід досліджуваних процесів.

У деяких науках вчені об'єктивно не можуть впливати на процеси, що вивчаються. Так, в астрономії, незважаючи на великий успіх космічних досліджень, вони часто змушені обмежуватися спостереженнями за небесними тілами. Те ж саме слід сказати про геологію і деяких інших науках. Такі науки хоча і використовують емпіричні методи (наприклад, спостереження і вимірювання), але не відносяться до наук експериментальних.

У найбільш розвинених експериментальних науках і спостереження, і досліди супроводжуються ретельними вимірами досліджуваних величин. Хоча техніка вимірювань і їх спеціальна методика може бути дуже різною, все ж існують деякі загальні принципи, правила і прийоми вимірювань, якими керується будь-який науковець в процесі дослідження.

### **3.3 Вимірювання**

Під виміром зазвичай розуміють процес знаходження відносини даної величини до іншої однорідної величини, прийнятої за одиницю виміру. Результат вимірювання виражається деяким числом і завдяки цьому стає можливим піддати ці результати математичній обробці. Однак, в окремих випадках, виміром називають всякий спосіб приписування чисел досліджуваним об'єктам і їх властивостям за деякими правилами. З таким поглядом найчастіше доводиться зустрічатися в тих науках, де здебільшого обмежуються лише порівнянням досліджуваних властивостей по їх інтенсивності (емпірична соціологія, психологія та інші гуманітарні науки).

Всякий раз, коли вдається упорядкувати ту чи іншу властивість за ступенем її інтенсивності за допомогою відносин «більше», «менше» або «дорівнює», можна встановити певну відповідність між ступенями цієї властивості і деякими числами.

Такий спосіб квантифікації властивостей використовується у всіх тих випадках, коли виявляється важким або неможливим провести безпосередні вимірювання. Так, наприклад, в мінералогії широко використовується шкала Мооса для визначення порівняльної твердості мінералів. Один мінерал вважається більш твердим, якщо він залишає на іншому подряпину. Чим твердіше мінерал, тим більше число йому відповідає на шкалі Мооса: якщо твердість тальку оцінюється 1, то твердості алмаза відповідає 10.

Ясно, однак, що в даному випадку приписування чисел певною мірою довільно. З таким самим успіхом ми могли б, оцінити твердість тальку 10, тоді відповідно змінилася б ступінь твердості алмазу. Але головне полягає не в цьому. Оскільки числа, що характеризують ступінь інтенсивності властивості, вибираються більш-менш довільно, то з ними не можна проводити звичайних арифметичних дій. А це значно ускладнює застосування математичних методів для обробки результатів емпіричного дослідження.

Ось чому в точному природознавстві не обмежуються простим порівнянням властивостей в термінах «більше», «менше» або «дорівнює», а намагаються висловити їх величину за допомогою певного числа. Але в цьому випадку доводиться вже використовувати спеціальну вимірвальну техніку, щоб висловити ступінь інтенсивності досліджуваної властивості не довільно взятим, а певним визначеним числом.

З усього вищесказаного неважко зрозуміти, що вимір представляє досить розвинений етап кількісного дослідження явищ. Перш ніж люди навчилися вимірювати величини, вони повинні були вміти порівнювати різні властивості і їх ступені між собою, а ще раніше цього - оволодіти технікою рахунку. Тому навряд чи доцільно називати виміром всякий спосіб квантифікації властивостей і величин за ступенем їх інтенсивності. Насправді таке порівняння представляє лише один з етапів кількісного аналізу взагалі та вимірювання особливо.

Щоб отримати більш повне уявлення про цей аналіз необхідно попередньо ознайомитися з тими видами понять, які служать основою подальшого процесу вимірювання. З цієї точки

зору все наукові поняття можуть бути розбиті на три великі класи: 1) класифікаційні, 2) порівняльні і 3) кількісні.

Як показує сама їх назва, класифікаційні поняття відображають ті чи інші класи об'єктів або явищ. На базі таких понять по суті і будуються різні наукові класифікації: рослин - в ботаніці, тварин - в зоології, мінералів - в мінералогії і т.і. Виділяючи істотні ознаки цих класів, класифікаційні поняття дають можливість відрізнити один клас від іншого і тому, перш за все, характеризують їх якісну природу. Ось чому вони часто називаються також якісними поняттями.

Але навіть до таких понять можливо застосувати найпростіші кількісні методи аналізу, зокрема визначити число елементів класу.

Зараз всяка грамотна людина визначає кількість елементів будь-якого класу речей за допомогою цілих позитивних або натуральних чисел. Однак, як показує історія культури, був час, коли люди не мали жодного уявлення про абстрактні числа і тим не менш по-своєму справлялися з рахунком невеликих сукупностей речей. Операція рахунки по суті справи представляє собою процес встановлення взаємно-однозначної відповідності між множиною предметів, які треба відраховувати, і деякою «еталонною» множиною.

Якщо на зорі цивілізації в якості такого «еталона» вибиралися пальці рук і ніг самої людини, потім камінчики, черепашки і тому подібні предмети, то згодом люди поступово усвідомили необхідність введення абстрактних чисел. Ці числа і починають надалі виступати в якості абстрактного «еталона», користуючись яким люди вважають ті або інші сукупності предметів.

За допомогою натуральних чисел визначається кількість елементів кінцевих класів або множин. Іноді ця множина може виявитися порожньою. У цьому випадку їй приписується число нуль, що характеризує відсутність елементів в класі. Не всі множини, що вивчаються в науці, є кінцевими. У теоретичному природознавстві нерідко доводиться розглядати і нескінченні множини. Не кажучи вже про астрономію і космологію, де постійно обговорюються проблеми, пов'язані з нескінченністю Всесвіту, навіть у фізиці, хімії, молекулярній біології нескінченні

множини (наприклад, всіх потенційно допустимих рівнів енергії атома) служать важливим інструментом дослідження закономірностей природи.

Для кількісної характеристики таких нескінченних множин вводяться особливі трансфінітні числа (від транс ... і лат. finitus - обмежений - узагальнені порядкові числа), які утворюються за аналогією зі звичайними натуральними числами. Маючи в своєму розпорядженні трансфінітні числа, ми можемо порівнювати різні нескінченні множини між собою. Істотною відмінністю трансфінітних чисел від звичайних є різке розмежування між кардинальними (кількісними) і ординальними (порядковими) трансфінітними числами. Мабуть, історично люди також розрізняли порядкові і кількісні натуральні числа, але так як з математичної структури вони абсолютно еквівалентні, то згодом ця різниця відійшло на другий план. Однак в процесі вимірювання змінних величин ми оперуємо фактично з порядковими числами, та й сам рахунок по суті представляє певну послідовність операцій, в ході якої ми по порядку називаємо натуральні числа, починаючи з 1 і закінчуючи тим числом, яким завершується рахунок. Але як би не трактували природу натуральних чисел, одне безсумнівно: рахунок являє необхідну передумову для вимірювання.

Перш ніж вимірювати, треба навчитися рахувати.

Наступним етапом кількісного аналізу досліджуваних властивостей є їх порівняння за ступенем інтенсивності прояву тієї чи іншої властивості в тому чи іншому предметі. Саме в процесі такого порівняння і сформувалися ті поняття, за допомогою яких виражаються відношення між різними предметами по деякій властивості. Такі поняття дають можливість визначити, в якому відношенні знаходиться ступінь інтенсивності деякої властивості в різних предметах або в тому ж самому предметі, але в різні періоди часу. Якщо позначити деяку властивість через  $M$ , то різні відносини, які можуть існувати між предметами, що володіють цією властивістю, легко виражаються у вигляді наступних математичних тверджень:

$$M(a) > M(b),$$

$$M(a) < M(b),$$

$$M(a) = M(b).$$

Наприклад, один мінерал може бути твердіше або м'якше іншого, або бути однаковою з ним твердості. Температура того ж самого тіла в різні періоди часу може бути більше, то менше або залишатися постійною. Такі порівняльні поняття зустрічаються і в повсякденному житті, і в науці. За своїм місцем в пізнанні вони займають проміжне положення між класифікаційними і кількісними поняттями.

На відміну від перших вони дають більш точну інформацію про явище або властивість, яка нас цікавить. У той час як класифікаційне поняття, наприклад твердості, ділить все тіла на тверді і м'які, відповідне порівняльне поняття оцінює ступінь цієї властивості в термінах «більше», «менше» або «дорівнює». Інакше кажучи, замість простого дихотомічного поділу досліджуваних властивостей на два класи порівняльне поняття встановлює топологічне відношення між ними, тобто місце, займане різними ступенями інтенсивності властивості в деякій впорядкованій шкалі. Так, ми бачили на прикладі шкали Мооса, що за ступенем твердості мінерали можна розташувати в певному порядку, при якому більшій твердості буде відповідати і більше число.

Виявлення певного порядку в ступені зростання або зменшення будь-якої властивості дає можливість порівнювати ступені його прояви за допомогою відносин «більше», «менше» або «дорівнює». Тому про таку властивість ми з повним правом можемо говорити як про величину, хоча нерідко під величиною розуміють тільки такі властивості, ступінь прояву яких можна виразити числом. Однак при такому підході дуже звужується клас величин, з якими фактично має справу наука.

Головна складність, з якою доводиться зустрічатися при вимірюванні величин, полягає в тому, щоб знайти відповідні процедури вимірювання та одиниці для порівняння. Найпростіше такі одиниці і процедури встановлюються в науках, які вивчають неорганічну природу. В науках про живу природу зробити це значно важче, а там, де доводиться враховувати почуття, відчуття, думки людей, вимір здається в принципі неможливим.

«Треба пам'ятати, - писав в 30-і роки акад. Д.М.Крилов, - що є множина «величин», тобто того, до чого застосовні поняття «більше» і «менше», але величин, точно не вимірюваних, наприклад: розум і дурість, краса і неподобство, хоробрість і боягузтво, винахідливість і тупість і т.і. Для вимірювання цих величин немає одиниць, ці величини не можуть бути виражені числами, - вони не становлять предмета математики ». Дійсно, всі зазначені величини можна оцінити точно визначеним числом. Протиставляючи їх величинам, точно вимірюваним, А. Н. Крилов хотів підкреслити значення чисельних, метричних методів в математиці.

Тим часом противники кількісних методів дослідження зазвичай посилаються на подібного роду поняття психології, етики та інших гуманітарних наук, заявляючи про принципову неможливість застосування до них понять і методів математики. Але чи є такого роду посилення досить переконливими? Зрозуміло, ніхто не буде сперечатися з тим, що чисельні методи математики не знайшли такого широкого застосування в гуманітарних науках, як в природних. І труднощі тут, дійсно, існують. Перш ніж ввести кількісні поняття, треба спробувати встановити для величин, що зустрічаються в таких науках, впорядковану шкалу значень. Так, можна говорити про більшою чи меншою мірою почуття, розуму, краси і т.і., але здається вкрай штучним оцінювати ці поняття числом. Але це зовсім не означає, що до таких понять порівняльного характеру не можуть бути застосовувані метричні методи сучасної математики. І теорія множин, і особливо теорія відносин дозволяють розкрити логічну структуру порівняльних понять, яка виявляється складніше структури класифікаційних понять. Справді, навіть ставлення еквівалентності між величинами характеризується такими логічними властивостями, як рефлексивність, симетричність і транзитивність. Так, якщо два тіла є еквівалентними по тяжкості або вазі, тоді вони врівноважують один одного. Властивість рефлексивності висловлює той очевидний факт, що будь-яке тіло залишається рівним собі по тяжкості. Симетричність характеризує оборотність відносин еквівалентності. Дійсно, якщо ми поміняємо місцями два рівних по тяжкості тіла, то ваги будуть як і раніше залишатися в рівновазі.

Нарешті, властивість транзитивності дає можливість переходити від одних еквівалентних відносин до інших.

Якщо одне тіло врівноважує інше, а це в свою чергу - третє тіло, тоді перше тіло буде також врівноважувати третє. Ці властивості, що здаються нам дуже звичними, насправді грають істотну роль не тільки при аналізі відносини еквівалентності, а й при характеристиці процесу вимірювання. Якщо позначити різні за іншими фізичними властивостями (крім досліджуваної загальної їм властивості) тіла латинськими буквами  $x$ ,  $y$  і  $z$ , то символічно властивості відносин еквівалентності можуть бути представлені так:

- 1)  $xRx$  (рефлексивність),
- 2)  $xRy - yRx$  (симетричність),
- 3)  $[(xRy) \& (yRz)] > DxRz$  (транзитивність),

де  $R$  позначає відношення еквівалентності,  $\&$  - знак кон'юнкції,  $>$  - імплікації, або логічного слідування.

Структура інших відносин, наприклад відносини «більше» або «менше», не володіє властивостями симетричності і рефлексивності, хоча як і раніше зберігає властивість транзитивності. Дійсно, якщо одне тіло важче іншого за вагою, тоді друге тіло, звичайно, легше першого, тому симетричність відносини тут не зберігається. Розглянуті вище властивості відносин еквівалентності і нерівності неявно використовуються в будь-якому процесі вимірювання.

Все це показує, що порівняльні поняття хоча і є менш точними, але все ж є основою для утворення кількісних понять як генетично, так і логічно. Як свідчить історія науки, перш ніж прийти до точних кількісних понять, природознавство часто задовольнялося слабшими порівняльними поняттями. Були часи, коли температуру різних тіл можна було описувати за допомогою таких термінів, як «більш нагріте або тепле тіло», «менш тепле» і т.і. Ця невизначеність значною мірою обумовлена тим, що без термометра встановити ступінь нагріву тіла дуже важко. Одній

людині здається, що дане тіло тепліше, ніж інше, другому видається правильним зворотнє.

І навіть у однієї і тієї ж особи під впливом різних факторів теплові відчуття можуть змінюватися. Після винаходу термометра і встановлення точної процедури для вимірювання температури був знайдений об'єктивний спосіб чисельної оцінки цієї фізичної величини.

Такі ж об'єктивні способи вимірювання наука шукає і для дослідження інших властивостей і величин, в тому числі таких складних, як психічні. У зв'язку з цим слід згадати відомий закон Вебера-Фехнера, який встановлює залежність інтенсивності відчуття від відповідних факторів зовнішнього середовища, наприклад відчуття від тиску на шкіру різних вантажів. Щоб встановити цей закон, необхідно було побудувати впорядковану шкалу значень інтенсивностей відчуттів. Виявлення упорядкованого характеру інтенсивності властивості часто свідчить про можливість подальшого його вимірювання.

Найбільш простою є процедура вимірювання так званих екстенсивних величин, до яких відносяться, наприклад, такі основні фізичні величини, як довжина, маса, час. Характерна особливість таких величин полягає в тому, що при деякому об'єднанні двох тіл значення одержаної екстенсивної величини буде дорівнювати арифметичній сумі величин окремих тіл. Так, наприклад, щоб дізнатися вагу двох тіл, ми кладемо обидва тіла на чашу ваг і переконуємося в тому, що ця вага дорівнює сумі ваг окремих тіл. Подібно до цього довжина, площа, об'єм, електричний заряд, енергія будуть екстенсивними величинами, так як сукупне значення цих величин виходить шляхом складання чисельних значень окремих величин. При цьому сама фізична операція об'єднання двох тіл  $a$  й  $b$ , що володіють певними значеннями  $M(a)$  і  $M(b)$  деякої величини  $M$ , може бути дуже різною.

Так при зважуванні тіла ставляться на одну чашу терезів, при вимірюванні довжини тверді тіла поєднуються кінцями своїх ребер і т.і.

Якщо позначити специфічну операцію об'єднання двох тіл кружечком, тоді сукупне значення величини  $M$ , що виходить в

результаті зазначеної операції, дорівнюватиме арифметичній сумі чисельних значень величин обох тіл:

$$M(AOB) = M(a) + M(b).$$

Величини такого роду часто називають також адитивними, так як їх сукупне значення виходить шляхом підсумовування значень окремих величин. При цьому слід мати на увазі, що арифметично складаються не самі величини, а їх чисельні значення. Величини ж можуть лише об'єднуватися або з'єднуватися за допомогою деякої специфічної операції, будь то з'єднання довжин відрізків, об'ємів тіл, опорів провідників або навіть розташування тіл поруч на шальках терезів.

Щоб переконатися в тому, що дана величина задовольняє принципу адитивності, необхідно емпірично знайти таку операцію з'єднання двох або декількох тіл, відповідні величини яких в сумі будуть дорівнювати сукупному значенню величини, отриманої в результаті з'єднання тіл. Так, наприклад, якщо взяти послідовне з'єднання провідників, то загальний опір в такому колі буде дорівнює сумі опорів окремих її елементів. Тому зазначена операція буде підкорятися принципу адитивності.

Якщо ж провідники з'єднані паралельно, то повний опір в ланцюзі не буде дорівнює сумі опорів окремих провідників і, отже, сама операція не буде адитивною, хоча величина, зворотна опору, тобто провідність ланцюга при паралельному з'єднанні, буде адитивною, в той час як при послідовному з'єднанні - неадитивною.

Ці приклади показують, що адитивний або неадитивний характер величини нерідко залежить від специфіки тієї операції, за допомогою якої відбувається з'єднання двох або декількох тіл.

У величезній більшості випадків всі екстенсивні величини підкоряються принципу адитивності. На противагу цьому неекстенсивні, або інтенсивні, величини не задовольняють цьому принципу. Наприклад, якщо змішати два обсягу води з температурою в 40 і 60 градусів, то в результаті їх загальна температура не буде дорівнює 100 градусам.

Найсуттєвіша відміна інтенсивних величин від екстенсивних полягає в тому, що вони характеризують не індивідуальні, а

колективні, статистичні властивості об'єктів. Як відомо, температура представляє собою статистичну властивість величезного числа хаотично рухомих молекул тіла. Тому і величина, що вимірює цю властивість, відноситься не до окремої молекули, а до всієї їх сукупності в цілому. Іншими словами, якщо екстенсивна властивість відноситься до будь-якого об'єкта деякої однорідної системи, то інтенсивна властивість не розподіляється між складовими її об'єктами. Воно виражає характеристику цілого колективу. Ця обставина значно ускладнює процес вимірювання інтенсивних величин.

В принципі будь-який процес вимірювання полягає у встановленні взаємно-однозначної відповідності між величиною і деякою множиною чисел. Ця відповідність описується за допомогою точних правил, які називаються правилами вимірювання. Чим складніше величина, тим більша кількість правил вимірювання застосовується. Дійсно, якщо для вимірювання екстенсивних величин достатньо всього трьох правил, то процедура вимірювання такої інтенсивної величини, як температура, вимагає вже п'яти правил.

Правила для вимірювання екстенсивних або інтенсивних величин точно формулюють, яким чином приписуються числа для цих величин. Для екстенсивних величин найбільш важливим правилом виступатиме принцип адитивності, згідно з яким при з'єднанні двох або декількох тіл їх загальна величина буде в точності дорівнювати арифметичній сумі величин окремих тіл. Таким чином, тут певною емпіричною операцією є з'єднання тіл і, отже, властивій їм величиною буде арифметична операція додавання чисел, які служать значеннями цих величин. У символічній формі це правило можна записати наступним чином:

$$M(xoy) = M(x) + M(y).$$

Друге правило вказує, що якщо дві величини є еквівалентними, то їх чисельні значення будуть рівними. Ось чому це правило часто називають правилом рівності. Слід мати на увазі, що встановлення еквівалентності тих чи інших величин відбувається за допомогою певної емпіричної процедури. Так, еквівалентність довжин відрізків перевіряється за допомогою

накладання одного відрізка на інший, рівність тіл по тяжкості встановлюється за допомогою ваг. Згідно з другим правилом, якісна еквівалентність величин знаходить своє відображення в рівності їх значень, тобто чисел.

Якщо  $M(x) \sim M(y)$ , то  $M(x) = M(y)$ , де символ  $\sim$  позначає відношення еквівалентності.

Нарешті, третє правило характеризує одиницю виміру і тим самим прийняту шкалу для порівняння.

$$\begin{array}{l} M(x) \\ \text{---} = P, \\ M(e) \end{array}$$

де  $M(x)$  являє вимірювану величину,  $M(e)$  - одиницю виміру і  $P$  - деяке число, яке є результатом вимірювання. В якості одиниці вимірювання зазвичай вибирається деяке стандартне тіло або процес, за допомогою яких можуть бути виражені чисельні значення відповідних величин. Так, у фізиці для вимірювання довжини вибирається або сантиметр (в системі CGS), або метр (в системі MKS). В якості одиниці маси (ваги) в першій системі береться грам, в другій - кілограм.

Вимірювання інтенсивних величин представляє більш складну процедуру, і тому тут потрібні додаткові правила. Перш за все, ми повинні мати правила, за допомогою яких можна було б порівнювати різні інтенсивності. Таке порівняння, як ми бачили, досягається за допомогою відносин еквівалентності і нерівності. Якщо дві інтенсивні величини є еквівалентними, то їм приписують однакові чисельні значення. Тому перше правило для вимірювання інтенсивних величин в принципі не буде відрізнятися від правила рівності для екстенсивних величин.

Якщо  $M(x) \sim M(y)$ , то  $M(x) = M(y)$ .

За допомогою відносин нерівності досягається впорядкування величин за ступенем зростання або зменшення їх інтенсивності. Друге правило вимірювання встановлює, що більшої інтенсивності величини відповідає і більше число. Навпаки, меншій інтенсивності приписується менша кількість. Таким чином, за допомогою цього правила відношення між

інтенсивностями можна відобразити щодо порядку між відповідними їм числовими значеннями.

Якщо  $M(x) \neq M(y)$ , то  $M(x) > M(y)$  або  $M(x) < M(y)$ .

Хоча в формулюваннях перших двох правил ми використовували поняття числа, теоретично цілком допустимо порівняння різних екстенсивних величин і без чисел.

Але таке порівняння не буде настільки ефективним, як у випадку, коли воно здійснюється за допомогою чисел.

Щоб побудувати шкалу значень інтенсивної величини і встановити одиницю для вимірювання, необхідно визначити дві крайні точки шкали. Ці точки зазвичай відповідають початку відліку, або нульовій точці, і кінцю відліку. Так, наприклад, в метричній шкалі Цельсія за нульову температуру приймається температура замерзання води, в якості другого значення вибирається температура киплячої води. Ці заздалегідь обрані точки шкали встановлюються за допомогою спеціальних двох правил. Помістивши тепер ртутний термометр спочатку в замерзаючу воду, а потім в окріп, ми можемо відзначити рівні ртуті в трубці термометра. Користуючись термометром, ми можемо точніше порівняти температури двох тіл, ніж це можна зробити за допомогою суб'єктивного відчуття тепла. Таке порівняння, як і раніше, можна здійснити за допомогою понять «більше», «менше» або «дорівнює».

Для переходу до кількісних (метричних) понять необхідно мати шкалу температур з градуванням. Шкали зазвичай використовуються для визначення змін тих чи інших фізичних властивостей тіл. Зокрема, в термометрах з ртуттю або зі спиртом спостереження ґрунтуються на розширенні їх обсягу при нагріванні і стисненні при охолодженні. Щоб отримати просту шкалу для вимірювання температур, слід прийняти таке важливе правило: якщо різниця між двома будь-якими обсягами стовпчика ртуті дорівнює різниці між двома відповідними обсягами, тоді шкала буде показувати однакову різницю температур.

Якщо  $V(x_1) - V(x_2) = V(y_1) - V(y_2)$ , то  $T(x_1) - T(x_2) = T(y_1) - T(y_2)$ .

Розділивши шкалу на 100 рівних частин, ми отримаємо одиницю виміру - градус. Аналогічно визначаються одиниці виміру інших інтенсивних велич.

Вимірювання сприяє формуванню кількісних понять, хоча самі ці поняття безпосередньо не виникають з процесу вимірювання. На противагу цьому прихильники операціоналізму стверджують, що кожне кількісне поняття визначається за допомогою тих емпіричних процедур, які служать для вимірювання відповідних величин. Однак в такому випадку довелося б замість одного поняття довжини, температури, сили струму і інших кількісних понять ввести стільки різних понять, скільки існує емпіричних процедур для вимірювання цих величин.

## 4 ГІПОТЕЗА І ІНДУКТИВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Рішення будь-якої наукової проблеми включає висунення деяких здогадів, припущень, а найчастіше більш-менш обґрунтованих гіпотез, за допомогою яких дослідник намагається пояснити факти, які не вкладаються в старі теорії.

Деякі наукові відкриття виникають в результаті прагнення усунути протиріччя між існуючими теоріями і реальними фактами і не ставлять безпосередню за мету виявлення нових явищ і керуючих ними закономірностей. Чудовим прикладом такого відкриття є передбачення існування нових планет в Сонячній системі. Так, до гіпотези про існування невідомої свого часу планети Нептун астрономи прийшли в надії усунути протиріччя між теоретично обчисленими положеннями Урана і фактичними результатами спостережень. Перебравши різні інші припущення, Адаме і Левер'є висунули і розробили гіпотезу, згідно з якою обурення в русі Урана пояснювалися дією більш віддаленої планети. Ця планета згодом була відкрита Галле і названа Нептуном. Аналогічним шляхом була відкрита планета Плутон.

З більш сучасних гіпотез в якості ілюстрації можна навести знамениту гіпотезу М. Планка про квантовий характер випромінювання. За визнанням самого Планка, він з великими труднощами порвав зі старими класичними уявленнями і змушений був це зробити під впливом невблаганних фактів науки.

У вирішенні протиріччя між новими фактами і старими теоретичними уявленнями найважливіша роль належить гіпотезі. Перш ніж буде побудована нова теорія, гіпотеза повинна пояснити факти, що суперечать старій теорії, поки не буде замінена іншою гіпотезою або не стане законом.

Природно, спираючись на обмежену кількість фактів, гіпотеза не може щоразу приводити до істинних результатів. Саме тому в історії філософії та методології науки було чимало спроб заперечення ролі і значення гіпотез в науковому дослідженні. Прихильники емпіризму, наприклад, вважають

цілком надійними тільки ті припущення науки, які спираються на безпосередні дані наших чуттєвих сприймань або їх найпростіших узагальнень. Тому вони дуже підозріло ставляться до гіпотез, вбачаючи в них, в кращому випадку, тимчасовий, допоміжний засіб дослідження. В кінці минулого століття з різкою критикою використання гіпотез, особливо про неспостережувані об'єкти, таких як атоми і молекули, виступили представники емпіріокритицизму на чолі з австрійським фізиком і філософом Е. Махом.

Однак результати емпіричного дослідження і найпростіші їх узагальнення становлять лише початок наукового пізнання. Ці результати потребують інтерпретації та пояснення, що неможливо зробити без гіпотез.

Найважливіша функція гіпотез в дослідницьких науках полягає в розширенні та узагальненні відомого емпіричного матеріалу. Результати спостережень і експериментів завжди відносяться до порівняно невеликого числа явищ і подій, між тим як затвердження науки претендують якщо не на універсальність, то на досить велику спільність. За допомогою гіпотези ми прагнемо розширити наше знання, екстраполюючи знайдену в результаті безпосереднього дослідження кінцевого числа випадків закономірністю на все число можливих випадків. В порівняно простих ситуаціях таке розширення знання досягається за допомогою індукції.

Тому початковий етап дослідження в дослідницьких науках часто пов'язується з індуктивними методами побудови гіпотез.

На більш зрілій стадії дослідження і в найбільш розвинених науках гіпотези представляють собою досить складний і тривалий результат дослідження, до складу якого як найважливіший момент входить інтуїція і дослідницький досвід вченого. Як правило, гіпотези тут використовуються в якості посилок подальших умовиводів.

Саме після перевірки таких умовиводів роблять висновок про правдоподібність самої гіпотези. Що стосується пошуків і навіть вибору гіпотези, то тут не можна вказати жодної логічної схеми або процедури, за допомогою якої можна було б знайти найбільш правильну або навіть найімовірнішу гіпотезу.

Це, однак, не виключає необхідності попереднього обґрунтування гіпотези як з теоретичної, так і з емпіричної або фактичної сторони.

В цьому розділі аналізуються дві основні функції гіпотези:

- (1) роль гіпотези в узагальненні та розширенні дослідницького знання;
- (2) використання гіпотези в якості посилки дедукції.

У другому випадку ми вступаємо в область гіпотетико-дедуктивного методу, який широко застосовується в теоретичному природознавстві. Попередньо розглянемо сутність самої гіпотези, її логічну структуру, різні типи гіпотез, які використовуються в сучасній науці.

#### **4.1 Гіпотеза як форма наукового пізнання**

У найширшому сенсі слова під гіпотезою розуміють всяке припущення, здогад чи пророцтво, що ґрунтується або на попередньому знанні, або на нових фактах, але найчастіше - на тому і іншому одночасно.

У дослідницьких науках гіпотеза обов'язково повинна спиратися на нові факти, на все попереднє теоретичне знання, в якому акумулюється колишній емпіричний досвід. Гіпотеза не просто реєструє і підсумовує відомі старі і нові факти, а намагається дати їм пояснення, в силу чого зміст стає значно багатшим тих даних, на які вона спирається.

Іноді гіпотезою називають «будь-яку спробу описати дійсність в словах», причому окрема гіпотеза розглядається в цьому випадку як «найменша з одиниць опису». З такою точкою зору навряд чи можна погодитися. Не кажучи вже про невизначеність «опису дійсності в словах», вона не робить відмінностей не тільки між гіпотезою, законом і теорією, але навіть між фактами, на яких будується сама гіпотеза.

Частка істини тут полягає в тому, що в дослідницьких науках гіпотеза дійсно є тією первинною сходинкою знання, на основі якої згодом виникають закони, а потім цілі теорії.

Щоб отримати більш повне уявлення про гіпотезу як особливу форму наукового пізнання, необхідно розглянути її гносеологічні особливості і логічну побудову.

### 4.1.1 Логічна структура гіпотези.

Будь-яка гіпотеза, як уже зазначалося, будується на основі певних фактів або знань, які називаються її посилками, даними або свідченнями. Ці дані також представляють опис дійсності, але їх роль в пізнанні істотно відмінна від самої гіпотези: вони в тій чи іншій мірі підтверджують гіпотезу або, як ми покажемо пізніше, роблять її більш-менш вірогідною.

Зі зміною даних змінюється і ступінь підтвердження гіпотези. Нові спостереження або спеціально поставлені досліди можуть збільшити цю ступінь або навіть зовсім спростувати гіпотезу. Тому не можна говорити про підтвердження гіпотези, не вказавши тих фактів, на які вона спирається.

Між свідченнями, або посилками, і самою гіпотезою існує певний логічний взаємозв'язок, який зазвичай називають логічною або індуктивною ймовірністю. Щоб краще уявити характер зв'язку з цим, корисно згадати добре відомі дедуктивні умовиводи, у яких висновок впливає з посилок з логічною необхідністю. Іншими словами, висновки таких умовиводів завжди мають достовірний характер і тому можуть розглядатися окремо від посилок. Деякі сучасні вчені вважають можливість відділення узагальнень від посилок найважливішою характерною рисою дедуктивних міркувань. У всіх формах недедуктивних міркувань посилки забезпечують лише ту чи іншу ступінь ймовірності узагальнень. Тому такі міркування називаються ймовірнісними, або правдоподібними. Оскільки ступінь ймовірності таких міркувань істотно залежить від посилок, то їх узагальнення не можна розглядати окремо від цих посилок.

З логічної точки зору будь-яка гіпотеза представляє форму недедуктивних міркування, оскільки її дані забезпечують лише ймовірне узагальнення. Інакше кажучи, цих даних явно недостатньо, щоб зробити достовірний висновок. Саме з такою ситуацією ми постійно зустрічаємося в дослідницьких науках.

Ймовірність, яка характеризує відношення між посилками і гіпотезою, істотно відрізняється від статистичної, або частотної, ймовірності. Під ймовірністю гіпотези розуміють ступінь підтвердження її всіма, що безпосередньо відносяться до неї даними або свідченнями. Якщо позначити свідоцтва гіпотези  $H$

через E, ступінь підтвердження - C, тоді будь-яку гіпотезу символічно можна представити так:  $C(H / E) = p$ , де p представляє деяке позитивне число в сегменті  $0 \leq p \leq 1$ . Звідси видно, що ступінь підтвердження C, чисельно вимірюється за допомогою p, залежить від точно фіксованих свідочств E гіпотези H. Оскільки ймовірність гіпотези характеризує логічне відношення між посилками і самої гіпотезою, то її називають логічною ймовірністю.

На відміну від неї частинна, або статистична, ймовірність описує певні об'єктивні відносини в реальному світі, а саме: вона представляє деяке число або фіксоване значення, до якого прагне (по ймовірності) відносна частота масової випадкової події при досить великому числі незалежних випробувань.

З фізики, біології та громадських наук відомо, що існує безліч масових випадкових явищ, які проявляються зі стійкою або майже постійною частотою.

Статистичне поняття ймовірності служить для кількісної характеристики саме таких явищ. Обчисливши відносну частоту, з якою з'являється деяка випадкова подія при досить тривалих спостереженнях, ми зможемо переконатися, чи володіє воно стійкою частотою. Статистична ймовірність, таким чином, знаходиться дослідним шляхом. Ось чому її називають іноді також емпіричною ймовірністю.

Ймовірність гіпотези безпосередньо висловлює логічне відношення між висловлюваннями. Ці висловлювання відображають певні зв'язки реального світу, але саме ставлення між ними має логічний характер. Користуючись термінологією символічної логіки, можна сказати, що в той час як статистична ймовірність представляє об'єктну інтерпретацію, ймовірність гіпотези є метависловлюванням, тобто твердженням про властивості висловлювань, що характеризують безпосередньо ті чи інші співвідношення реальних об'єктів. Іншими словами, логічна ймовірність представляє висловлювання вищого рівня абстракції.

І статистична і логічна ймовірності характеризують міру можливості подій або висловлювань (про події). Тому вони охоплюються категорією ймовірності. Слід також мати на увазі, що формальна, або математична, структура обох типів

ймовірностей є в принципі однаковою, хоча тут і існують деякі несуттєві відмінності.

Використання добре розробленого математичного апарату обчислення ймовірностей дає можливість застосовувати точні методи для дослідження індуктивних і гіпотетичних умовиводів.

З теоретико-пізнавальної точки зору відмінність між гіпотезою і її емпіричними даними, або свідченнями, проявляється в тому, що дані відносяться до строго фіксованих, конкретних фактів, наявність яких може бути засвідчена об'єктивними засобами досліджень. У зарубіжній літературі ці

дані часто називають фактами спостереження. На відміну від цього гіпотеза відноситься до властивостей або характеристик, які або досі не спостерігалися, або взагалі не спостерігаються. Так, Маріо Бунте в своїй роботі «Наукове дослідження» називає гіпотезу «фактуальною, якщо і тільки якщо: 1) вона безпосередньо або побічно відноситься до фактів, які ще не спостерігалися або не спостерігаються в принципі, і 2) вона коригується з точки зору нового знання».

Хоча таке протиставлення не в усьому правильно, воно підкреслює важливий ознак гіпотези. Дані, на яких вона ґрунтується, повинні не тільки спостерігатися і бути відомими, але й бути досить надійними, а в емпіричних науках не виходити за рамки досвіду і спостереження. Гіпотеза ж створюється для того, щоб пояснити факти вже відомі і передбачити ще невідомі.

Природно тому, що за своїм обсягом вона повинна бути ширше наявних фактів, а за змістом - глибше емпіричного знання, на яких будується.

Ця різниця проявляється в самій логічній формі тих висловлювань, за допомогою яких формулюється гіпотеза і її дані. Добре відомо, що починаючи з Аристотеля відмінна ознака науки бачили в тому, що вона має справу із загальними, універсальними судженнями, тоді як емпіричні відомості виражаються за допомогою частинних і одиничних тверджень. Звідси легко може виникнути спокуса вважати все наукові гіпотези універсальними судженнями.

Однак такий погляд не узгоджується з реальним станом справ в самій науці, особливо сучасної, де поряд з гіпотезами універсального характеру все частіше зустрічаються статистичні

гіпотези. У цих гіпотезах формулюються деякі припущення про кореляції, тенденції зростання або ж середні значення досліджуваних властивостей і відносин.

Гіпотези універсального характеру властиві науці на вищому ступені розвитку, коли є підстави припускати, що досліджувана закономірність відноситься до всіх без винятку випадкам. Однак, перш ніж прийти до такого висновку, необхідно вивчити множину частинних випадків і сформулювати цілий ряд гіпотез частинного характеру. Серед них на особливу увагу заслугове статистична гіпотеза, яка виражає аналізовані залежності точним, кількісним способом і тому представляє найбільш важливий вид гіпотез неуніверсального характеру.

У логічній структурі відмінність між гіпотезами універсального і частинного характеру проявляється у використанні різних кванторів. Для універсальної гіпотези в логіці застосовується квантор загальності, або універсальності, а для частинної - квантор існування, або екзистенціальний квантор. Саме тому в зарубіжній літературі з методології науки все частинні гіпотези називаються екзистенційними.

Найбільш поширеною формою вираження зв'язку між гіпотезою і її даними в сучасній логіці вважається умовне висловлювання, тобто пропозиція виду: «Якщо А, тоді В», - в якому ясно вказується, за яких обставин має місце гіпотеза. Однак гіпотеза може бути сформульована і в вигляді позитивної пропозиції (наприклад, «Існує життя на інших планетах»). Тому граматична форма хоча і полегшує формулювання гіпотези, але не грає такої важливої ролі при її визначенні.

#### **4.1.2 Характер посилок гіпотези.**

Розглянемо логічну форму тих висловлювань, які представляють посилки гіпотези. Ці висловлювання не можуть бути такими ж універсальними за характером або просто більш загальними, ніж сама гіпотеза. Як уже зазначалося, посилки гіпотези повинні служити в якості її підтвердження і, отже, допускати емпіричну перевірку.

Висловлювання ж універсального характеру ніколи не можуть бути остаточно підтвержені за допомогою будь-якого

досвіду, так як на досвіді ми можемо перевірити лише кінцеве число випадків. Тим часом вислів універсальної форми відноситься до всіх потенційно можливих випадків взагалі. Природно тому, якщо ми хочемо, щоб гіпотези можна було перевіряти на досвіді, то в якості їх посилок слід брати висловлювання частинного або навіть одиничного характеру. Що стосується самої природи висловлювань, які є посилками гіпотези, то тут можна виявити дві протилежні точки зору. Прихильники першої стверджують, що даними, на які спирається гіпотеза, повинні бути судження про безпосередніх чуттєвих сприйняттях, бо тільки вони представляють достовірне знання. Всі судження про предмети зовнішнього світу частково проблематичні і тому мають лише імовірнісний характер.

. Прихильники другої точки зору справедливо вказують, що наука не може ґрунтуватися тільки на безпосередніх сприйняттях. Результати науки мають загальне і об'єктивне значення. Тому посилки, на яких будується гіпотеза, повинні бути висловлюваннями про конкретні процеси і явища зовнішнього світу. Хоча ці висловлювання і не є абсолютно достовірними, але вони досить надійні для того, щоб будувати на них все наше теоретичне знання. Так само, як і гіпотеза, самі дані, на які вона спирається, з розвитком науки і практики потребують виправлення і уточнення. В цьому плані різниця між ними має відносний характер, так як нерідко доводиться використовувати в якості посилок також гіпотетичні твердження. Однак такі твердження, як правило, стоять ближче до реальності і в більшій мірі підтверджуються фактами. Пошуки якихось абсолютно достовірних підстав для гіпотез представляють собою безплідне заняття.

Детально аналізуючи ці точки зору, американський філософ С.Ф. Баркер справедливо зазначає недоліки першої з них, тим не менше він вважає, що виключати їх не треба, бо вони доповнюють один одного. Підставу для цього він бачить у тому, що обидві точки зору представляють ідеалізацію реального процесу використання гіпотез в науці, причому в першому випадку ця ідеалізація значно сильніше, ніж у другому. На його думку, ті, хто визнає, що посилками гіпотез повинні служити результати безпосереднього чуттєвого сприйняття (*sense data*),

здатні провести точну відмінність між гіпотезою і її емпіричними даними, і тим самим уникнути ряду філософських труднощів. Вони не цікавляться практичним застосуванням своєї ідеалізованої схеми до реальної практики наукових міркувань, а прагнуть виявити ті кінцеві причини, на яких можна було б обґрунтувати гіпотези. Таке протиставлення теорії практиці, то щонайменше, дивно.

Наука завжди прагне до того, щоб її абстракції та ідеалізації в кінцевому підсумку точніше й адекватніше відображали дійсність. Однак уявлення про те, що гіпотеза, а отже і все теоретичне знання повинно спиратися тільки на безпосередні дані почуттів та ще тлумачитися в суб'єктивно ідеалістичному дусі, знаходиться в явному протиріччі з дійсною практикою науки. В методології науки на подібних позиціях стоять прихильники сучасного позитивізму. Правда, останні нерідко на словах заперечують правомірність розподілу філософів на два протилежні табори, вважаючи основне філософське питання псевдопроблемою. Насправді ж вони продовжують стару лінію суб'єктивного ідеалізму, намагаючись обґрунтувати все теоретичне знання на даних безпосереднього чуттєвого досвіду, «протокольних» або «емпірично перевірених пропозиціях». Така спроба не увінчалася та й не могла увінчатися успіхом, оскільки вона суперечить всій дійсній практиці розвитку науки. Ось чому багато хто з неопозитивістів змушені були відмовитися від цих принципів, які вони з таким шумом проголосили в 30-і роки, претендуючи на роль єдиної вірної філософії науки.

Етапи формування гіпотези. Гіпотеза як форма розвитку наукового знання проходить певні етапи формування, які характеризуються ступенем її підтвердження конкретними емпіричними фактами і глибиною теоретичного обґрунтування. Якщо поглянути на гіпотезу саме під цим кутом зору, то в її формуванні можна виділити наступні етапи, які нерідко розглядаються в якості самостійних типів гіпотез.

1) Спочатку всяке припущення виступає в формі припущення. Зазвичай ця здогадка так чи інакше зв'язується з конкретними фактами, досвідом або емпіричними даними, які і призводять найчастіше до здогаду. Як правило, для здогадки не вистачає достатньої кількості даних або ж наявні дані

викликають сумнів і вимагають подальшого аналізу. Ще більшою мірою здогад вимагає обґрунтування теоретичним знанням. Оскільки будь-яка гіпотеза залежить як від кількості і різноманітності фактів, так і від ступеня обґрунтування її теоретичним знанням, то розрізняють гіпотези емпірично правдоподібні і теоретично правдоподібні.

2) Емпіричні гіпотези зазвичай підтверджуються фактами, результатами спостережень або експериментів в будь-якій порівняно невеликій області дослідження.

Однак таким гіпотезам часто не вистачає теоретичного обґрунтування, а найголовніше - вони представляють окремі, ізольовані припущення. Оскільки вони не об'єднані в щось ціле, не кажучи вже про систему, підтвердження однієї гіпотези не впливає на підтвердження інших гіпотез. Зазвичай емпірична стадія дослідження починається саме з такого роду відокремлених гіпотез, в яких вчені намагаються осмислити швидко зростаючу інформацію про дослідницькі дані.

3) Теоретично правдоподібні гіпотези на відміну від емпіричних ґрунтуються на тих чи інших теоретичних засадах, ідеях і законах або на інших, більш надійних і перевірених гіпотезах. Нерідко вони представляють логічний наслідок певних принципів, законів і гіпотез. Однак вони недостатньо обґрунтовані фактами, дослідницькими даними, тому і залишаються теоретичними припущеннями. Яскравим прикладом такої теоретичної гіпотези було пророкування радіохвиль, зроблене англійським фізиком Дж. К. Максвеллом. Існування таких хвиль згодом було експериментально доведено німецьким фізиком Г. Герцем.

4) На теоретичній стадії дослідження зазвичай мають справу не тільки з емпірично добре підтвердженими, але і теоретично обґрунтованими гіпотезами. У найбільш розвинених науках (в астрономії, фізиці, хімії та інших) будь-яку нову гіпотезу прагнуть пов'язати з наявними гіпотезами, законами і принципами, а також твердо встановленими експериментальними фактами. Це гарантує науку від випадкових, скоростиглих узагальнень, непродуманих припущень, сприяє коригуванню наявних гіпотез.

В результаті цього нерідко приходять до надійно підтвердженим гіпотезам, які вважаються практично достовірними істинами. До їх числа відносяться закони і принципи дослідницьких наук. Сукупність гіпотез різної спільності і ймовірності разом з встановленими законами утворює вже теоретичну систему, наукову теорію. Звичайно, перерахованими елементами не вичерпується створення теорії, але тут важливо підкреслити напрямок процесу: з початкових, досить розрізнених і ізольованих здогадок, емпіричних узагальнень і гіпотез при їх поступовому обґрунтуванні та дослідної перевірки виникає систематичне і надійне знання - закони і наукові теорії.

## **4.2 Гіпотетико-дедуктивний метод**

У процесі наукового дослідження гіпотеза використовується для двох цілей: пояснити з її допомогою існуючі факти і передбачити нові, невідомі факти.

Це основна і найбільш відома функція гіпотези.

Завдання дослідника в даному випадку полягає в тому, щоб на підставі наявних емпіричних фактів і існуючих теоретичних уявлень оцінити ступінь ймовірності, або правдоподібності, гіпотези. Гіпотеза виступає тут в якості висновку або результату деякого імовірнісного міркування.

Шляхом виведення з гіпотези різних наслідків можна судити про її теоретичну і емпіричну придатності.

Якщо виявиться, наприклад, що з гіпотези випливають сліdstва, які суперечать один одному, то це свідчить про неспроможність самої гіпотези.

Виведення емпірично перевірених наслідків з гіпотези служить також найважливішим методом перевірки її відповідності дійсності, тобто її істинності. В цих і подібних випадках гіпотеза виступає вже в іншій ролі, а саме: в якості вихідної посилки деякого правдоподібного, або гіпотетичного, міркування.

### 4.2.1 Гіпотетичні міркування

Гіпотетичними називають міркування чи умовиводи, які робляться з деяких гіпотез або припущень. Посилками такого міркування можуть бути гіпотези у власному розумінні цього слова, тобто судження, які можуть виявитися як істинними, так і хибними. Нерідко в якості посилок беруться судження, що суперечать фактам або існуючим думкам. Термін «гіпотеза» уживається тут у досить широкому сенсі, позначаючи будь-яке припущення: в разі звичайних гіпотез справжнє значення посилок залишається невизначеним. Однак ми можемо використовувати в якості посилок і судження, що завідомо суперечать фактам і усталеним думкам, і на цій основі робити деякі логічні висновки.

Найбільше значення в науковому дослідженні мають, звичайно, міркування, посилками яких служать гіпотези у власному розумінні слова. Саме вони дають можливість перевіряти наші узагальнення, здогадки та припущення в порівнянні їх наслідків з результатами емпіричних спостережень, а також експериментів.

Такого роду міркування в літературі за логікою прийнято називати гіпотетико-дедуктивними, хоча дедуктивний характер виведення притаманний і умовиводам, в яких в якості посилок використовуються судження, що суперечать фактам або усталеним думкам.

Істотна відмінність між міркуваннями, в яких ми робимо висновок з емпіричних даних, і гіпотетичними висновками полягає в тому, що в першому випадку ми спираємося на судження про точно встановлені факти, в другому - виводимо слідства з гіпотез.

Зв'язок між посилками і гіпотезою в емпіричному дослідженні завжди має імовірнісний характер, так як досвід дає нам відомості про кінцеве число фактів і випадків, висновок же гіпотези найчастіше відноситься до нескінченного числа фактів або випадків. Найбільш типові приклади таких міркувань зустрічаються в індуктивних узагальненнях.

У гіпотетичних міркуваннях значення посилок є або невідомим або свідомо суперечить фактам. Саме ж міркування є типово дедуктивним.

Однак проблематичний характер посилок робить висновок також проблематичним. Такого роду міркування мають значення остільки, оскільки з їх посилок по логічним правилам дедукції можна отримувати однозначні слідства і по ним судити про характер самих посилок.

Гіпотетичні міркування застосовуються так само давно, як і звичайні, так звані категоричні, але логічний аналіз їх став проводитися лише в античну епоху. Стародавні греки вдавалися до таких міркувань і про науку, і в політичних дискусіях, і судових суперечках, а нерідко і в повсякденних справах. Мабуть, в перший час міркування з гіпотетичними або такими, що суперечать фактам посилками, були невід'ємною частиною античної діалектики. Добре відомо, що під діалектикою у Стародавній Греції розумілося мистецтво ведення суперечки, полеміки, бесіди. В ході такого спору кожен з учасників прагнув виявити протиріччя в міркуваннях свого опонента. Це можна було зробити за допомогою виведення наслідків з прийнятих припущень, думок або переконань і подальшого їх зіставлення з реальними фактами або твердо встановленими знаннями. Велике число конкретних прикладів таких діалектичних міркувань можна виявити у Платона, який сам багато запозичив у свого вчителя Сократа. Тому не випадково міркування, засновані на такій діалектиці, іноді називають сократичними. До Сократа гіпотетичні міркування високо цінувалися Зеноном і елейцями. У своїх знаменитих апоріях Зенон використовує їх як важливий прийом аргументації, ймовірно, піфагорійцям належить заслуга введення в математику такого плідного прийому гіпотетичного міркування, як доказ деякого положення за допомогою зведення до безглуздість його заперечення (*reduction ad absurdum*). Вважається, що саме за допомогою цього прийому піфагорійці довели теорему про неспільномірність діагоналі квадрата з його стороною, прийнятою за одиницю.

Систематичне використання гіпотез як посилок ми зустрічаємо в роботах засновника формальної логіки Аристотеля. Для нього гіпотеза представляє припущення, що служить посилкою або вихідним пунктом будь-якої аргументації. Ухвалення або заперечення гіпотези залежить від підтвердження її наслідків. Підхід Стагіріта до гіпотези не тільки зробив

істотний вплив на характер викладу «Начал» Евкліда, але і продовжує зберігати своє значення і зараз в області так званих формальних наук, тобто в математиці і логіці. Дійсно, з сучасної точки зору математичні аксіоми аж ніяк не вважаються самоочевидними істинами, як думали раніше, а представляють деякі припущення, або гіпотези, з яких чисто логічно виводиться вся сукупність теорем. Аксиоматичний метод дає можливість точно виявити необхідну і достатню кількість таких припущень і тим самим позбавляє нас від логічного кола, так як аксіоми, будучи вихідними гіпотезами, в рамках самої системи не доводяться.

З математики гіпотетичні міркування були запозичені грецькими природодослідниками, які використовували їх для систематизації накопиченого емпіричного матеріалу. Але тут гіпотези вже виступають як деякі припущення, засновані на узагальненні результатів спостережень. Правильність їх перевірялася за тими наслідками, в яких можна було переконатися фактично. В даному випадку ми вже переходимо до власне гіпотетико-дедуктивного методу, який в античну епоху знайшов своє блискуче вираження в дослідженнях Архімеда по статистиці.

В даний час гіпотетико-дедуктивні міркування знаходять також застосування в евристиці, дидактиці, в теорії навчання. Як своєрідний метод аргументації вони використовуються при аналізі уявних експериментів, плануванні майбутніх дій і т.і. У цих різних за характером ситуаціях прагнуть отримати максимальну кількість дедуктивних наслідків і відповідно з ними коректують майбутні дії. Але головною сферою застосування гіпотетичних міркувань як і раніше залишаються природознавство і дослідницькі науки.

#### **4.2.2 Гіпотетико-дедуктивний метод в класичному природознавстві**

Природознавство і дослідницькі науки мають справу перш за все з даними спостережень і результатами експериментів. Після відповідної обробки дослідницьких даних учений прагне зрозуміти і пояснити їх теоретично. Гіпотеза і служить в якості

попереднього пояснення. Але для цього необхідно, щоб слідства з гіпотези не суперечили досвідченим фактам. Тому логічна дедукція наслідків з гіпотези служить закономірним етапом наукового дослідження.

В інших випадках така дедукція не вимагає застосування більш-менш складних і тонких логічних і математичних методів дослідження. Однак в таких розвинених науках, як теоретична фізика, вона представляє не менш важке завдання, ніж висування і обґрунтування самих гіпотез.

У зарубіжній методології науки нерідко сам метод природознавства розглядається як гіпотетико-дедуктивний.

Це, звичайно, перебільшення, бо такий підхід абсолютно ігнорує роль індуктивних і статистичних методів дослідження. Розглядаючи теоретичні системи дослідницьких наук як гіпотетико-дедуктивні, багато закордонних логіків і філософів по суті справи аналізують лише готові теорії. Вони не показують тих шляхів і засобів, за допомогою яких вчений приходять до вихідних посилок своєї теорії, тобто до гіпотез, принципам і законам.

У той же час не можна заперечувати, що гіпотетико-дедуктивна модель є найбільш придатною для дослідження структури значного числа природничо-наукових теорій. Чисто дедуктивні і формально-аксіоматичні методи дослідження застосовуються головним чином в математиці, а також в тих розділах теоретичного природознавства, де широко використовуються математичні методи. Але навіть в математиці, коли заходить мова про її застосуванні до конкретних проблем, ми змушені звертатися до гіпотетико-дедуктивного методу, оскільки постає завдання інтерпретації аксіом як деяких гіпотез про реальний світ. Пояснимо цю думку на прикладі геометрії. Припустимо, що нам потрібно вирішити питання про те, яка з геометрії - Евкліда, Лобачевського або Рімана - краще описує просторові властивості оточуючого нас світу. Перше, що нам доведеться зробити, - це вибрати будь-яку конкретну інтерпретацію вихідних понять і аксіом цих геометричних систем. Так, наприклад, пряму лінію можна розглядати як шлях променя світла, точку - як місце перетину таких променів і т.і. Після цього аксіоми геометрії перестануть бути абстрактними

твердженнями і перетворюються в деякі гіпотези фізичного характеру, правдоподібність яких можна перевірити експериментально.

Якщо в математиці звернення до гіпотетико-дедуктивного методу відбувається тільки при застосуванні його до дослідницького матеріалу, то в природознавстві цей метод використовується для побудови самих теорій. Дійсно, узагальнення, одержувані з досвіду і гіпотези, тут ніколи не залишаються ізольованими твердженнями. Їх прагнуть зв'язати в єдину систему або ланцюг тверджень, причому більшу частину їх логічно вивести з більш загальних гіпотез, принципів або законів, хоча спочатку багато хто з них могли бути отримані чисто емпіричним або індуктивним шляхом.

У класичному природознавстві найбільш широке застосування гіпотетико-дедуктивний метод отримав у фізиці, особливо в працях засновників класичної механіки - Галілея і Ньютона. Це пояснюється, в першу чергу, тим, що в механіці вперше вдалося здійснити точно контрольовані експерименти. Важливу роль тут відіграє і та обставина, що залежності між властивостями досліджуваних явищ в механічному русі порівняно легко піддаються математичному формулюванню. Логіко-математичні методи грають істотну роль і при дедукції наслідків з гіпотез. Тому і Галілей і Ньютон дуже високо оцінювали значення математичних методів при дослідженні явищ природи. Як ми вже відзначали, гіпотетико-дедуктивним методом в природознавстві почав користуватися ще Архімед, але він мав справу тільки зі статикою, з різними випадками рівноваги сил. Експериментальне вивчення динамічних процесів вперше почав проводити Галілей. У своїх дослідженнях він нерідко вдавався до допомоги гіпотетико-дедуктивного методу, про що свідчить його робота «Бесіди і математичні докази ...», в якій можна знайти чимало надзвичайно повчальних прикладів застосування цього методу до проблем механіки і опору матеріалів.

В якості ілюстрації звернемося до Дня третього «Бесід», де Галілей викладає метод, за допомогою якого він прийшов до найважливішого відкриття - встановлення закону сталості прискорення всіх падаючих тіл. Спочатку він, як і його

попередники, серед яких був Леонардо да Вінчі, вважав, що швидкість падіння пропорційна пройденого шляху, тобто  $V = KS$ .

Згодом, однак, йому довелося відмовитися від цієї гіпотези, тому що вона приводила до наслідків, що не підтверджувалися на досвіді. Тому замість неї він прийняв гіпотезу, що швидкість пропорційна часу падіння. З цієї гіпотези випливає наслідок: шлях падаючого тіла пропорційний квадрату часу падіння, - що підтверджується результатами досвіду.

Аби краще проілюструвати хід міркувань, які швидше за все могли привести Галілея до його відкриття, доцільно розглянути наступний ряд послідовних гіпотез. Вихідною гіпотезою, яка має найбільшу логічну силу, є припущення про те, що поблизу земної поверхні і за відсутності опору повітря прискорення всіх падаючих тіл представляє величину постійну.

З цієї гіпотези 1-го рівня, вираженої у формі диференціального рівняння, інтеграцією виходить гіпотеза нижчого, 2-го рівня: швидкість падаючого тіла пропорційна часу падіння.

Нарешті, подальшим інтегруванням виходить гіпотеза наступного, третього рівня: шлях, пройдений падаючим тілом, пропорційний квадрату часу падіння.

З останньої гіпотези можна отримати безліч її окремих випадків, розглядаючи шлях за одну, дві і більше секунд: Всі ці твердження матимуть найнижчий рівень абстрактності і тому їх можна безпосередньо перевірити на досвіді. Саме підтвердження таких емпірично перевірених наслідків змусило Галілея повірити в свою гіпотезу.

Послідовність розглянутих нами гіпотез представляє найпростіший приклад гіпотетико-дедуктивної системи. Кожна з наступних гіпотез має більш низький рівень абстрактності, ніж попередня. Будь-яка попередня гіпотеза має більшу логічну силу, ніж подальша, яка може бути отримана з неї за правилами логіки і математики. Нарешті, вся сукупність гіпотез будується з таким розрахунком, щоб забезпечити перевірку гіпотез найбільш низького рівня на досвіді.

У творах Галілея ми зустрічаємо, як правило, найпростіші фрагменти гіпотетико-дедуктивних систем, які містять лише

кілька гіпотез. Але такі системи не характерні для розвинених наук, в яких оперують з великим числом взаємозалежних гіпотез.

Роль Ньютона в розробці класичної механіки в розвитку гіпотетико-дедуктивного методу важко переоцінити. Аж до створення релятивістської механіки А. Ейнштейном основні принципи цієї науки, висунуті Ньютоном, не зазнали істотних змін.

Подібно до того, як «Начала» Евкліда довгий час служили зразком аксіоматичного викладу математичних теорій, «Математичні початки натуральної філософії» Ньютона представляють перший, найбільш досконалий приклад побудови дослідної науки за допомогою гіпотетико-дедуктивного методу. Академік С. І. Вавилов вважає Ньютона засновником особливого індуктивного методу, який він називає методом принципів. Суть цього методу Ньютон характеризує наступним чином: «Вивести два або три загальних принципів руху з явищ і після цього викласти, яким чином властивості і дії всіх тілесних речей випливають з цих явних принципів, було б дуже важливим кроком в філософії, хоча причини цих принципів і не були ще відкриті ». Борючись проти всіляких умоглядних натурфілософських «прихованих якостей», Ньютон розглядає вихідні принципи науки як «загальні закони природи, згідно з якими утворені всі речі; істинність цих принципів стає очевидною з явищ природи ...».

Оскільки принципи встановлюються шляхом дослідження явищ природи, то в строгому сенсі слова вони представляють гіпотези. Їх не можна отримати з даних досвіду і спостереження шляхом логічної дедукції. Саме тому Ньютон вважає, що істинність основних законів механіки, як і інших принципів, підтверджується «численними дослідями». Роль же логічної дедукції зводиться до отримання емпірично перевірених наслідків, на основі підтвердження яких ми судимо про істинність наших принципів.

Метод принципів Ньютона зробив величезний вплив на весь наступний розвиток теоретичної фізики. Вплив цього методу зростає в міру того, як збільшується дистанція між основними принципами науки і тими їх наслідками, які допускають дослідну перевірку. Як зазначає Ейнштейн, раніше багато вчених

схилялися до думки, що основні поняття і принципи фізики можуть бути отримані з дослідів за допомогою процесу абстракції. «Ясне розуміння неправильності такого уявлення, - пише він, - фактично дала лише загальна теорія відносності; вона показала, що, спираючись на фундамент, що значно відрізняється від ньютонівського, можна пояснити відповідне коло експериментальних даних навіть більш задовільним і повним чином, ніж спираючись на фундамент, взятий Ньютоном ». На думку Ейнштейна, саме цей факт існування різних теоретичних принципів, добре узгоджується з досвідом, свідчить про уомглядний характер самих принципів. Результати досвіду - чуттєві сприйняття, зауважує він, задані нам. Теорія ж, яка інтерпретує і пояснює їх, створюється людиною. Ця теорія, вказує Ейнштейн, є «... результатом виключно трудомісткого процесу пристосування: гіпотетичного, ніколи остаточно не закінченого, який постійно піддається спорам і сумнівам».

Цінність будь-якої теоретичної системи дослідницького знання полягає перш за все в тому, наскільки вона дозволяє отримувати логічні слідства, доступні дослідній перевірці. Звідси ясно, що і в дослідницьких науках, іноді помилково званих індуктивними, дедукція служить найважливішим засобом уніфікації результатів емпіричного дослідження, об'єднання їх в рамках єдиної теоретичної системи. По відношенню до фізики ця роль дедукції добре підкреслена в відомій промові Л. Ейнштейна «Про метод теоретичної фізики »:« Закінчена система теоретичної фізики складається з понять, основних принципів, що відносяться до цих понять, і наслідків, виведених з них шляхом логічної дедукції. Саме ці слідства повинні відповідати окремим нашим дослідом; їх логічний висновок займає в теоретичній праці майже всі сторінки ».

### **4.3 Математична гіпотеза**

За своєю логічною структурі математична гіпотеза представляє різновид гіпотетико-дедуктивного методу. Однак до сих пір ми розглядали цей метод як спосіб організації дослідницького знання, тобто об'єднання різних емпіричних узагальнень, гіпотез, законів і принципів в рамках гіпотетико-

дедуктивних систем. Крім такої функції систематизації гіпотетико-дедуктивний метод має і велике евристичне значення. З особливою силою ця роль проявляється в науках, які широко використовують математичні методи дослідження та обробки даних.

#### **4.3.1 Сутність математичної гіпотези і область її застосування**

Однією з найбільш поширених форм вираження кількісних залежностей між різними величинами є математичні рівняння. Якщо ми спробуємо так чи інакше змінити дане рівняння, то з нього можна отримати цілий ряд нових наслідків, які можуть або збігатися з експериментом, або виявитися такими, що суперечать йому. За цим наслідками ми можемо судити про правильність початкового нашого припущення або гіпотези, сформульованої у вигляді деякого рівняння. При цьому, звичайно, мається на увазі, що вихідне рівняння, яке потім піддалося зміні, описує певну залежність між реальними величинами.

Академік С. І. Вавилов, вперше в нашій літературі поставив питання про математичну гіпотезу, у такий спосіб характеризує її сутність: «Покладемо, що з досвіду відомо, що явище, яке вивчається, залежить від ряду змінних і постійних величин, пов'язаних між собою приблизно деяким рівнянням. Досить довільно видозмінюючи, узагальнюючи це рівняння, можна отримати інші співвідношення між змінними. В цьому і полягає математична гіпотеза, або екстраполяція. Вона призводить до виразів, що збігаються або стають розбіжними з досвідом, і відповідно до цього гіпотеза застосовується далі або відкидається».

Як приклад математичних гіпотез можна вказати на такі фундаментальні гіпотези, за допомогою яких була створена квантова механіка. Відомо, що М.Борн і В. Гейзенберг взяли за основу канонічні рівняння Гамільтона для класичної механіки, припустивши, що їх математична форма повинна залишитися тією ж самою і для атомних частинок. Але замість звичайних чисел вони ввели в ці рівняння величини іншої природи - матриці. Так виник матричний варіант квантової механіки.

На відміну від них Е. Шредінгер в якості вихідного взяв хвильове рівняння класичної фізики, але став інакше інтерпретувати його члени. З цією метою він використовував відому в той час гіпотезу Луї де Бройля про те, що будь-якій матеріальній частці відповідає деякий хвильовий процес. Завдяки такій новій інтерпретації виник хвильовий варіант квантової механіки. Згодом вдалося встановити еквівалентність матричного і хвильового варіантів.

Розглядаючи спосіб, за допомогою якого було отримано формалізм квантової механіки, П. Дирак зазначає, що узагальнення класичних рівнянь фізики «настільки природно і витончено, що створюється відчуття впевненості в правильності теорії».

З наведених прикладів видно, що проблематичний момент в методі математичної гіпотези полягає в тому, що деяку закономірність, виражену у вигляді певного математичного рівняння, переносять з відомої області явищ на невідому.

Всяке перенесення відносин, властивостей або закономірностей з дослідженої області явищ на інші, невідомі явища являє типовий випадок неповної, або проблематичної, індукції, за допомогою якої і відбувається головним чином розширення знання в дослідницьких науках. Тому не випадково математичну гіпотезу називають також математичною екстраполяцією.

Зрозуміло, що подібне перенесення завжди супроводжується деякою модифікацією початкового рівняння. І.В. Кузнецов в статті «Про математичну гіпотезу» вказує на чотири основні способи такої модифікації:

- (1) змінюється тип, загальний вид рівняння;
- (2) в рівняння підставляються величини іншої природи;
- (3) змінюються і тип рівняння, і тип величин;
- (4) змінюються граничні межі, граничні умови.

Відповідно способу модифікації можна аналізувати різні конкретні приклади математичних гіпотез, які зустрічаються в історії теоретичного природознавства і насамперед у фізиці.

Коли говорять про екстраполяцію деякої закономірності за допомогою математичної гіпотези, то завжди мають на увазі екстраполяцію певної математичної залежності, яка виражається

за допомогою формули, рівняння або як-небудь інакше. Тому здається доцільним так розширити поняття про математичні гіпотези, щоб воно охоплювало будь-які типи відносин, які вивчаються в математиці.

Найбільш відповідною для цієї мети є концепція математичної структури, так як з сучасної точки зору математику можна розглядати «як скупчення абстрактних форм - математичних структур». Для характеристики таких структур важливо, по-перше, вказати одне або декілька відносин, в яких знаходяться її елементи; по-друге, точно сформулювати в аксіомах ті вимоги, яким повинні задовольняти ці відносини. Конкретна природа самих елементів, специфічний характер відносин, в яких вони знаходяться, не істотні для математичного дослідження. З такою більш загальною точки зору математичну гіпотезу можна визначити як екстраполяцію певної математичної структури з вивченої області явищ на нову, невивчену.

Іноді замість структури воліють говорити, особливо фізики, про математичному формалізмі. Хоча найбільш поширеною формою подання абстрактних математичних структур в теоретичному природознавстві зазвичай є різні типи рівнянь і їх систем, проте, в принципі, допустимо використання і інших структур, зокрема теоретико-групових і теоретико-множинних.

Переносячи певну математичну гіпотезу на недосліджену область явищ, ми по суті справи висуваємо гіпотезу про те, що ця структура буде зберігатися і в новій області. Щоб переконатися в справедливості нашого припущення, важливо вивести з гіпотези всі необхідні слідства, в тому числі такі, які можна перевірити експериментально. Для цього потрібно певним чином інтерпретувати як слідства, так і саму гіпотезу. Однак саме така інтерпретація становить чи не найважчу частину дослідження.

«Легше відкрити математичну форму, необхідну для будь-якої основної фізичної теорії, - пише П. Дірак, - ніж її інтерпретацію». Основна причина цього полягає в тому, що число можливих абстрактних математичних структур свідомо менше числа різних конкретних інтерпретацій, які можуть мати такі структури. Це цілком зрозуміло, оскільки кожна математична структура являє абстракцію від самих різних за змістом реальних систем. Тому, зазначає Дірак, число основних ідей, серед яких

відбувається вибір, в чистій математиці обмежена, в той час як при фізичному інтерпретації можуть виявитися надзвичайно несподівані речі.

Таким чином, гіпотеза про можливу математичну структуру досліджуваних явищ служить надзвичайно цінним евристичним засобом в руках дослідника.

Вона відкриває можливість для цілеспрямованих пошуків необхідної інтерпретації, а потім і побудови теорії досліджуваних явищ. На прикладі математичної гіпотези можна показати, як істотно змінилася роль математики в сучасній науці взагалі і в природознавстві особливо. Якщо раніше математичні методи використовувалися переважно для обробки даних спостереження і експерименту, а потім встановлення функціонального зв'язку між досліджуваними величинами процесу, то тепер її абстрактні структури нерідко застосовуються для пошуків конкретних природничо-наукових закономірностей. Іншими словами, якщо раніше математика забезпечувала природознавство методами для кількісної обробки досліджуваних явищ і оформлення його теорій, то тепер вона допомагає також знаходити закономірності, якими керуються ці явища, і тим самим сприяє побудові його теорій.

Ця евристична функція сучасної математики особливо яскраво проявляється в широкому використанні аксіоматичного методу і математичних структур, що спираються на нього. Якщо вчений переконується в тому, що досліджувані ним відносини задовольняють аксіомам деякої математичної структури, то він може відразу ж скористатися усіма теоремами, які з них логічно випливають. Однак головна трудність тут, як ми бачили, полягає в тому, щоб правильно вгадати математичну структуру. Фактично дослідник дуже рідко має в своєму розпорядженні відповідну готову інтерпретацію з наявної в його розпорядженні математичної структури. Тому пошуки як самої структури, так і її інтерпретації ведуться за тими наслідками, які випливають із запропонованих структур. Саме тут і проявляється дуже важлива роль математичної гіпотези як евристичного засобу дослідження.

Найбільше застосування метод математичної гіпотези в даний час знаходить в теоретичній фізиці. І це не випадково. Якщо класична фізика оперувала наочними модельними

уявленнями, то в сучасній фізиці для такої наочної інтерпретації часто недостатньо звичних образів. Дійсно, ми можемо наочно уявити і матеріальні частинки, і хвилі класичної фізики, але важко скласти наочний образ мікрочастинки, яка об'єднувала б у собі властивості і корпускул і хвиль. Адже в нашому звичайному поданні корпускули і хвилі виступають як полярні протилежності. Інакше кажучи, у міру того як в сферу нашого пізнання потрапляють явища мікро- та мегасвіті, для їх подання у нас немає наочних образів. Тому, щоб досліджувати закономірності мікроявищ або процесів, що відбуваються в мегасвіті, доводиться відмовлятися від звичних наочних уявлень і звертатися до абстрактних методів сучасної математики. Приклад сучасної фізики показує, наскільки ефективним є такий метод. Математична гіпотеза, яка заснована на екстраполяції абстрактних математичних структур на нові області пізнання, служить одним з дієвих методів логіко-математичного дослідження.

#### **4.3.2 Деякі принципи відбору математичних гіпотез**

Щоб переконатися в обґрунтованості гіпотези, необхідно, як вже зазначалося, отримати з неї слідства і перевірити їх на досвіді. Чи існують які-небудь інші прийоми і принципи, за допомогою яких можна висувати або відбирати гіпотези, або відмовлятися від гіпотез явно ненадійних? Оскільки гіпотеза логічно не впливає з даних досвіду, то безглуздо намагатися шукати якісь логічні канони, за допомогою яких можна безпомилково створювати нові гіпотези в науці. Задача логіки тут чисто критична. Формування нових гіпотез - творчий процес, його не можна укласти в задані схеми. Проте, було б помилкою розглядати цей процес як ірраціональний.

Узагальнюючи багатовіковий досвід наукового пізнання, дослідники накопичили великий цінний матеріал, що відноситься як до психології, так і до методології наукового пізнання. У різних науках цей досвід виступає у вигляді деяких попередніх, евристичних принципів, з якими вчені так чи інакше повинні вважатися при виборі гіпотез. Оскільки математичні гіпотези

найбільше застосування знаходять в теоретичній фізиці, то в подальшому ми будемо говорити про принципи відбору гіпотез саме в цій науці.

Багато дослідників відзначають, що висування математичних гіпотез в теоретичній фізиці певною мірою регулюється деякими принципами фізичного і методологічного характеру, які обмежують свободу вибору. До числа таких принципів відбору зазвичай відносять закони збереження (заряду, маси, енергії і т.і.), принцип коваріантності рівнянь при певних перетвореннях, особливо принцип відповідності. Роль всіх цих принципів досить переконливо продемонстрована в процесі створення основних теорій сучасної фізики.

Керуючись ідеєю про єдність матерії і взаємозв'язку різних форм її існування, фізик, природно, буде розраховувати, що такі фундаментальні закони і принципи, як закони збереження і принцип коваріантності рівнянь, матимуть місце і в новостворюваній теорії. Що стосується принципу відповідності, то його евристичне значення досить ясно.

Дійсно, якщо існує спадкоємність в розвитку теорії, то при узагальненні та розвитку її понять і принципів цілком розумно вимагати, щоб рівняння старої теорії могли бути отримані з нової теорії в якості деякого граничного або окремого випадку.

Така відповідність дійсно виявляється між класичною механікою і теорією відносності, з одного боку, класичної та квантовою механікою - з іншого. Ця обставина значною мірою враховувалася творцями нових фізичних теорій, хоча в явному вигляді сам принцип відповідності був вперше сформульований лише Н. Бором.

Крім чисто фізичних принципів відбору підходящих математичних гіпотез існують і інші евристичні принципи, які з успіхом можуть бути використані при відборі будь-яких наукових гіпотез. Відзначимо тут тільки принципи простоти і математичної витонченості рівнянь, за допомогою яких виражаються ті чи інші гіпотези. П. Дірак настільки високо цінує останній принцип, що вважає математичну красу найважливішим регулятивним критерієм відбору гіпотез і теорій. Вимога, щоб гіпотеза могла бути досліджена існуючими логіко-математичними методами, настільки сильно тяжіє над

дослідником, що часто він вважає за краще будувати менш сильні гіпотези, аби отримати можливість застосувати до них відомий математичний апарат. Без цього виявляється неможливим отримати з гіпотези слідства, які можна було б перевірити на досвіді.

Коли говорять про простоту гіпотез, то мають на увазі перш за все не онтологічний, а теоретико-пізнавальний і методологічний аспекти. Мова тут повинна йти скоріше про простоту знакових, або семіотичних, систем, за допомогою яких виражається та чи інша гіпотеза. Саме поняття простоти можна розглядати з трьох точок зору. Синтаксичне уявлення про простоту пов'язано зі стрункністю, узгодженістю різних компонентів гіпотези. За інших рівних умов ми завжди вважатимемо за краще вибрати гіпотезу, яка синтаксично буде простіше, так як її легше досліджувати існуючими логіко-математичними методами.

Семантична концепція простоти істотно залежить від можливості емпіричної інтерпретації гіпотези. Прагматична простота пов'язана з практичними міркуваннями з розробки та перевірки гіпотези. Як правило, вчений вважає за краще мати справу з гіпотезою, яка легше піддається математичній розробці, так як в цьому випадку з неї можна отримати точні кількісні слідства. З огляду на необхідність експериментальної перевірки гіпотез, вчений часто вибирає ту з них, перевірку наслідків з якої можна здійснити за допомогою більш простого експерименту.

У практичній роботі дослідник нерідко може зіткнутися з ситуацією, в якій міркування простоти одного виду можуть суперечити міркувань простоти іншого виду. У цих, як і у всіх інших випадках, основним регулятором відбору будуть виступати міркування, що стосуються основної функції гіпотези: щоб вона могла пояснити ті досліди і спостереження, з аналізу і узагальнення яких виникла. Ніяка простота або помилково зрозуміла «економія мислення» в дусі Е. Маха сама по собі не в змозі гарантувати надійність гіпотези.

## **4.4 Вимоги, що пред'являються до наукових гіпотез**

Перш ніж гіпотеза стане правдоподібним припущенням, вона зобов'язана пройти стадію попередньої перевірки та обґрунтування. Таке обґрунтування має бути як теоретичним, так і емпіричним, оскільки будь-яка гіпотеза в дослідницьких науках спирається на все попереднє знання і будується відповідно до наявних фактам. Однак самі факти, або емпіричні дані, не визначають гіпотезу: для пояснення одних і тих же фактів можна запропонувати безліч різних гіпотез. Щоб відібрати з цього безлічі ті гіпотези, які вчений може піддати подальшому аналізу, необхідно накласти на них ряд вимог, виконання яких буде свідчити про те, що вони не є чисто довільними припущеннями, а представляють наукові гіпотези. Це, звичайно, не означає, що такі гіпотези неодмінно виявляться істинними або навіть дуже ймовірними. Остаточним критерієм їх істинності служить досвід, практика.

Але попередня стадія обґрунтування необхідна для того, щоб відсіяти свідомо неприйнятні, вкрай мало ймовірні гіпотези.

Питання про критерії обґрунтування гіпотез найтіснішим чином пов'язаний з філософською позицією вчених. Так, представники емпіризму наполягають, щоб будь-яка гіпотеза спиралася на безпосередні дані досвіду. Захисники раціоналізму схильні підкреслювати в першу чергу необхідність зв'язку нової гіпотези з наявних теоретичних знанням (більш ранні представники раціоналізму вимагали згоди гіпотези з законами, або принципами, розуму).

### **4.4.1 Емпірична перевірка**

Вимога емпіричної можливості перевірки є одним з тих критеріїв, які дають можливість виключати з дослідницьких наук всякого роду спекулятивні припущення, незрілі узагальнення, довільні здогади. Але чи можна вимагати безпосередньої перевірки будь-гіпотези?

У науці рідко буває, щоб будь-яка гіпотеза виявлялася такою, що безпосередньо перевіряється даними досвіду. Від гіпотези до

дослідної перевірки існує значна дистанція: чим глибше за своїм змістом гіпотеза, тим більше ця дистанція.

Гіпотези в науці, як правило, існують не відокремлено одна від одної, а об'єднані в певну теоретичну систему. У такій системі зустрічаються гіпотези різного рівня спільності і логічної сили.

На прикладі гіпотетико-дедуктивних систем класичної механіки ми переконалися, що в них не кожна гіпотеза допускає емпіричну перевірку. Так, в системі гіпотез, законів і принципів класичної механіки принцип інерції (всьяке тіло залишається в спокої або рухається прямолінійно з постійною швидкістю, якщо воно не знаходиться під впливом зовнішніх сил) не можна перевірити ні в якому реальному досвіді, бо фактично неможливо повністю абстрагуватися від дії всіх зовнішніх сил, таких, як сили тертя, опору повітря і т.і. Так само йде справа з багатьма іншими гіпотезами, що входять до складу певної наукової теорії.

Тому про правдоподібність таких гіпотез ми можемо судити лише побічно, через безпосередню перевірку тих наслідків, які випливають з цих гіпотез. Крім того, у всякій теорії існують проміжні гіпотези, які пов'язують емпірично неперевіряємі гіпотези з тими, що перевіряються. Такі гіпотези не потребують перевірки, бо вони грають в теорії допоміжну роль.

Складність проблеми перевірки гіпотез виникає також з того, що в реальному науковому знанні, зокрема в теоріях, одні гіпотези залежать від інших, підтвердження одних гіпотез служить непрямым свідченням правдоподібності інших, з якими вони пов'язані логічним відношенням. Тому той же принцип інерції механіки підтверджується не тільки наслідками, які емпірично перевіряються і які з нього випливають безпосередньо, але також наслідками інших гіпотез і законів. Саме тому принципи дослідницьких наук настільки добре підтверджуються спостереженнями і експериментами, що їх вважають практично достовірними істинами, хоча вони і не відповідають за характером тієї необхідності, яка властива аналітичним істинам. У природознавстві часто в якості принципів виступають найбільш фундаментальні закони науки; наприклад, в механіці такими принципами є основні закони руху, сформульовані Ньютоном. Нарешті, не можна не відзначити, що перевірка багатьох гіпотез, сформульованих за допомогою абстрактної

мови сучасної математики, вимагає пошуків відповідної реальної інтерпретації математичного формалізму, а це, як було показано на прикладі математичних гіпотез теоретичної фізики, виявляється досить складним завданням;

У зв'язку з проблемою емпіричної можливості перевірки гіпотез постає питання про ті критерії, якими вчені повинні керуватися при їх оцінці. Це питання становить частину більш загального питання про критерії всіх суджень науки взагалі. Ранні позитивісти вважали науковими тільки ті поняття, гіпотези і теорії, які зводяться безпосередньо до даних чуттєвого досвіду, причому сам чуттєвий досвід трактувався ними суб'єктивно. Прихильники неопозитивізму, і перш за все учасники Віденського гуртка, в якості такого критерію спочатку висунули принцип верифікації, тобто перевірки тверджень, гіпотез і теорій емпіричних наук на істинність. Однак на досвіді ми можемо верифікувати тільки поодинокі твердження. Для науки ж найбільш цінними і важливими є як раз затвердження загального характеру, сформульовані у вигляді гіпотез, узагальнень, законів і принципів. Такого роду твердження не можуть бути остаточно верифіковані, оскільки більшість з них охоплює безліч окремих випадків. Тому принцип верифікації, висунутий неопозитивістами, піддався критиці не тільки з боку представників конкретних наук, але і багатьох філософів. З різкою критикою цього принципу виступив Карл Поппер, який запропонував замість нього критерій спростовності або фальсифіцируемості. «... Не верифікація, а фальсифікація системи повинна бути взята, - писав він, - як критерій демаркації наукових гіпотез і теорій від ненаукових».

З точки зору Поппера, тільки принципова можливість спростування гіпотез і теоретичних систем робить їх цінними для науки, тоді як будь-яке число підтверджень не гарантує їх істинності. Справді, будь-який випадок може суперечити гіпотезі і спростувати її, в той час як будь-яке число підтверджень залишає питання про гіпотезу відкритим. В цьому проявляється асиметрія між підтвердженням і спростуванням, вперше ясно сформульована ще Ф. Беконом. Однак без деякого числа підтверджень гіпотези у дослідника не може бути впевненості в її правдоподібності.

Принципова можливість спростувати гіпотезу служить протиотрутою проти догматизму, нашоухе думку дослідника на пошуки таких фактів і явищ, які не підтверджують ту чи іншу гіпотезу або теорію, тим самим встановлює межі її застосовності. В даний час більшість фахівців за методологією науки вважає критерій підтвердження необхідним і достатнім, щоб судити про науковість гіпотези з точки зору її емпіричного обґрунтування.

#### **4.4.2 Теоретичне обґрунтування гіпотези**

Кожна гіпотеза в науці виникає на основі наявних теоретичних уявлень і деяких твердо встановлених фактів. Зіставлення гіпотези з фактами становить завдання її емпіричного обґрунтування. Теоретичне обґрунтування пов'язано з обліком і використанням всього накопиченого попереднього знання, яке має безпосереднє відношення до гіпотези. В цьому проявляється спадкоємність в розвитку наукового знання, його збагачення та розширення.

Перш ніж поставити гіпотезу емпіричній перевірці необхідно переконатися, що вона є досить розумним припущенням, а не скоростиглої здогадкою.

Одним із способів такої перевірки є теоретичне обґрунтування гіпотези. Найкращим способом такого обґрунтування служить включення гіпотези в деяку теоретичну систему. Якщо буде встановлений логічний зв'язок досліджуваної гіпотези з гіпотезами будь-якої теорії, то тим самим буде продемонстровано правдоподібність такої гіпотези. Як ми вже відзначали, в даному випадку вона буде підтверджуватися не тільки безпосередньо емпіричними даними, а й даними, що підтверджують інші гіпотези, що логічно пов'язані з досліджуваною.

Однак у багатьох практичних випадках доводиться задовольнятися тим, щоб гіпотези були відповідними до встановлених принципів та законів тієї чи іншої галузі науки. Так, при розробці фізичних гіпотез передбачається, що вони не суперечать основним законам фізики, таким, як закон збереження енергії, заряду, моменту кількості руху і т.і. Тому фізик навряд чи серйозно поставиться до гіпотези, в якій допускається

можливість здійснення вічного руху. Однак занадто поспішне прямування встановленими теоретичними уявленнями загрожує і небезпекою: воно може затримати обговорення і перевірку нових гіпотез і теорій, які революціонізують науку. Наука знає чимало таких прикладів: довге невизнання в математиці неевклідової геометрії, в фізиці - теорії відносності А. Ейнштейна і т.і.

#### 4.4.3 Логічне обґрунтування гіпотези

Вимога логічної спроможності гіпотези зводиться насамперед до того, щоб гіпотеза не була формально суперечливою, бо в такому випадку з неї можна одержати як справжнє, так і помилкове твердження, і таку гіпотезу неможливо піддати емпіричній перевірці. Для емпіричних наук не можуть цінними тавтологічні вислови, тобто висловлювання, що залишаються дійсними при будь-яких значеннях їх компонентів. Ці висловлювання хоча і грають істотну роль в сучасній формальній логіці, але не розширюють нашого емпіричного знання і тому не можуть виступати в ролі гіпотез в емпіричних науках.

Отже, гіпотези, висунуті в дослідницьких науках, повинні уникати двох крайнощів: по-перше, вони не повинні бути формально суперечливими і, по-друге, вони зобов'язані розширювати наше знання, і тому їх скоріше варто віднести до синтетичного, ніж аналітичного знання. Остання вимога потребує, однак, в уточненні. Як уже зазначалося, найкраще обґрунтування гіпотези полягає в тому, щоб вона входила в рамки певної теоретичної системи, тобто могла б бути логічно виведена з сукупності деяких інших гіпотез, законів і принципів теорії, до складу якої її намагаються включити. Однак це буде свідчити скоріше про аналітичну природу даної гіпотези, ніж про її синтетичне походження. Чи не виникає тут логічного протиріччя? Швидше за все, не виникає, бо вимога синтетичного характеру гіпотези відноситься до емпіричних даних, на яких вона будується. Аналітичний же характер гіпотези проявляється в її відношенні до попереднього, відомого, готового знання. Гіпотеза повинна максимально враховувати весь теоретичний матеріал, який має до неї відношення і який по суті справи

представляє собою оброблений і акумульований минулий досвід. Тому вимоги аналітичності і синтетичне гіпотези аж ніяк не виключають один одного, оскільки в них виражається необхідність теоретичного та емпіричного обґрунтування гіпотези.

#### **4.4.4 Інформативність гіпотези**

Поняття інформативності гіпотези характеризує її здатність пояснити відповідне коло явищ дійсності. Чим ширше це коло, тим більшою інформативністю вона володіє. Спочатку гіпотеза створюється для пояснення деяких фактів, які не вкладаються в існуючі теоретичні уявлення. Згодом вона допомагає пояснити інші факти, які без неї було б важко або навіть неможливо виявити.

Чудовим прикладом такої гіпотези є припущення про існування квантів енергії, висунуте на початку ХХ століття М. Планком. Спочатку ця гіпотеза переслідувала досить обмежену мета - пояснити особливості випромінювання абсолютно чорного тіла. Як уже зазначалося, спочатку Планк змушений був ввести її в якості робочого припущення, тому що не хотів поривати зі старими, класичними уявленнями про безперервність фізичних процесів.

Через п'ять років А. Ейнштейн використав цю гіпотезу для пояснення закономірностей фотоефекту, а пізніше Н. Бор з її допомогою побудував теорію атома водню.

В даний час квантова гіпотеза стала теорією, яка лежить у фундаменті сучасної фізики.

Цей приклад дуже повчальний: він показує, наскільки посправжньому наукова гіпотеза виходить за межі тієї інформації, яку вчений отримує безпосередньо з аналізу експерименту. Якби гіпотеза висловлювала просту суму емпіричної інформації, вона в кращому випадку годилася б для пояснення якихось конкретних явищ. Можливість передбачення нових явищ свідчить про те, що гіпотеза містить додаткову кількість інформації, цінність якої розкривається в процесі розробки гіпотези, в ході перетворення ймовірного знання в достовірне.

Інформативність гіпотези тісно пов'язана з її логічної силою: з двох гіпотез логічно сильніша та, з якої дедуктивно випливає інша. Наприклад, з вихідних принципів класичної механіки за допомогою додаткової інформації можна логічно вивести всі інші гіпотези, які спочатку могли бути встановлені незалежно від них. Вихідні принципи, аксіоми, основні закони будь-якої наукової дисципліни будуть логічно сильніше всіх інших її гіпотез, законів і затверджень, оскільки вони служать посилками логічного висновку в рамках відповідної теоретичної системи. Ось чому пошуки таких принципів і гіпотез складають найтяжчу частину наукового дослідження, яка не піддається логічній формалізації.

#### 4.4.5 Сила завбачення гіпотези

Пророцтва нових фактів і явищ, які випливають з гіпотези, грають істотну роль в її обґрунтуванні. Все більш-менш важливі гіпотези в науці ставлять собі за мету не тільки пояснити відомі факти, але і передбачити нові факти. Галілей за допомогою своєї гіпотези зміг не тільки пояснити особливості руху тіл поблизу земної поверхні, але і передбачити, якою буде траєкторія тіла, кинутого під деяким кутом до горизонту.

У всіх випадках, коли гіпотеза дозволяє пояснити і передбачити невідомі, а часом і зовсім несподівані явища, наша довіра до неї помітно зростає.

Нерідко для пояснення одних і тих же емпіричних фактів можна запропонувати кілька різних гіпотез. Оскільки всі ці гіпотези повинні узгоджуватися з наявними даними, то виникає нагальна потреба виведення з них емпірично перевірених наслідків. Такі сліdstва представляють нічим іншим, як передбаченнями, на основі яких зазвичай і елімінують гіпотези, яким бракує необхідної спільності. Насправді, всякий випадок передбачення, який суперечить дійсності, служить спростуванням гіпотези. З іншого боку, будь-яке нове підтвердження гіпотези збільшує її ймовірність.

При цьому, чим більше передбачений випадок відрізняється від випадків вже відомих, тим більше зростає правдоподібність гіпотези.

Передбачувальна сила гіпотези в значній ступені залежить від її логічної сили: чим більше наслідків можна вивести з гіпотези, тим більшими можливостями передбачення вона володіє. При цьому передбачається, що такі наслідки можуть бути емпірично перевірені. В іншому випадку ми позбавляємося можливості судити про пророцтва гіпотези. Тому зазвичай і вводять спеціальну вимогу, що характеризує передбачувану силу гіпотези, і не обмежуються тільки її інформативністю.

Перераховані вимоги є основними, які так чи інакше повинен враховувати дослідник в процесі побудови і формулювання гіпотез.

Зрозуміло, ці вимоги можуть і повинні доповнюватися низкою інших спеціальних вимог, в яких узагальнюється досвід побудови гіпотез в тих чи інших конкретних областях наукового дослідження. На прикладі математичної гіпотези було показано, яке значення для теоретичної фізики мають, наприклад, принципи відповідності та коваріантності. Однак такого роду принципи і міркування грають швидше евристичну, ніж детермінуючу роль. Те ж саме слід сказати про принцип простоти, який нерідко фігурує як одна з обов'язкових вимог при висуненні гіпотези.

Наприклад, Л. Б. Баженов в статті «Сучасна наукова гіпотеза» в якості однієї з умов спроможності гіпотези висуває «вимогу її принципової (логічної) простоти». Вимога простоти істотно відрізняється від інших розглянутих ним вимог, таких, як емпірична перевірка, передбачуваність, можливість виведення наслідків і т.і. Виникає два питання: (1) Коли дослідник звертається до критерію простоти при висуненні гіпотез? (2) Про які простоті гіпотези може йти мова при їх висуненні? Користуватися критерієм простоти можна лише в тому випадку, коли дослідник вже має в своєму розпорядженні деяку кількість гіпотез. В іншому випадку немає сенсу говорити про відбір. Крім того, дослідник повинен провести попередню роботу з обґрунтування наявних в його розпорядженні гіпотез, тобто оцінити їх з точки зору тих вимог, які ми вже розглянули.

А це означає, що критерій простоти є скоріше евристичним, ніж строго обов'язковою вимогою. У всякому разі, обґрунтування гіпотез ніколи не починається з їх простоти. Правда, при інших

рівних умовах дослідник вважає за краще вибрати гіпотезу, яка простіше інших за своєю формою. Однак такий вибір робиться вже після досить складної і кропіткої роботи по попередньому обґрунтуванню гіпотези.

Що ж слід розуміти під простотою гіпотези? Нерідко простота теоретичного знання ототожнюється з звичністю його уявлення, можливістю використання наочних образів. З цієї точки зору геоцентрична гіпотеза Птолемея буде простіше геліоцентричної гіпотези Коперника, так як вона знаходиться ближче до наших повсякденних уявлень: нам здається, що рухається Сонце, а не Земля. Насправді гіпотеза Птолемея помилкова. Для пояснення зворотних рухів планет Птолемей змушений був настільки ускладнити свою гіпотезу, що враження про її штучність ставало все більш очевидним.

Навпаки, гіпотеза Коперника хоча і суперечила життєвим уявленням про рух небесних тіл, логічно простіше пояснювала цей поступ, виходячи з центрального положення Сонця в нашій планетній системі. В результаті штучні побудови і довільні допущення, які висувалися Птолемеєм і його послідовниками, були відкинуті. Цей приклад з історії науки ясно показує, що логічна простота гіпотези або теорії нерозривно пов'язана з їх істинністю.

Чим глибше за змістом і ширше за обсягом гіпотеза чи теорія, тим логічно простішими виявляються їх вихідні положення. Причому під простотою тут знову таки мається на увазі необхідність, спільність і природність вихідних припущень, відсутність в них свавілля, штучності. Вихідні припущення теорії відносності логічно простіше припущень класичної механіки Ньютона з її уявленнями про абсолютні простір і рух, хоча опанувати теорію відносності значно важче, ніж класичну механіку, бо теорія відносності спирається на більш тонкі методи міркувань і набагато більш складний і абстрактний математичний апарат. Те ж саме можна сказати про квантову механіку. У всіх цих випадках поняття «простоти» і «складності» розглядаються скоріше в психологічному і, скоріше, соціально-культурному аспектах.

У методології науки простоту гіпотези розглядають в логічному аспекті. Це означає, по-перше, спільність,

нечисленність, природність вихідних припущень гіпотези; по-друге, можливість виведення з них наслідків найбільш простим шляхом, не вдаючись для цього до гіпотез типу *ad hoc*; по-третє, використання більш простих засобів для її перевірки. (*Гіпотеза ad hoc* (від лат. *ad hoc* - спеціально, може бути застосовано тільки для цієї мети), - гіпотеза, призначена для пояснення окремих, спеціальних явищ, які неможливо пояснити в рамках даної теорії). Для пояснення цього явища дана теорія припускає існування додаткових невідкритих умов, за допомогою яких пояснюється досліджуване явище. Таким чином, гіпотеза *ad hoc* робить прогноз щодо тих явищ, які необхідно відкрити. Ці передбачення можуть збутися, а можуть і не справдитися. Якщо гіпотеза *ad hoc* підтверджується, тоді вона перестає бути гіпотезою *ad hoc* і органічно включається до відповідної теорії. Вчені більш скептично ставляться до тих теорій, де гіпотези *ad hoc* існують у великих кількостях. Але з іншого боку без *ad hoc* гіпотез не може обійтися жодна теорія, так як в будь-якій теорії завжди знайдуться аномалії).

Перша умова ілюструвалася шляхом порівняння вихідних припущень класичної механіки і теорії відносності. Вона може бути застосована до будь-якої гіпотези і теорії. Друга умова характеризує простоту швидше гіпотетичних теоретичних систем, ніж окремих гіпотез. З двох таких систем надається перевага тій, в якій всі відомі результати певної галузі дослідження можуть бути отримані логічно з основних принципів і гіпотез системи, ніж за допомогою спеціально придуманих для цього гіпотез *ad hoc*. Зазвичай звернення до гіпотез *ad hoc* робиться на перших етапах наукового дослідження, коли ще не виявлені логічні зв'язки між різними фактами, їх узагальненнями і іншими гіпотезами. Третя умова пов'язано не тільки з чисто логічними, але і з прагматичними міркуваннями.

У дійсній же практиці наукового дослідження логічні, методологічні, прагматичні і навіть психологічні вимоги виступають в єдності.

Всі розглянуті нами вимоги до обґрунтування і побудови гіпотез взаємопов'язані і зумовлюють один одного; відокремлений їх розгляд робиться заради кращого з'ясування суті проблеми. Наприклад, інформативність і сила завбачення

гіпотези істотним чином впливають на її здатність бути перевіреною. Нечітко визначені, малоінформативні гіпотези вельми важко, а часом просто неможливо піддати емпіричній перевірці. К. Поппер навіть стверджує, що чим логічно сильніше гіпотеза, тим вона може бути краще перевірена. З таким твердженням не можна повністю погодитися хоча б тому, що перевірка гіпотези залежить не тільки від її змісту, але також і від рівня експериментальної техніки, зрілості відповідних теоретичних уявлень, словом, має такий же відносний характер, як і всі інші принципи науки.

#### **4.5 Деякі методологічні та евристичні принципи побудови гіпотез**

Чи існують правила або загальні принципи відбору найбільш ймовірних, правдоподібних гіпотез? Це питання є дискусійним. Розглянемо дві основні точки зору з цього питання.

##### **4.5.1 Гіпотеза і індукція**

У початковий період формування експериментальної науки виник, а потім набув широкого поширення погляд, згідно з яким гіпотези і закони науки формулюються за допомогою індуктивного узагальнення емпіричних даних. Найбільш послідовне вираження такий погляд знайшов в роботах Френсіса Бекона. Багато в чому справедливо критикуючи силлогістичних логіку Аристотеля, особливо її схоластичну інтерпретацію, Бекон вважав цю логіку не придатною для дослідницьких наук. «Логіка, якої тепер користуються, - писав він, - швидше служить зміцненню та збереженню помилок, які є в основі загальноприйнятих понять, ніж відшукуванню істини». Тому на противагу "Органону" Аристотеля як логіці дедукції він створив «Новий Органон», який, за його думкою, повинен стати інструментом відкриття нових істин в експериментальних науках. Методом такого відкриття Бекон вважав неповну, або проблематичну, індукцію. У «Новому Органоні» він поставив завдання розробити ті правила індуктивних умовиводів, які

згодом були систематизовані і розвинені далі Дж. Ст. Міллем у вигляді так званих методів експериментального дослідження.

Щоб отримати більш чітке уявлення про можливості застосування цих методів, розглянемо коротко основні канони індуктивної логіки, за допомогою яких Бекон і Мілль вважали можливим робити відкриття в експериментальних науках. Найважливішими з індуктивних канонів вони вважали методи подібності, відмінності та супутніх змін. Решта методів зводиться до перерахованих нижче.

Метод подібності Мілль вважав переважно методом спостереження, оскільки він дозволяє виділити деякий фактор, який є загальним для всіх досліджуваних випадків. Цей загальний фактор і буде причиною (або наслідком) досліджуваного явища, бо фактор, відсутній в будь-якому з розглянутих випадків, не може служити причиною (або наслідком) цього явища.

Метод відмінності вимагає аналізу принаймні двох випадків, які відрізняються один від одного одним єдиним фактором. При наявності цього фактору явище виникає, при відсутності - зникає. Цей фактор і буде причиною (або наслідком) досліджуваного явища. Наприклад, щоб встановити причину уповільненого падіння в повітрі пера в порівнянні з монетою, їх поміщають під дзвін повітряного насоса. Викачавши повітря з дзвона, виявляють, що в безповітряному просторі і перо і монета падають одночасно. Оскільки два розглянутих випадки відрізняються тільки одним фактором (наявністю або відсутністю повітря), то цей єдиний фактор-опір повітря - і буде причиною уповільненого падіння пера в першому випадку.

Таким чином, перевага методу відмінності в порівнянні з методом подібності полягає в тому, що він дає можливість не тільки пасивно спостерігати явища, а й активно змінювати умови їх протікання, тобто проводити цілеспрямовані дослідження, ставити експерименти.

Метод супутніх змін використовується для встановлення причинної залежності таких явищ, які не можна виявити за допомогою методів подібності та відмінності. Так, ми не можемо знайти причину виникнення припливів і відливів річок і морів за методом відмінності, так як ні в якому реальному експерименті не можна ізолюватися від тяжіння Місяця і Сонця. Однак в цьому

і в багатьох інших аналогічних випадках вдається встановити функціональний взаємозв'язок між зміною двох або декількох величин, що зустрічаються в досліджуваному явищі. Виявлення такого функціонального зв'язку може служити доказом на користь припущення, що зазначені величини знаходяться в причинному відношенні один до одного.

Всі перераховані методи дійсно застосовуються не тільки в експериментальних дослідженнях, а й у повсякденній практиці. Сам Мілль, як свідчить Мінто, запозичив їх «з практики наукових, лабораторних досліджень - в тому вигляді, в якому їх узагальнив Гершель».

Чи є ці методи дійсними методами серйозних наукових відкриттів? Класики теорії індукції, і особливо Ф. Бекон, надмірно переоцінювали їх, вважаючи створену ними індуктивну логіку логікою відкриттів. «Наш же шлях відкриття наук такий, - писав Бекон, - що він небагато залишає гостроті і силі обдарувань, але майже зрівнює їх. Подібно до того як для проведення прямої лінії або опису досконалого кола багато значать твердість, умілість і впевненість руки, якщо діяти тільки рукою, - мало або зовсім нічого не означає, якщо користуватися циркулем і лінійкою. Така ситуація і з нашим методом».

Дж. Ст. Мілль, хоча і не поділяв таких далекосяжних претензій Бекона, все ж вважав індуктивні методи дієвим інструментом відкриття і доказів причинних зв'язків в природі. Саме ці методи, на його думку, дають нам початкові узагальнення, від яких залежить подальша побудова гіпотези.

Насправді ж ці методи вимагають звернення до деяких гіпотез, за допомогою яких відокремлюються фактори суттєві від несуттєвих, головні від другорядних. Справді, застосування методу подібності вимагає виділення єдиної загальної ознаки або фактору всіх випадків явища. Метод відмінності заснований на порівнянні випадків, які відрізняються тільки однією ознакою. Тим часом предмети і явища реального світу мають безліч всіляких загальних і різних властивостей. Щоб виділити серед них властивості, відносини або фактори, які є істотними для цілей нашого дослідження, ми повинні заздалегідь мати деяку гіпотезу. Так, в прикладі з падінням монети і пера в якості основного фактору, що впливає на процес, виступає опір повітря.

Відповідно до такої гіпотези надалі і будується експеримент. Однак заздалегідь важко визначити, чи буде той чи інший фактор істотним для протікання явища. Ми можемо з'ясувати це лише за допомогою гіпотези, перевіривши на досвіді ті слідства, до яких вона призводить. Таким чином, методи класичної індукції Бекона і Мілля не можуть служити канонами відкриття нових наукових істин, так як самі потребують використання додаткових гіпотез.

Природно виникає питання: в чому ж полягає значення цих методів? Перша і основна функція індуктивних методів полягає в елімінації, або виключенні, з числа можливих гіпотез таких, які не задовольняють наявним емпіричним даним. Припустимо, що для пояснення причини деякого явища запропоновано безліч гіпотез, які взаємно виключають одна другу, тобто альтернативних гіпотез:  $H_1, H_2, H_3 \dots H_n$ . Щоб знайти серед всіх гіпотез єдино можливу причину, слід зіставити ці гіпотези з даними спостереження або експерименту. Якщо при цьому, наприклад, виявиться, що при наявності факторів, сформульованих в гіпотезі  $H_u$ , явище буде відсутнє, то за методом подібності ми можемо виключити гіпотезу  $H_1$ , як можливу причину виникнення досліджуваного явища. Аналогічним чином використовуються для елімінації методи відмінності і супутніх змін. Після виключення з числа можливих причин гіпотези  $H_1$  причину досліджуваного явища ми повинні шукати серед диз'юнкції гіпотез, які залишилися:

$$H_2 * V * H_3 * *V \dots *V * H_n.$$

Послідовно елімінуючи (елімінація - виняток невідомого з системи рівнянь) всі інші гіпотези, крім однієї, що залишилася, ми приходимо до виявлення гіпотези, яка служить поясненням причини явища.

Може трапитися, що, виключивши всі гіпотези, ми так і не знайдемо причину явища. І в цьому немає нічого дивного, бо закони індукції дають можливість елімінувати невідповідні гіпотези, але при цьому не забезпечують знаходження найбільш ймовірної з гіпотез. Методи елімінативної індукції звужують область пошуків можливих гіпотез і тим самим забезпечують як би негативний підхід до істини. У більшості випадків вони не

дають ніяких вказівок щодо того, як знайти підходящу гіпотезу. Тільки в деяких найпростіших випадках з їх допомогою можна побудувати відповідну гіпотезу. Так, спираючись на метод супутніх змін, ми можемо сформулювати гіпотезу про те, що довжина металевого стрижня змінюється зі зміною його температури. Ця гіпотеза дійсно являє індуктивне узагальнення про взаємозв'язок між такими властивостями, що емпірично спостерігаються. Спостерігаючи на досвіді зміни довжин різних стрижнів з різних металів в залежності від зміни їх температури, можна прийти до згаданої гіпотези.

Тому можна сказати, що друга функція методів класичної індукції полягає в тому, що вони дають можливість встановлювати найпростіші гіпотези про залежність емпірично спостережуваних властивостей предметів і явищ. Однак тут поряд з елімінативною індукцією ми звертаємося також до індукції еnumerативній (тобто індукції через перерахування окремих випадків узагальнення).

Емпіричні узагальнення, гіпотези і закони, одержувані за допомогою методів індукції, відіграють помітну роль на початковій стадії наукового дослідження, яка пов'язана з аналізом і узагальненням інформації, добутої за допомогою експерименту або систематичних спостережень.

Теоретична стадія дослідження пов'язана з використанням таких гіпотез і законів, які не є безпосереднім відображенням емпірично спостережуваних властивостей і відносин.

В зарубіжній літературі такі поняття часто називають поняттями про неспостережувані об'єкти. Так, наприклад, для пояснення розширення тіл при нагріванні свого часу була запропонована молекулярно-кінетична гіпотеза. Емпірично спостерігається розширення тіл при нагріванні вона пояснювала збільшенням швидкості руху найдрібніших частинок речовини - молекул, які є емпірично неспостережуваними об'єктами.

Одна з причин того, що теоретичні гіпотези і закони не можуть бути отримані з даних досвіду, полягає в тому, що досвід дає нам знання тільки про емпірично спостережувані властивості і відносини явищ. Форми ж теоретичного дослідження, до яких належить і гіпотеза, прагнуть виявити їх глибинний внутрішній механізм, розкрити їх сутність, яка хоча і виражається в явищах,

але не дана в них безпосередньо. Для цього немає іншого шляху, крім систематичного висунення гіпотез і подальшої їх перевірки на досвіді.

Не існує ніякої механічної процедури, або, краще сказати, алгоритму, який би гарантував отримання найбільш вірогідних гіпотез з наявних емпіричних даних. Тому не можна побудувати таку індуктивну машину, яка б створювала нові гіпотези в дослідницьких науках. Гіпотези і теорії не виводяться з досвіду, а створюються дослідником, щоб пояснити результати досвіду. Ясно тому, що індуктивна логіка не може замінити ні «гостроту розуму», ні досвід вченого, як про це мріяв Ф. Бекон. Навіть дедуктивна логіка, яка оперує правилами достовірних висновків, не може навчити нас, як з даних аксіом виводити нові, цікаві теореми.

Не можна тому побудувати таку дедуктивну машину, за допомогою якої можна було б отримувати нові теореми із закладених в неї аксіом. В цьому відношенні роль індуктивної і дедуктивної логік однакова: вони повинні служити в якості певного стандарту міркування, тобто виконувати нормативну функцію.

Так, правила дедукції допомагають нам встановити, чи є той чи інший доказ логічно обґрунтованим, тобто чи відповідає кожен крок такого доказу правилам дедуктивних умовиводів. Виявлення ж самої теореми, шляхів, якими йшов вчений до її відкриття, виходить за сферу компетенції логіки.

Аналогічно цьому методи індуктивної логіки в даний час все більше і більше починають розглядатися як певні стандарти, за допомогою яких оцінюють ступінь підтвердження емпіричних узагальнень і гіпотез.

#### **4.5.2 Гіпотеза, інтуїція і дедукція**

З розвитком експериментальної і теоретичної науки, з ускладненням її засобів, прийомів і способів дослідження ставало все більш очевидним, що індуктивні методи займають в ній досить скромне місце.

Самі вчені починають наполегливо підкреслювати значення творчого фактору в процесі наукового відкриття. Цей фактор не

можна звести до яких-небудь відомим, наперед заданими правилами, в тому числі і до канонів класичної індуктивної логіки. Тим часом він грає вирішальну роль в процесі наукового відкриття. Поступово ця ідея стає надбанням філософії та логіки науки. Ще в середині минулого століття англійський логік і історик науки В. Уевелл, критикуючи недоліки класичної теорії індукції, вказував, що будь-яке наукове відкриття представляє «щасливу здогад», яку неможливо обґрунтувати за допомогою канонів індукції.

Процес наукового дослідження, на його думку, передбачає, по-перше, виявлення будь-якої важливої загальної ознаки досліджуваних явищ, по-друге, поширення цієї ознаки на подібні, але невивчені випадки і, по-третє, виведення логічних наслідків з таким шляхом встановленої гіпотези. Важливо при цьому зазначити, що Уевелл не говорить про індуктивні методи як методи відкриття нових істин: їх призначення швидше полягає в узагальненні знайденої в результаті «щасливою здогади» загальної закономірності на нові випадки, тобто в екстраполяції узагальнення. Оскільки процес відкриття нових наукових істин не піддається логічному контролю, то такому контролю повинна бути піддана перевірка прийнятих гіпотез. Саме з цією метою і залучається дедукція, за допомогою якої виводять слідства з гіпотез і порівнюють їх з емпіричними фактами. Таким чином, індукція в концепції Уевелла виявляється тісно пов'язаною з дедукцією і сам його метод можна назвати індуктивно-дедуктивним. «Доктрина, що представляє гіпотезу дедуктивного міркування, є висновком індуктивного процесу.

Частинні факти, які служать основою індуктивного виводу, є підсумком в логічній ланцюга дедукції. І таким чином дедукція встановлює індукцію ». Ці ідеї Уевелла перегукуються з тими пізнішими концепціями логіки наукового пізнання, з якими виступили в 30-і роки К. Поппер і неопозитивісти в особі представників віденського гуртка і аналітичної філософії. Мабуть, в найбільш послідовному вигляді нова концепція логіки наукового відкриття була представлена К. Поппером в його книзі «Логіка дослідження» (Відень, 1935 р.).

На відміну від Уевелла він рішуче заперечує будь-яке значення індукції в логічному аналізі пізнання, тому його

концепцію можна охарактеризувати як цілком дедуктивну. В рамках своєї логіки Поппер відмовляється також від аналізу шляхів і способів досягнення нового знання в науці, вважаючи ці питання або нерозв'язними, або такими, що відносяться до компетенції психології наукової творчості. «Питання про те, як трапляється, що нова ідея виникає у людини - чи є це музичною темою, драматичним конфліктом або науковою теорією, - може бути дуже цікавим для емпіричної психології, але він не належить до логічного аналізу наукового пізнання. Це останнє стосується не питань факту ..., а тільки питань обґрунтування правильності. Відповідно до цього, - продовжує він, - я буду ясно відрізняти процес виникнення нової ідеї і методи і результати їх логічного дослідження. Що стосується завдання логіки пізнання - на противагу психології пізнання, - я буду ґрунтуватися на припущенні, що вона складається виключно з дослідження методів, які застосовуються в тій систематичній перевірці, якої повинна бути піддана будь-яка нова ідея ».

Прихильники неопозитивізму, критикуючи класичну теорію індукції, на відміну від Поппера не відкидали індукцію взагалі, а прагнули по-новому поглянути на її роль в науці. В той час як для Бекона і частково для Мілля індукція була методом відкриття нових наукових істин, для неопозитивістів вона служить методом підтвердження гіпотез і теорій. «При створенні нової системи теоретичних понять і з її допомогою теорії, - пише Р. Карнап, - не можна просто слідувати механічній процедурі, заснованій на фіксованих правилах. Для цього потрібно творча винахідливість ».

«... Правила індукції, - зазначає К. Гемпель, - визначатимуть силу підтвердження, яку дані забезпечують гіпотезі, і вони можуть висловити таке підтвердження в термінах ймовірності».

Таким чином, багато фахівців, справедливо критикуючи старий, механістичний підхід до процесу наукового відкриття, всю свою увагу зосереджують винятково на перевірці або оцінці вже існуючих, наявних гіпотез і теорій. І хоча такий аналіз представляє важливий етап дослідження, проте він недостатній для розуміння всього процесу дослідження в цілому і тим більше тієї її стадії, яка безпосередньо пов'язана з відкриттям нового.

У самій загальній формі позицію більшості фахівців з логіки та методології науки з питання побудови нових гіпотез і теорій можна сформулювати приблизно так. Створення нової гіпотези або теорії не тільки не піддається логічному контролю, але часто не можна з'ясувати раціональним чином. В кращому випадку при цьому робиться посилання на інтуїцію, яка нерідко розуміється в ірраціональному дусі. Так К. Поппер вважає, що інтуїтивний фактор, що входить в процес відкриття нового в науці, не допускає ніякого раціонального пояснення. «Мій погляд, - пише він, - може бути виражений за допомогою твердження, що кожне наукове відкриття містить» ірраціональний елемент », або « творчу інтуїцію »в сенсі Бергсона». Це посилання на Бергсона досить істотне для характеристики поглядів Лоппера, бо воно показує, що інтуїція їм розуміється не так, як її зазвичай розглядають в науці, а як особливий рід інстинктивного пізнання. Справді, якщо слідувати Бергсону, то необхідно визнати, що «інтуїція – є не що інше, як високорозвинена форма інстинкту. Вона перевершує розум тим, що виражається завжди категорично, тоді як він - в гіпотетичній формі ».

Не кажучи вже про те, що інстинкту нічого робити в науці, необхідно підкреслити, що, якщо результати інтуїції представляють безумовні, або категоричні, істини, тоді подальше їх дослідження стає непотрібним. У такому випадку відпадає необхідність у перевірці гіпотез і теорій, висунутих вченими, а отже, стає непотрібною і попперівська теорія дедуктивної перевірки нових ідей. Все це свідчить про те, що ірраціональні вихідні посилання рано чи пізно заходять у суперечність із раціональними елементами будь-якої теорії, як це сталося з логікою науки К. Поппера. Багато неопозитивістів, не бажаючи ускладнювати собі життя, переносять питання про виникнення нових ідей цілком в сферу емпіричної психології, обмежуючи тим самим своє завдання виключно формально-логічним аспектом перевірки і підтвердження гіпотез, тобто зводять всю справу до прикладення логічної дедукції наслідків з них і перевірки цих наслідків на досвіді. У наявності, таким чином, спроба запровадження гіпотетико-дедуктивного методу до аналізу виникнення нового знання.

Якщо індуктивісти намагаються пояснити механізм виникнення нового знання в науці, то дедуктивісти заперечують саму правомірність такої спроби. Для них найважливіше полягає в дедукції наслідків з нових знань (гіпотез і теорій). Однак такий підхід так само односторонній і обмежений, як і протилежний йому - індуктивний, бо наукова діяльність зовсім не зводиться до нанизування силогізмів, а передбачає концептуальний аналіз існуючих теорій, виявлення в них так званих точок зростання, на основі яких відбувається подальше розширення і розвиток теорії.

Звичайно, методологія науки не може дати готових рецептів для побудови конкретних наукових гіпотез, але в той же час вона не повинна ігнорувати цінні результати загального характеру, які накопичені в частинних науках.

### **4.5.3 Взаємодія різних факторів в процесі побудови гіпотез**

В історії логіки, як і в історії філософії, довгий час панувала думка, що способи міркувань або формування висновків обмежуються виключно дедукцією і індукцією. В різні часи, в залежності від рівня розвитку науки і загального інтелектуального клімату епохи, переважала або дедуктивна, або індуктивна тенденція. Так, антична наука, яка не знала експериментального дослідження, майже цілком орієнтувалася на дедукцію. Не випадково основи дедуктивної логіки в формі силогістики Аристотеля виникають саме в цей час.

Необхідність в експериментальному дослідженні природи з особливою силою висунута розвитком продуктивних сил капіталістичного суспільства, що тільки народжувалось, привела до розробки класичної індуктивної логіки і критиці традиційної дедукції. У міру того, як все більш очевидними ставали недоліки класичної індукції Бекона і Мілля, починається новий поворот до дедукції в формі гіпотетико-дедуктивного методу. Але таке протиставлення дедукції індукції, як і обмеження способів міркування цими двома формами умовиводів, не відповідає дійсній практиці наукового дослідження. Вчений користується всіма доступними способами міркувань і мобілізує всі свої психічні здібності та навички для виявлення істини. Тому

методологія науки повинна розглядати способи і прийоми пізнання в їх діалектичній взаємодії. Це, звичайно, не виключає спеціального вивчення окремих методів міркування і тих допоміжних евристичних засобів, які полегшують пошуки істини.

При побудові гіпотез найчастіше звертаються до таких логічних і евристичних прийомам дослідження, як індукція і статистика, аналогія і інтуїція, дедукція і конструкція. Не претендуючи на вичерпний виклад цих питань, які становлять предмет особливого дослідження, розглянемо коротко найбільш цікаві для нас особливості цих методів.

#### **4.5.4 Індуктивні і статистичні методи**

Будь-яке узагальнення емпіричного матеріалу, принаймні, на попередній стадії дослідження, передбачає використання методів індукції. Часто ці методи представляються настільки простими і звичними, що вчений може і не замислюватися над ними. Дійсно, щоб прийти до деякого узагальнення, необхідно мати у своєму розпорядженні певне число прикладів, або окремих випадків, які підтверджують висунуте узагальнення. Зрозуміло, що чим більше буде знайдено випадків, які підтверджують узагальнення, тим імовірніше буде саме узагальнення. Тут ми зустрічаємося з типовим прикладом індукції через просте перерахування. Однак правдоподібність узагальнення залежить не стільки від простого числа випадків, скільки від того, як різняться ці випадки один від одного. Якщо один випадок не відрізняється від іншого або відрізняється дуже незначно, то він мало що додає в узагальнення. Навпаки, чим різноманітніші випадки узагальнення, тим імовірніше саме узагальнення. Ця ідея, як відомо, лежить в основі елімінативної індукції, згідно з якою правильна індуктивна гіпотеза одержується шляхом елімінації, або виключення, конкуруючих узагальнень.

В історії логіки елімінативна індукція нерідко протиставлялася еnumerативній як більш надійний спосіб побудови емпіричних гіпотез. Починаючи з Ф. Бекона, багато філософів підкреслювало, що просте накопичення випадків не може підвищити надійність узагальнення. Тому слід аналізувати випадки, які якомога більше відрізняються один від одного,

оскільки саме різноманітні випадки можуть допомогти у виключенні конкуруючих гіпотез. З цієї точки зору індукція, як справедливо зауважує С.Ф. Баркер, виступає як боротьба, в якій виживають більш підходящі гіпотези. Дійсно, дане узагальнення буде тим краще підтверджуватися фактами, ніж конкуруюче з ним узагальнення спростовуватися ними. Але таке протиставлення елімінативної індукції еnumerативній навряд чи виправдано. У дійсній практиці наукового дослідження не обмежуються простим нагромадженням фактів або випадків, а по можливості прагнуть урізноманітнити їх. І все ж кількість досліджених випадків не може не впливати на визначення ймовірності гіпотези. Про це свідчать, зокрема, статистичні і ймовірнісні методи дослідження.

Свого часу Д.С. Міллз поставив таке питання, чому іноді достатньо кількох випадків підтвердження гіпотези, щоб повірити в неї, в той час як тисячі інших випадків не збільшують її ймовірності?

Щоб відповісти на нього, ми в загальних рисах розглянемо, як відбувається відбір таких випадків в статистиці. Оскільки гіпотези зазвичай ставляться до дуже великих або навіть нескінченним множинам випадків, то необхідно так вибрати ці випадки, щоб вони давали вірне уявлення про все класи випадків. Повну сукупність об'єктів або випадків, на яку поширюється узагальнення або гіпотеза, в статистиці прийнято називати популяцією. Частина популяції, яка в якості зразка виділяється для спеціального дослідження, представляє вибірку. Щоб вибірка давала правильне уявлення про всю популяцію, або була репрезентативною, слід виконати ряд вимог, найважливішим з яких є умова рандомізації.

Це означає, що кожен елемент популяції з однаковою ймовірністю може стати елементом вибірки. Якщо вибірка буде репрезентативною, то розподіл властивостей в ній буде приблизно такий же, як і в популяції. Так, по жмені зерна, взятої з мішка, ми можемо судити про якість зерна у всьому мішку. У цьому, як і в інших випадках, ми виходимо з існування деякої однорідності, або гомогенності елементів популяції. Саме тому дослідження невеликого числа її елементів, які представляють вибірку, досить для того, щоб судити про всю популяцію. Таким

чином, число випадків підтвердження гіпотези грає важливу роль тільки тоді, коли ще не виявлена їх однорідність в будь-якому істотному відношенні. Інший важливий момент, який слід враховувати при оцінці ймовірності гіпотез, пов'язаний з можливістю їх дедуктивної розробки.

#### 4.5.5 Дедукція і конструкція гіпотез

Як уже зазначалося, ступінь підтвердження окремих, ізольованих гіпотез набагато нижче тих гіпотез, які входять в деяку гіпотетико-дедуктивну систему. Індуктивні і статистичні методи дослідження в основному пристосовані для оцінки ступеня ймовірності окремих емпіричних узагальнень і гіпотез. Коли наука чи окрема її галузь тільки що складається або ж ще не досягла того рівня зрілості, при якій вирішальну роль набуває побудова теорій, тоді ці методи можуть надати значну допомогу при аналізі та оцінці окремих тверджень, узагальнень і гіпотез.

А в розвинених науках, де переважають системи теорій, ізольовані гіпотези зустрічаються вкрай винятково. Зазвичай будь-яку таку гіпотезу прагнуть включити до складу деякої теорії. В результаті цього вона або виявляється логічним наслідком інших гіпотез, або сама служить вихідною посилкою для подальших висновків.

Гіпотези, одержувані за допомогою дедукції з інших логічно більш сильних гіпотез або посилок теорії, виявляються краще обґрунтованими і з раціональної та з емпіричної точок зору, хоча вони можуть бути відомими і до їх дедуктивного виведення. Так, наприклад, принципи або гіпотези термодинаміки були сформульовані задовго до створення класичної статистичної механіки, з якої вони згодом були логічно виведені і тим самим теоретично пояснені. У ще більшій мірі це відноситься до емпіричних гіпотез або законам, які хоча і узагальнюють і описують факти, але самі можуть бути зрозумілі тільки на основі більш широких теоретичних гіпотез і законів. Так все емпірично знайдені залежності між фізичними властивостями газів (тиском, обсягом і температурою, які відомі у фізиці як закони Бойля, Гей-Люссака і Шарля) отримали своє пояснення тільки після створення кінетичної теорії газів.

Основне значення для розвитку науки мають, безсумнівно, ті гіпотези, які самі служать посилками для подальшої дедукції. Такі гіпотези не можуть бути знайдені ні індуктивно, ні дедуктивно, хоча обидва ці методи відіграють певну роль в процесі пошуку і перевірки гіпотези. Оскільки, однак, будь-яка гіпотеза, що претендує на те, щоб стати посилкою теорії, повинна увійти в загальну концептуальну схему цієї теорії, то її побудова неминуче пов'язана з використанням більш глибоких і широких концептуальних засобів: понять, ідей і методів. У процесі дослідження вчений відштовхується від попереднього теоретичного знання і відомих емпіричних даних. Висуваючи нові гіпотези, він прагне пояснити з їх допомогою всі раніше знайдені частинні результати і узагальнення. Таке пояснення передбачає створення ширшої системи понять і тверджень, ніж колишня. Як правильно підкреслює Н. Р. Хенсон, метою вченого є створення концептуальної схеми, в термінах якої можуть бути зрозумілі наявні дані.

Закладаючи основи своєї механіки, Ньютон не обмежився висуненням сильніших в порівнянні з його попередниками гіпотез. Він перебудував всю концептуальну схему механіки, ввів і уточнив ряд понять, розробив новий метод отримання математичних наслідків у формі так званого обчислення флюксій (аналізу нескінченно малих). Тільки завдяки цьому йому вдалося отримати в якості наслідків з вихідних посилок своєї теорії раніше знайдені закони Кеплера, закон вільного падіння і багато інших результатів, які до нього здавалися не пов'язаними один з одним.

Цілком зрозуміло, що як побудова нових понять, так і висунення більш сильних гіпотез не є чисто логічний процес. Вона вимагає творчості і винахідливості, використання аналогій та інших евристичних засобів. В науці нерідко всі ці способи і засоби відносять до інтуїції. Не претендуючи тут на рішення дуже важких, опорних і малодосліджених питань цієї проблеми, зупинимось на з'ясуванні ролі інтуїції і логіки в процесі висунення і побудови гіпотез.

Інтуїція і логіка часто протиставляються один одному. Іноді інтуїція розглядається як найвища форма пізнання, в корені протилежна не тільки логічному міркуванню, а й раціональному

знанню взагалі. З цієї точки зору виникнення найбільш плідних гіпотез в науці відбувається нібито в результаті раптового осяяння, не пов'язаного з попередньою роботою думки. Більш того, вважається, що критичний аналіз гальмує цей процес, пригнічує творчу уяву і політ фантазії. Недарма багато відкриттів, стверджують захисники цієї точки зору, відбувається уві сні або ж тоді, коли вчений не думає про науку. Насправді кожному важливому відкриттю в науці передують тривала, копітка робота думки. Ми вже відзначали, що Галілею було потрібно понад три десятки років, щоб відкрити закон вільного падіння тіл. Малоімовірна також розповідь про те, ніби Ньютона наштовхнуло на відкриття закону всесвітнього тяжіння спостереження їм падіння яблука з дерева. Вірити цій легенді - значить ігнорувати всі попередні спроби вирішення цієї проблеми, зусилля, зроблені в цьому напрямі такими попередниками Ньютона, як Галілей і Кеплер, а також більш ранні, але безуспішні спроби самого Ньютона. Вся справа в тому, що, після того як відкриття зроблено, весь важкий попередній етап дослідження, а тим більше численні невдалі спроби вирішення проблеми зазвичай забуваються і нове відкриття часто виглядає тому як щось несподіване і випадкове, абсолютно не пов'язане з попередніми результатами наукового пізнання. Навіть в тих випадках, коли нові гіпотези і відкриття виникають раптово, а іноді уві сні, при більш ретельному аналізі виявляється, що такий стрибок в пізнанні представляє результат тривалих попередніх досліджень. Так, відомо, що гіпотеза про структурну формулу бензолу (С<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) остаточно оформилася у Кекуле уві сні. Але перш ніж прийти до неї, він понад десять років безуспішно бився над вирішенням цієї проблеми. Ідея про періодичний закон хімічних елементів у великого російського хіміка Д. І. Менделєєва виникла також уві сні, але вона представляла підсумок всієї його наукової діяльності, безперервних пошуків пояснення закономірностей зміни властивостей хімічних елементів. У всіх таких випадках свідомо діяльність, яка спирається на знання і досвід, відіграє набагато важливішу роль у формуванні нових гіпотез і відкриттів, ніж ті обставини, при яких відбувається остаточно їх з'ясування в думках вченого.

З психологічної точки зору вивчення механізмів інтуїції і особливо творчої уяви становить величезний інтерес, хоча практично в цій області зроблено ще дуже мало. Безсумнівно, однак, що результати інтуїції мають потребу в обґрунтуванні і перевірці більше, ніж висновки раціонального пізнання.

Багато авторів підкреслюють, що інтуїція являє недостовірний зачаток думки. Вона може наводити на цікаві роздуми, приводити до нових ідей, але в той же час породжувати помилки. Якби ми цілком поклалися на інтуїцію, то ніколи не мали б ні неевклідових геометрій, ні теорії відносності, ні квантової механіки, багато положень яких суперечать здоровому глузду і нашим звичним інтуїтивним уявленням. Ось чому теоретичне обґрунтування і практична перевірка інтуїтивно знайдених гіпотез набуває таке важливе значення для вирішення долі самої гіпотези.

З логічної точки зору розробка гіпотез передбачає встановлення їх несуперечності, зіставлення з іншими гіпотезами, а найголовніше - з дедукцією наслідків, які можна перевірити на досвіді. Без такої дедукції всі наші гіпотези в емпіричних науках будуть в кращому випадку інтуїтивними здогадами.

## **4.6 Методи перевірки і підтвердження гіпотез**

У науковому дослідженні сміливість у висуванні гіпотез повинна поєднуватися з ретельністю і строгістю їх перевірки. Обговорюючи критерій можливості перевірки, ми вже відзначили ряд труднощів, які зустрічаються при випробуванні гіпотез. Тут ми торкнемося більш докладно деяких проблем, пов'язаних з перевіркою і підтвердженням гіпотез.

### **4.6.1 Проблема перевірки гіпотез**

Емпірична перевірка гіпотез в кінцевому підсумку зводиться до перевірки тих наслідків, які з них випливають, безпосередньо за допомогою результатів спостережень або спеціально поставлених експериментів. Такі сліdstва зазвичай виражаються в формі умовних тверджень, тобто тверджень, в яких

перераховуються ті вимоги, виконання яких необхідне для появи тієї чи іншої події.

Якщо передбачення, виведені з гіпотези, узгоджуються з даними спостереження або експерименту, то кажуть, що гіпотеза підтверджується цими даними.

У точних природничих науках, таких, як фізика, астрономія, хімія, результати перевірки гіпотези можуть бути виражені кількісними способом, найчастіше за допомогою математичних функцій. Так гіпотеза про сталість прискорення всіх вільно падаючих тіл була перевірена за допомогою логічно виведеного з неї слідства про функціональну залежність між часом падіння тіла і відстанню, яка пройдена тілом за цей час, тобто

$$S_t = \frac{gt^2}{2} + v_0t + S_0$$

Знаючи початкову швидкість  $v_0$  і положення тіла  $S_0$  до початку падіння, ми можемо безпосередньо на досвіді обчислити відстань  $S_t$ , пройдене їм за одну, дві, три і т.і. секунди, і порівняти ці значення з тими, які виходять з вищенаведеної формули. Збіг цих значень буде свідчити про підтвердження слідства, яке емпірично перевіряється, а значить, і самої гіпотези, з якої вона виведена.

Але таке підтвердження залежить від числа перевірених випадків: чим більше значень для часу і відстані  $S_t$  ми перевіримо, тим імовірніше буде наш висновок.

У строгому сенсі слова, остаточна перевірка слідства, як показує формула, вимагає зіставлення безлічі значень для  $t$  і  $S_t$ . На досвіді ми можемо, зрозуміло, перевірити лише порівняно невелику кінцеву кількість випадків. Тому, в принципі, завжди залишається можливість спростування гіпотези за допомогою нових спостережень і експериментів.

Ось чому гіпотези загального характеру ніколи не можна остаточно верифікувати на досвіді.

З іншого боку, одного випадку, який не підтверджує гіпотезу, досить, щоб спростувати її цілком. Між підтвердженням і спростуванням гіпотези, як ми вже знаємо, не існує симетрії. Саме на основі такої антисиметрії, К. Поппер і висунув свій

критерій спростування, або фальсифікації, за допомогою якого він пропонує відрізнити наукові гіпотези і теорії від ненаукових. Однак критерій спростування не можна протиставляти критерію підтвердження, особливо в науці.

Всі попередні міркування про антисиметрію між підтвердженням і спростуванням гіпотез ґрунтувалися на тих формально-логічних принципах, які пов'язані з цими критеріями. З істинності слідства деякого висловлювання ми не можемо робити висновок про істинність самого висловлювання: це було б логічною помилкою. Навпаки, хибність слідства свідчить про хибність висловлювання, з якого воно випливає. Такий висновок є логічне правильним, відомим у формальній логіці під назвою *modus tollens*. Коли ці принципи логіки застосовуються для перевірки окремих, не пов'язаних один з одним гіпотез, то наполягання на існуванні асиметрії між підтвердженням і спростуванням не тільки допустимо, але і необхідно. Зовсім інакше йде справа, коли ми звертаємося до реальної практики науки, в якій одні гіпотези залежать від інших, а також різних допоміжних припущень.

В цьому випадку ми вже не можемо так безапеляційно говорити про спростування, як говорили про спростування окремої, ізольованої гіпотези. Так, вже в разі перевірки гіпотези про сталість прискорення вільно падаючих тіл поряд з самої гіпотезою нам доводиться рахуватися з такими допоміжними припущеннями або гіпотезами, як відсутність опору повітря, близькість тіла до земної поверхні і деякі інші. Тому, якщо при перевірці гіпотези виявиться, що її наслідки будуть суперечити даним досвіду, то це, в строгому сенсі слова, не свідчитиме про остаточне спростування вихідної гіпотези. Цілком припустимо, що негативний результат досвіду залежить від хибності будь-якого допоміжного припущення, з яким пов'язана вихідна гіпотеза. Все це говорить про те, що процес перевірки та спростування гіпотез, що входять до складу будь-якої наукової теорії, носить більш складний характер, ніж це здається на перший погляд.

Якщо результат перевірки деякої основної та допоміжних гіпотез виявляється негативним, то точними логіко-математичними засобами можна довести, що в цьому випадку

помилкова або основна гіпотеза, або одна або кілька, або навіть всі допоміжні гіпотези. Встановити це можна тільки в процесі подальшого дослідження.

Зазначені вище міркування мають істотне значення для оцінки ролі так званого вирішального експерименту. В науці нерідко доводиться мати справу з конкуруючими гіпотезами, які спираються на одні і ті ж емпіричні дані і пояснюють одні й ті ж явища. В такому випадку, якби нам вдалося здійснити експеримент, результати якого спростовували одну з гіпотез, інша з них могла претендувати на істинність. Але, як уже зазначалося, кожна з досить глибоких наукових гіпотез зазвичай пов'язана з цілим рядом допоміжних припущень або гіпотез. Тому негативний результат експерименту може свідчити не про хибність самої вихідної гіпотези, а будь-якого допоміжного припущення.

Якщо нам вдасться виправити або модифікувати помилкове допоміжне припущення, то експеримент може підтвердити основну гіпотезу. Але часто експеримент, який остаточно спростовує одну з конкуруючих гіпотез і підтверджує іншу, здійснити вкрай важко, якщо не неможливо.

Іншими словами, незаперечна експериментальне підтвердження, то, що Ф. Бекон називає *Experimentum crucis*, в науці майже не зустрічається. По відношенню до фізики такий висновок про неможливість вирішального експерименту наполегливо захищався П'єром Дюгемом, а згодом у більш загальній формі ця ідея розвивалася У. Куайном.

У своїй книзі, присвяченій структурі фізичної теорії, Дюгем писав: «... фізик ніколи не може піддати контролю досвіду одну якусь гіпотезу окремо, а завжди тільки цілу групу гіпотез. Коли ж досвід його виявляється в протиріччі з передбаченнями, то він може звідси зробити лише один висновок, а саме, що, щонайменше, одна з цих гіпотез є неприйнятною і повинна бути видозмінена, але він звідси не може ще зробити висновок, яка саме гіпотеза не вірна ».

Справедливість своєї тези Дюгем ілюструє на прикладі двох конкуруючих гіпотез оптики: корпускулярної, або емісійної, гіпотези Ньютона і хвильової гіпотези Гюйгенса і Френеля. Згідно з першою гіпотезою, світло являє потік частинок, або

корпускул, що випускаються тілом, коли воно світиться. Хвильова гіпотеза розглядає світло як коливальний рух особливої субстанції, названої світовим ефіром. Обидві ці гіпотези більш-менш задовільно пояснювали явища поширення, відображення і заломлення світла.

Але з хвильової гіпотези випливав також наслідок, що швидкість світла в повітрі повинна бути більше, ніж у воді, тоді як, згідно корпускулярної гіпотези, навпаки, швидкість в повітрі повинна бути менше, ніж у воді.

У 1850р. французький фізик Фуко здійснив експеримент, що підтвердив, що швидкість світла в повітрі дійсно більше, ніж у воді. Ці результати багато вчених розглядали як вирішальний доказ спростування корпускулярної гіпотези і підтвердження хвильової. Оскільки, однак, обидві ці гіпотези залежать від цілого ряду інших допоміжних гіпотез, то негативний результат експерименту сам по собі не свідчить про хибність корпускулярної гіпотези.

Цілком можливо, що помилковою є яка-небудь з допоміжних гіпотез. У всякому разі, отриманий результат вимагав перегляду і модифікації всієї сукупності припущень і гіпотез, пов'язаних з корпускулярною концепцією. І дійсно, після того як А. Ейнштейн в 1905 році замість старих уявлень про корпускули висунув гіпотезу про кванти світла, або фотони, то як доказ її справедливості він послався на досліди Ленарда. Ці досліди спростовували уявлення класичної хвильової теорії про безперервний характер світлової енергії, і тому Ейнштейн розцінював їх «як другий вирішальний експеримент» щодо природи світла. Але знову-таки експеримент не цілком спростовував хвильову гіпотезу і сам Ейнштейн прагнув модифікувати її так мало, як це було можливо.

Цей приклад з історії науки ясно показує, що повне спростування, як і підтвердження гіпотез, що входять до складу теорій і пов'язаних численними відносинами з іншими гіпотезами, в кожен даний період часу фактично неможливо. Тому неможливий і вирішальний експеримент, про який писав Ф. Бекон, тобто експеримент, остаточно і повністю спростовує одну гіпотезу і підтверджує іншу, їй протилежну. У сучасній зарубіжній літературі з методології науки ця теза наполегливо

захищалася І. Лакатошем в його дослідженнях по методології науково-дослідних програм. Оскільки гіпотези в науці, як правило, об'єднуються в рамках деякої концепції або, як вважає за краще говорити Лакатош, визначеної дослідницької програми, то ніякий реальний експеримент не може відразу ж відкинути таку програму. «Не існує ніяких вирішальних експериментів, - підкреслює він, - принаймні, якщо під ними розуміти експерименти, які негайно ж можуть повалити дослідницьку програму. Фактично, коли одна дослідницька програма зазнає поразки і замінюється іншою, ми можемо - досить непередбачливо - назвати експеримент вирішальним, якщо він забезпечує ефектне підтвердження програмі, що перемагає, і не підкріплює програму, що відкидається (в тому сенсі, що нові результати ніколи не були «пояснені прогресивно» - або взагалі «пояснені» - в рамках програми, що відкидається)». Численні приклади з історії розвитку новітньої фізики, які аналізує Лакатош, досить переконливо свідчать про відносний характер експериментів в науці.

#### **4.6.2 Проблеми підтвердження і спростування гіпотез**

При вирішенні проблем підтвердження і спростування гіпотез необхідно враховувати, чи йде мова про окрему, ізольовану гіпотезу або ж про деяку її систему.

Ігнорування цієї обставини і неконкретний підхід до питання найчастіше і породжує крайні, односторонні спроби вирішення проблеми.

Як уже зазначалося, дедуктивісти начебто Поппера та його послідовників єдино прийнятним методом перевірки гіпотез вважають дедукцію. Прихильники індуктивізму всю свою увагу звертають на індуктивні методи підтвердження. Таке протиставлення, по-перше, хоча і має відомі підстави, все ж не враховує тієї специфічної ролі, яку відіграють гіпотези в науці. Фактично в будь-якій досить зрілій науці вони виступають не відокремлено, а в рамках теорій, тобто системи взаємопов'язаних гіпотез. По-друге, в процесі наукового дослідження спростування і підтвердження гіпотез швидше доповнюють, ніж виключають

один одного. Тому ми не можемо погодитися з думкою Поппера про те, що наукові закони емпіричних теорій можуть бути тільки спростовані, але не підтвердженими.

Звичайно, принципова можливість спростування гіпотези або теорії є важливим критерієм її змістовності. Теорія, яка може тільки підтверджуватися, дає або тривіальне, або занадто схематичне пояснення досліджуваних явищ. Можливість спростування гіпотези, як справедливо зауважує М. Бунге, є ознака її науковості. Але ця умова, будучи необхідною, не є в той же час достатньою.

Щоб обґрунтувати гіпотезу, ми повинні принаймні в деяких окремих випадках переконатися в її правильності. Окремі випадки, що підтверджують гіпотезу, будуть свідчити хоча б про її часткову істинність.

Проблема оцінки ступеня підтвердження гіпотез до теперішнього часу залишається дискусійною. Точні методи такої оцінки вперше спробували застосувати ще основоположники математичної логіки - Г.В. Лейбніц і Д. Буль, а після них Ч. Пірс, Д. Венн і П.С. Поредкій. Лейбніц навіть мріяв про створення спеціальної логіки, яка враховувала б ступеня ймовірності не тільки гіпотез, але і будь-яких висловлювань взагалі. Ця програмна ідея Лейбніца знайшла подальший розвиток в дослідженнях англійського вченого Д.М. Кейнса (1921р.). На сучасному рівні, з використанням методів логічної семантики імовірнісна логіка розробляється в працях Р. Карнапа, Дж. Кемені, Г. Леблана та інших.

Імовірнісна логіка, яка прийшла на зміну старій класичній індуктивній логіці Бекона - Мілля, абсолютно по-новому ставить проблему індукції.

Якщо раніше завдання індуктивної логіки бачили у відкритті та доведенні нових наукових істин, то згодом стало абсолютно очевидним, що за допомогою правил індукції Бекона - Мілля можна відкривати лише вельми прості істини. В даний час перед індуктивною логікою ставляться завдання - не вигадувати правила відкриття нових наукових істин, а знаходити об'єктивні критерії підтвердження гіпотез емпіричними посилками і, якщо можливо, визначити ступінь, з якою ці посилки підтверджують гіпотезу.

Ступінь ймовірності гіпотези істотним чином залежить від тих посилок, які служать для її підтвердження.

Зі зміною посилок, отриманням нової інформації змінюється і ймовірність гіпотези. Що стосується чисельної оцінки ймовірності гіпотез, то тут думки вчених розходяться. Більшість з них схиляється до думки, що можлива лише порівняльна оцінка ступеня підтвердження гіпотез. Іншими словами, гіпотези можна лише порівнювати в термінах «більше підтверджується», «однаково підтверджується» або «менше підтверджується». З огляду на те, що емпіричні дані, на які спираються різні гіпотези, можуть виявитися різними, навіть таке порівняння не завжди можливо.

Інші дослідники, як, наприклад, Р. Карнап та його послідовники, вірять в можливість побудови ймовірнісної логіки, за допомогою якої можна охарактеризувати ступінь підтвердження точним числом. Мабуть, все ж найбільш перспективними є спроби створення порівняльної ймовірнісної логіки, на чому так наполягав більш обережний Кейнс.

Як би не розходилися думки щодо оцінки ступеня ймовірності гіпотез, проте абсолютно ясно, що методи ймовірнісної логіки пристосовані головним чином для аналізу підтвердження окремих, логічно між собою не пов'язаних гіпотез. У реальній науці такого роду гіпотези зустрічаються тільки тоді, коли ми маємо справу з емпіричною перевіркою тієї чи іншої теорії, але навіть тут доводиться враховувати взаємовплив гіпотез між собою. Дійсно, якщо гіпотеза  $H_1$  тягне гіпотезу  $H_2$ , тоді підтвердження останньої служить непрямим свідченням першої. Саме так пов'язані одна з одною гіпотези в рамках гіпотетико-дедуктивної системи. Тому з підтвердження емпірично перевірених гіпотез можна побічно судити про підтвердження гіпотез, які не можна перевірити безпосередньо на досвіді. Приклади подібного роду ми вже обговорювали.

Крім підтвердження логічних наслідків гіпотези непрямим свідченням її правильності можуть служити також випадки підтвердження так чи інакше пов'язаних з нею гіпотез того ж рівня спільності. Ось чому ступінь підтвердження гіпотези, включеної в теоретичну систему, збільшується в такій мірі, що з

нею не може зрівнятися ступінь ймовірності будь-якого числа окремих випадків її підтвердження.

## 5 ЗАКОНИ ТА ЇХ РОЛЬ В НАУКОВОМУ ДОСЛІДЖЕННІ

Відкриття та формулювання законів становить найважливішу мету наукового дослідження: саме за допомогою законів висловлюються істотні зв'язки і відносини предметів і явищ об'єктивного світу.

Всі предмети і явища реального світу знаходяться у вічному процесі зміни і руху. Там, де на поверхні ці зміни здаються випадковими, не пов'язаними один з одним, наука розкриває глибокі, внутрішні зв'язки, в яких відображаються стійкі, повторювані, інваріантні відносини між явищами.

Спираючись на закони, наука отримує можливість не тільки пояснювати існуючі факти і події, а й передбачати нові. Без цього немислима свідома, цілеспрямована практична діяльність.

Шлях до закону лежить через гіпотезу. Дійсно, щоб встановити суттєві зв'язки між явищами, мало одних спостережень і експериментів. З їх допомогою ми можемо виявити лише залежності між властивостями і характеристиками явищ, які емпірично спостерігаються. Таким шляхом можуть бути відкриті тільки порівняно прості, так звані емпіричні закони.

Більш глибокі наукові або теоретичні закони відносяться до неспостережуваних об'єктів. Такі закони містять в своєму складі поняття, які не можна ні безпосередньо отримати з досвіду, ні перевірити на досвіді. Тому відкриття теоретичних законів неминуче пов'язане зі зверненням до гіпотези, за допомогою якої намагаються намацати шукану закономірність. Перебравши безліч різних гіпотез, вчений може знайти таку, яка добре підтверджується усіма відомими йому фактами. Тому в самій попередньої формі закон можна охарактеризувати як добре підтвержену гіпотезу.

У своїх пошуках закону дослідник керується певною стратегією. Він прагне знайти таку теоретичну схему або ідеалізовану ситуацію, за допомогою якої він зміг би в чистому вигляді уявити знайдену їм закономірність. Іншими словами, щоб сформулювати закон науки, необхідно абстрагуватися від усіх

несуттєвих зв'язків і відносин досліджуваної об'єктивної дійсності і виділити лише зв'язки істотні, повторювані, необхідні.

Процес осягнення закону, як і процес пізнання в цілому, йде від істин неповних, відносних, обмежених до істин все більш повних, конкретних, абсолютних. Це означає, що в процесі наукового пізнання вчені виділяють все більш глибокі і істотні зв'язки реальної дійсності.

Другий істотний момент, який пов'язаний з розумінням законів науки, відноситься до визначення їх місця в загальній системі теоретичного знання. Закони становлять ядро будь-якої наукової теорії. Правильно зрозуміти роль і значення закону можна лише в рамках певної наукової теорії або системи, де ясно видно логічний зв'язок між різними законами, їх застосування в побудові подальших висновків теорії, характер зв'язку з емпіричними даними. Як правило, будь-який знову відкритий закон вчені прагнуть включити в деяку систему теоретичного знання, пов'язати його з іншими, відомими вже законами. Це змушує дослідника постійно аналізувати закони в контексті більш широкої теоретичної системи.

Пошуки окремих, ізольованих законів в кращому випадку характеризують нерозвинену, дотеоретичну стадію формування науки. У сучасній, розвиненій науці закон виступає як складовий елемент наукової теорії, що відображає за допомогою системи понять, принципів, гіпотез і законів ширший фрагмент Дійсності, ніж окремий закон. У свою чергу система наукових теорій і дисциплін прагне відобразити єдність і зв'язок, який існує в реальній картині світу.

### **5.1. Логіко-гносеологічний аналіз поняття «науковий закон»**

З'ясувавши об'єктивний зміст категорії закону, необхідно ближче і конкретніше розглянути зміст і форму самого поняття «науковий закон». Попередньо ми визначили науковий закон як добре підтверджену гіпотезу. Але не всяка добре підтверджена гіпотеза служить законом. Підкреслюючи тісний зв'язок гіпотези з законом, ми хочемо насамперед вказати на вирішальну роль гіпотези в пошуках і відкритті законів науки.

У дослідницьких науках не існує іншого шляху відкриття законів, крім постійного висунення і перевірки гіпотез. У процесі наукового дослідження гіпотези, що суперечать емпіричним даним, відкидаються, а ті, які мають менший рівень підтвердження, замінюються гіпотезами, які мають більш високу ступінь. При цьому збільшення ступеня підтвердження в значній мірі залежить від того, чи може гіпотеза бути включена в систему теоретичного знання. Тоді про надійність гіпотези можна судити не тільки по тим наслідкам, які емпірично перевіряються і які з неї безпосередньо випливають, але і за наслідками інших гіпотез, які в рамках теорії логічно з нею пов'язані.

У попередньому розділі було показано, як за допомогою гіпотетико-дедуктивного методу Галілей відкрив закон вільного падіння тіл. Спочатку він, як і багато його попередників виходив з інтуїтивно більш очевидної гіпотези, що швидкість падіння пропорційна пройденому шляху. Однак слідства з цієї гіпотези суперечили емпіричним даним, і тому Галілей змушений був відмовитися від неї. Йому було потрібно близько трьох десятків років, щоб знайти гіпотезу, наслідки якої добре підтверджувалися на досвіді. Щоб прийти до вірної гіпотези, Кеплеру довелося проаналізувати дев'ятнадцять різних припущень про геометричну орбіту Марса. Спочатку він виходив з найпростішої гіпотези, згідно з якою ця орбіта має форму кола, але таке припущення не підтверджується даними астрономічних спостережень. В принципі такий загальний шлях відкриття закону вчений рідко відразу знаходить вірну ідею. Починаючи з найпростіших гіпотез, він постійно вносить в них корективи і знову перевіряє їх на досвіді. В науках, де можлива математична обробка результатів спостережень і експериментів, така перевірка здійснюється шляхом порівняння теоретично обчислених значень з фактичними результатами вимірювань. Саме таким шляхом Галілей зміг переконатися в правильності своєї гіпотези і остаточно сформулювати її у вигляді закону вільного падіння тіл. Цей закон, як і багато інших законів теоретичного природознавства, представлений в математичній формі, що значно полегшує його перевірку і робить легко зрозумілим зв'язок між величинами, який він висловлює. Тому ми скористаємося ним для того, щоб уточнити поняття закону, яке

принаймні використовується в найбільш розвинених галузях сучасного природознавства.

Як видно з формули

$$S_t = \frac{gt^2}{2} + v_0t + S_0 ,$$

закон вільного падіння математично виражається за допомогою функціональної залежності двох змінних величин: часу  $t$  і шляху  $S$ . Першу з цих величин ми приймаємо в якості незалежної змінної, або аргументу, другу - залежною змінною, або функцією.

У свою чергу ці змінні величини відображають реальну взаємозв'язок таких властивостей тіла, як шлях і час падіння. Вибравши відповідні одиниці виміру, ми можемо висловити ці фізичні властивості або величини за допомогою чисел. Таким шляхом виявляється можливим піддати математичному аналізу взаємозв'язок між самими різними за своєю конкретною природою фізичними або іншими властивостями реальних предметів і процесів. Усі труднощі при цьому будуть складатися не стільки в тому, щоб знайти підходящу математичну функцію для відображення залежності між властивостями, скільки в тому, щоб виявити такий зв'язок фактично. Інакше кажучи, завдання полягає в тому, щоб абстрагуватися від усіх несуттєвих факторів досліджуваного процесу і виділити властивості і чинники істотні, основні, що визначають хід процесу. Дійсно, інтуїтивно ми цілком можемо допустити, що відстань, пройдена тілом при падінні, залежить від його маси, швидкості, а може бути, навіть і температури. Однак фізичний досвід не підтверджує ці припущення.

Питання про те, які чинники впливають на хід процесу, а від яких можна абстрагуватися, представляє дуже складну проблему. Це вирішення пов'язано з висуненням гіпотез і їх подальшою перевіркою. Міркуючи абстрактно, можна допустити безліч гіпотез, в яких враховувався б вплив різних факторів на процес. Ясно, однак, що перевірити всі їх експериментально немає ніякої практичної можливості. Повертаючись до закону вільного падіння, ми бачимо, що рух тіла, яке падає, завжди відбувається однаковим шляхом і залежить перш за все від часу. Але у

формулі закону зустрічаються також початковий шлях, пройдений тілом  $S_0$ , і його початкова швидкість  $v_0$ , які представляють фіксовані величини, або параметри. Вони характеризують первинний стан руху будь-якого конкретного фізичного тіла. Якщо відомі ці початкові умови, то ми можемо точно описати поведінку тіла в будь-який момент часу, тобто в даному випадку знайти шлях, пройдений тілом, що падає, протягом будь-якого проміжку часу.

Можливість абстрагування законів руху з хаотичної множини навколишніх явищ, зауважує відомий американський фізик Е. Вігнер, ґрунтується на двох обставинах. По-перше, у багатьох випадках вдається виділити множину початкових умов, яке містить все те, що істотно для явищ, які цікавлять нас. У класичному прикладі тіла, що вільно падає, можна знехтувати багатьма умовами, крім початкового положення і початкової швидкості: його поведінка завжди буде однаковою, незалежно від ступеня освітленості, наявності поблизу від нього інших тіл, їх температури і т. Д. Не менш важливе значення має та обставина, що при одних і тих же істотних початкових умовах результат буде одним і тим же незалежно від того, де і коли ми їх реалізуємо. Інакше кажучи, абсолютне положення і час ніколи не є істотними початковими умовами. Це твердження, продовжує Вігнер, стало першим і, може бути, найбільш важливим принципом інваріантності у фізиці. Якби не було його, ми б не могли відкривати закони природи.

Існування стійких, постійних інваріантних відносин серед властивостей, ознак і характеристик предметів і явищ, які безупинно змінюються, є підставою для виділення або абстрагування законів. При цьому байдуже, чи йдеться про властивості окремо взятого предмета або різних предметів. Як самі предмети, так і їх властивості не залишаються однаковими, вони відчувають різні зміни, які в природних науках описуються за допомогою змінних величин. Як би не мінялися властивості і характеристики предметів і процесів, в їх зміні завжди можна виділити деякі стійкі, постійні відносини. Хоча відстань, пройдену падаючим тілом, безперервно змінюється з плином часу, ставлення шляху до квадрату часу залишається постійним.

Ця постійна величина є прискорення тіла, яке вільно падає. У більш загальному, другому законі Ньютона, прискорення змінюється пропорційно діючій силі:

$$F = ma,$$

де  $F$  - сила,  $m$  - маса,  $a$  - прискорення.

Однак і тут ставлення сили до прискорення

$$\frac{F}{a} = m$$

представляє величину постійну, яка чисельно дорівнює масі тіла.

Всі ці приклади показують, що там, де можливий кількісний вимір досліджуваних величин, поняття закону висловлює постійне, інваріантне відношення між змінними величинами, яке в свою чергу відображає існування постійних, стійких відносин між певними властивостями, ознаками і характеристиками реальних предметів і процесів.

Таке уточнення є конкретизацією загального поняття закону у ставленні до тих наук, закони яких можуть бути виражені на мові математики.

Звернемося тепер до аналізу логічної структури висловлювань, що виражають закони науки. Першою особливістю законів, яка найчастіше кидається в очі, є їх спільність, або універсальність, в будь-якому відношенні. Ця риса ясно видна при зіставленні законів з фактами. У той час як факти є поодинокими твердженнями про окремі речі та їх властивості, закони характеризують стійкі, повторювані, загальні відносини між речами та їх властивостями.

У найпростіших випадках закон представляє узагальнення емпірично спостережуваних фактів і тому може бути отриманий індуктивним шляхом. Але так воно є тільки з емпіричними законами. Більш складні, теоретичні закони виникають, як правило, з гіпотез. Тому найбільш очевидною умовою, щоб гіпотеза стала законом, є вимога, щоб ця гіпотеза була добре

підтверджена фактами. Однак добре підтверджена гіпотеза не обов'язково виражає закон. Вона може представляти і пророкування якого-небудь окремого явища або події і навіть якогось нового факту. Ось чому необхідно уважніше розглянути логічну форму тих висловлювань, які називають законами науки.

Перший критерій, який відноситься швидше до кількісної характеристики висловлювань, дає нам можливість відрізнити закони від фактів. Як ми вже відзначали, факти завжди виражаються за допомогою одиничних тверджень, закони ж формулюються за допомогою загальних висловлювань. В якому сенсі можна говорити про спільність, або універсальність, висловлювань? В науці виділяють, принаймні, три таких сенсу, коли говорять про висловлювання, що виражають її закони.

По-перше, спільність, або універсальність, може ставитися до понять або термінів, що зустрічаються у висловленні про закон. Таку спільність називають концептуальною або понятійною. Якщо всі поняття, що входять до формулювання закону, є загальними, або універсальними, то і сам закон вважається універсальним. Ця особливість властива найбільш загальним, універсальним і фундаментальним законам. До числа таких законів слід віднести в першу чергу закони матеріалістичної діалектики. Поряд з ними фундаментальними вважають і багато законів природи, такі, як закон всесвітнього тяжіння, збереження енергії, заряду і інші. У фундаментальних законах всі поняття є універсальними за обсягом, і тому в них не зустрічаються індивідуальні терміни і константи. Так, закон всесвітнього тяжіння встановлює існування гравітаційної взаємодії між будь-якими двома тілами у Всесвіті. Але багато законів природознавства мають форму частинних, або екзистенціальних, тверджень. Тому в них поряд з універсальними термінами зустрічаються також і терміни, що характеризують індивідуальні тіла, події або процеси. Наприклад, закони Кеплера, що описують рух планет Сонячної системи, не належать до фундаментальних, так як містять в своєму складі терміни, що позначають Сонце, планети і деякі частинні константи. Закони геофізики відображають процеси, які відбуваються на Землі. Закони біології відносяться тільки до живої матерії, а закони психології - до функціонування свідомості.

Ми не торкаємося тут статистичних законів, які почали грати все більш істотну роль в сучасній науці. Ці закони також не є фундаментальними, оскільки вони виражаються у формі екзистенціальних тверджень.

Всі наведені приклади досить ясно показують, що вимога концептуальної, або понятійної, універсальності не можна вважати ні необхідною, ні достатньою умовами закону. Дуже часто в законі разом з універсальними поняттями (термінами) зустрічаються також терміни частинного або навіть індивідуального характеру.

Строго універсальними і фундаментальними крім законів матеріалістичної діалектики є лише деякі закони фізики і хімії, в яких відображаються найбільш загальні властивості матерії. І все ж ознака спільності, універсальності в будь-якому відношенні представляє характерну рису всіх законів.

В іншому випадку не можна було б навіть говорити про закон як суттєвий, стійкий, повторюваний зв'язок властивостей і відносин реального світу. Ця спільність може виражатися по-різному, починаючи від законів, що мають строго універсальний або майже універсальний характер, і закінчуючи законами, що відносяться до досить вузької області явищ. Але якою б не була ця спільність, тенденція до універсалізації законів досить ясно простежується у філософській літературі і вона допомагає нам зрозуміти природу сучасної науки. У зв'язку з цим можна вважати цілком доцільним поділ законів на фундаментальні і похідні. Фундаментальні закони повинні задовольняти вимогу концептуальної універсальності: вони не повинні містити ніяких частинних, індивідуальних термінів і констант, бо інакше не зможуть служити в якості посилок для висновків.

Похідні закони можна вивести з фундаментальних разом з необхідною для цього додатковою інформацією, що містить характеристику параметрів системи або процесу. Так, наприклад, закони Кеплера можна логічно вивести з закону всесвітнього тяжіння і основних законів класичної механіки разом з необхідною для цього емпіричною інформацією про маси, відстані, періоди обертання планет і інших характеристик.

Другий сенс поняття універсальності законів стосується їх просторово-часової спільності. Часто закони називають

фундаментальними або універсальними також тому, що вони застосовуються до відповідних об'єктів або процесів, незалежно від часу і місця. У фізиці та хімії до таких законів відносять закони, які є універсальними щодо простору і часу. Як вперше підкреслив видатний англійський вчений Д.К. Максвелл, основні закони фізики нічого не говорять про індивідуальне положення в просторі і часі. Вони є абсолютно загальними щодо простору і часу.

Максвелл був твердо переконаний в тому, що сформульовані ним закони електромагнетизму в формі математичних рівнянь є універсальними у Всесвіті і тому виконуються і на Землі, і на інших планетах, і в космосі. На відміну від цього частинні закони застосовуються лише в певній області простору-часу. Ознака просторово-часової універсальності явно не підходить, наприклад, до законів геології, біології, психології та до багатьох інших, які дійсні не всюди в просторі і часі, а лише в тих чи інших обмежених областях.

У зв'язку з цим здається доцільним розрізнити закони універсальні в просторі і часі, регіональні та індивідуальні. До універсальних будуть відноситися закони фізики і хімії, що мають фундаментальний характер. До регіональних можна віднести багато законів біології, психології, соціології та інших наук. Такі закони виконуються лише в більш-менш обмежених областях (регіонах) простору-часу.

Нарешті, індивідуальні закони відображають функціонування і розвиток будь-якого фіксованого в просторі об'єкта з плином часу. Так, закони геології висловлюють істотні відносини процесів, що відбуваються на Землі. Навіть багато законів фізики і хімії, не кажучи вже про біологію, по суті справи, пов'язані з вивченням процесів, що відбуваються на Землі. І хоча сучасна наука розкрила чимало таємниць Всесвіту, все ж значною мірою, як вказує Ф. Енгельс, «вся наша офіційна фізика, хімія, біологія виключно геоцентричні, розраховані тільки для Землі».

Третій сенс поняття універсальності закону пов'язаний з можливістю квантифікації судження, що виражає закон. Мова йде про строго універсальні або фундаментальні закони, справедливі для всіх окремих випадків їх прояву, коли можна логічно виразити за допомогою висловлювань з універсальним

квантором. Всі похідні і регіональні закони, які дійсні лише для певного числа випадків, представляються у формі висловлювань з екзистенційним квантором, або квантором існування. При цьому для символічної логіки абсолютно байдуже, чи йдеться про один або декількох і навіть майже всіх випадків закону.

Екзистенційний квантор (квантор існування) постулює можливість, що існує, принаймні, один випадок, для якого виконується закон. (Квантор - логічний оператор, за допомогою якого висловлювання про окремий об'єкт перетворюється в висловлювання про сукупність (множину) таких об'єктів). Але такий абстрактний підхід неадекватно відображає стан справ в емпіричних науках, де висловлювання, справедливі для більшості або майже всіх випадків, часто розглядаються як справжні закони. Ми не говоримо вже про статистичні закони, які відносяться тільки до певного відсотку випадків. Що стосується самої логічної структури висловлювань, що виражають закони науки, то слідом за Б. Расселом багато фахівців з логіки та методології науки представляють її у вигляді загальної імплікації.

Інакше кажучи, будь-який закон науки з цієї точки зору можна розглядати як умовне висловлювання з квантором спільності. (Квантор спільності - загальна назва для логічних операцій, що обмежують область істинності будь-якого предиката, тобто властивості окремого предмета). Так, наприклад, закон теплового розширення тіл символічно можна представити так:

(X)  $(Ax \supset Bx)$ ,

де  $\supset$  - знак імплікації, (X) позначає універсальний квантор, x - змінну, що відноситься до будь-якого тіла, A - властивість «бути нагрітим» і B - властивість «розширюватися». Словесно: для будь-якого тіла x, якщо це x нагрівається, то воно розширюється. (Імплікація (від лат. Implicatio - сплетіння, від implicio - тісно пов'язую) - логічна зв'язка, відповідна граматичній конструкції «якщо ..., то ...», за допомогою якої з двох простих висловлювань утворюється складне висловлювання.)

Подання висловлювань, що виражають закони в формі умовного затвердження або, точніше, матеріальної імплікації, має

низку переваг. По-перше, умовна форма тверджень ясно показує, що на відміну від простого опису реалізація закону пов'язана з виконанням певних вимог. Якщо є відповідні умови, то закон реалізується.

По-друге, коли закон представлений у формі імплікації висловлювань, то в ньому абсолютно точно можна вказати необхідні і достатні умови реалізації закону. Так, для того щоб тіло розширилося, досить нагріти його. Таким чином, перша частина імплікації, або її антецедент  $Ax$  є достатньою умовою для реалізації її другої частини, або консеквента,  $Bx$ .

По-третє, умовна форма висловлювань, що виражають закони науки, підкреслює важливість конкретного аналізу необхідних і достатніх умов реалізації закону.

У той час як в формальних науках для встановлення правильності імплікації досить чисто логічних засобів і методів, в емпіричних науках для цього доводиться звертатися до дослідження конкретних фактів і ситуацій. Наприклад, висновок проте, що довжина металевого стрижня збільшується при його нагріванні, впливає не з принципів логіки, а з емпіричних фактів, що пояснюються відповідної теорією. Точне розмежування необхідних і достатніх умов здійснення закону спонукає дослідника шукати і аналізувати факти, які обґрунтовують ці умови.

Оскільки імплікація по суті справи представляє логічну формалізацію змістовних висловлювань, то з нею пов'язаний також ряд труднощів, які часто характеризують як парадокси імплікації. У змістовних міркуваннях посилки і висновок виведення однотипні за своєю природою, тому здаються дивними імплікації типу: «Якщо у лева є кігті, то сніг білий». Так само здається неприйнятним положення про те, що справжнє висловлювання може бути отримано з будь-якого іншого висловлювання: і істинного, і помилкового. Тим часом всі ці імплікації вважаються правильними в логіці. Вихід з цих труднощів багато дослідників шукає на шляхах модифікації існуючої форми імплікації. Інші вважають, що парадокси не можуть виникнути в емпіричних науках, оскільки тут практично не виводяться укладення з помилкових посилок. Незважаючи на ці труднощі, уявлення законів науки в формі імплікацій

символічної логіки дозволяє виявити ряд їх особливостей, які залишаються в тіні при інших способах їх вираження.

Можливість подання законів науки в формі імплікації висловлювань аж ніяк не означає того, що все імплікації висловлюють закони. Існує безліч універсальних умовних висловлювань, які можуть бути представлені як імплікації, проте не є законами. Труднощі проблеми полягає в тому, щоб знайти критерії, за допомогою яких можна було б відрізнити справжні закони від універсальних висловлювань випадкового типу.

В останні десятиліття з'явилася література, присвячена цій проблемі. Нельсон Гудмен вважає відмінною рисою законів науки те, що з них можуть бути виведені умовні контрафактичні висловлювання. Такі висловлювання описують не те, що фактично відбулося насправді, а те, що могло б статися, якби цьому не завадили деякі обставини. Так, наприклад, висловлювання: «Якби я не тримав камінь в руці, то він впав би на землю» - буде умовним контрафактичним. Ми віримо в нього тому, що воно спирається на закон вільного падіння тіл. Закон може бути виражений явно чи розумітися, але він завжди передбачається при обґрунтуванні умовних контрафактичних висловлювань.

На відміну від висловлювань, що виражають закони науки, з універсальних висловлювань випадкового характеру не можна вивести обґрунтовані умовні контрафактичні затвердження. Так, наприклад, з висловлювання: «Всі монети в моїй кишені - мідні» - зовсім не випливає твердження: «Якби ця монета лежала в моїй кишені, то вона була б мідною». Між речовиною монети і місцем її знаходження не існує необхідного зв'язку. Ось чому універсальні висловлювання, відмінні від законів, зазвичай характеризують як випадкові.

Характер реальних зв'язків і відносин, які відображаються в законах науки, в кінцевому підсумку обумовлює відміну законів від випадкових універсальних висловлювань.

Е. Нагель в монографії «Структура науки» зазначає, що висловлювання про закон містить в собі елемент необхідності. На прикладі ілюстрації закону: «Мідь при нагріванні розширюється», - він зауважує, що цей вислів називають законом природи не тільки тому, що ніколи не може існувати будь-якого

шматка нагрітої міді, який б не розширювався. Існування такого шматка «фізично неможливо»: нагрівання міді з «фізичної необхідністю» викликає його розширення.

Г. Мельберг, аналізуючи відміну універсальних висловлювань випадкового характеру від законів, у своїй книзі «Сфера науки» зауважує, що «першим не вистачає якості необхідності, тому вони часто асоціюються з науковими законами».

Виникає питання: про яку необхідність йде мова, коли говорять про закон? Нагель схиляється до думки, що розглянута необхідність повинна мати логічний характер, хоча і визнає, що ця точка зору «призводить до серйозних труднощів». Дійсно, в такому випадку заперечення закону повинно призводити до логічного протиріччя, чого насправді не відбувається. Найголовніше - подібний погляд робить зайвими емпіричні дослідження, бо якщо необхідність законів природи ототожнюється з логічною необхідністю, то для її встановлення досить чисто логічних засобів і методів. Все це показує, що необхідність властива законам природи і носить інший характер. Тому не випадково цілий ряд зарубіжних логіків зробив спробу проаналізувати її за допомогою понять і методів логіки модальностей, умовних контрафактичних висловлювань та номологічних (що мають відношення до загальних законів природи) тверджень. Про контрафактичні висловлювання ми вже говорили. У модальній логіці поряд з логічною необхідністю досліджуються інші типи необхідності, і, зокрема, каузальна необхідність, яку зазвичай пов'язують з законами науки. Номологічні твердження були введені в логіку науки Г. Рейхенбахом спеціально для характеристики висловлювань, що виражають закони природи.

Спробуємо в найзагальнішому вигляді оцінити ці нові підходи до проблеми визначення законів науки.

Р. Карнап у своїй останній книзі «Філософські підстави фізики» запропонував наступний спосіб для відмінності законів науки від універсальних висловлювань випадкового характеру.

По-перше, він ділить всі висловлювання на два класи:

1) твердження, що мають форму основного закону, або номічну форму, і

2) твердження, що не володіють такою формою. Різниця між ними може бути встановлена чисто логічними методами, виключно на основі аналізу форми тверджень. Щоб стати справжнім законом, висловлювання, крім номічної форми, має бути ще істинним. Тому Карнап визначає «основний закон природи як твердження, що має номічну форму і в той же час справжнє».

По-друге, він пропонує називати каузально істинним будь-яке твердження, яке представляє логічний наслідок класу всіх основних законів. Якщо це твердження є універсальним за формою, то воно буде законом, або основним, або похідним. З цієї точки зору, відмінність між похідними законами і універсальними висловлюваннями випадкового характеру буде зводитися до того, що перші представляють логічний наслідок основних законів, другі - ні.

Однак, як ми вже бачили, далеко не всі неосновні закони можуть бути виведені з основних. Головна ж проблема полягає в тому, щоб дати точне визначення основного закону виходячи тільки з аналізу його логічної форми. Сам Карнап змушений визнати, що ця проблема ще далека від вирішення. Тому підхід, зазначений їм, представляє в кращому випадку програму подальшого дослідження, яка не може бути успішною без урахування гносеологічної характеристики і методологічної функції закону.

Цікаву спробу формалізації висловлювань, що виражають закони науки, зробив Г. Рейхенбах. Він вважає, що звичайна, аналітична імплікація символічної логіки скоріше підходить для вираження відносин між структурними формами в математиці.

Така імплікація може бути встановлена без звернення до аналізу конкретного, емпіричного змісту її термінів. У фізиці, однак, доводиться звертатися до іншої форми імплікації, яка має місце «між пропозиціями, що мають специфічне (частинне) емпіричне значення, і встановлення якої в будь-якому окремому випадку пов'язане з досвідом». Так, закон теплового розширення не може бути отриманий з логічного аналізу значення термінів, що зустрічаються в цьому законі, таких, як «тіло», «температура», «розширення». Ця синтетична імплікація, на думку Рейхенбаха, може служити засобом для вираження законів

природи. Хоча її правильність і не має тавтологічного характеру і детермінується досвідом, проте вона є універсальною істинною.

Все імплікації, що виражають закони, Рейхенбах називає помологічними. Аналітичні помологічні імплікації, що представляють завжди істинні формули, або тавтології, висловлюють закони логіки. Вони є формалізацією логічного слідування. Фізичне ж слідування, на думку Рейхенбаха, формалізується за допомогою синтетичної номологічної імплікації. Саме у вигляді такої імплікації виражаються закони природи, будь то закони фізики, хімії або біології. Точка зору, що розвивається Рейхенбахом, цікава в тому відношенні, що вона ясно показує неадекватність традиційного уявлення законів науки в формі загальної імплікації символічної логіки.

Істотний недолік багатьох досліджень, присвячених проблемі закону, полягає в тому, що вони зосереджують всю увагу майже виключно на аналізі логічної структури висловлювань, що виражають закони. Тим часом для визначення закону і його ролі в науці не менш важливими є його гносеологічний аналіз і та методологічна функція, яку він здійснює в загальній системі наукового знання.

У методологічному відношенні найважливіша вимога, що пред'являється до гіпотези, щоб вона стала законом, полягає в можливості її віднесення до деякої теорії. Ця ознака дозволяє відрізнити узагальнення, які робляться в повсякденному пізнанні і навіть на емпіричній стадії дослідження, від справжніх законів науки. За своєю логічною формою емпіричні узагальнення представляють універсальні висловлювання, але їх надійність і пізнавальна цінність порівняно невеликі, бо вони залишаються відокремленими, ізольованими твердженнями.

Інша справа - закони науки. У розвинених науках закони об'єднуються в єдине ціле в рамках певної теорії, що представляє систему взаємопов'язаних принципів, законів і гіпотез. Завдяки логічному зв'язку між окремими компонентами теорії стає можливим виводити похідні закони з основних, а емпіричні - з теоретичних.

Важливість розглянутих вимог стане ясною, якщо врахувати, що включення добре підтвердженою гіпотези в рамки певної наукової теорії ще в більшій мірі підвищує її надійність. Якщо

гіпотеза увійде до складу теорії, тоді про її підтвердження, як ми вже відзначали, можна буде судити не тільки по фактам, які безпосередньо мають до неї відношення, а й фактам, які лише логічна пов'язані з гіпотезою.

Закони науки разом з іншими принципами, твердженнями і гіпотезами представляють певну систему, побудовану на основі деякої ієрархії, згідно з якою менш загальні по формі і логічно слабші за змістом закони виводяться з законів більш загальних і логічною більш сильних. На емпіричній стадії дослідження виявляються окремі узагальнення і відкриваються емпіричні закони. Однак процес дослідження на цьому, природно, не зупиняється.

Спочатку окремі ізольовані емпіричні закони намагаються вивести з теоретичних, а менш загальні - з більш загальних. Саме з цією метою і стає необхідним звернення до наукової теорії, в рамках якої, строго кажучи, і виявляється можливим здійснити логічну дедукцію одних законів з іншими разом з необхідною для цього додатковою інформацією.

## 5.2 Емпіричні та теоретичні закони

Класифікація наукових законів може проводитися за найрізноманітнішими ознаками або, як прийнято говорити в логіці, підставах розподілу. Найбільш природною здається класифікація за тими областям дійсності, до яких відносяться відповідні закони. У природознавстві такими галузями є окремі форми руху матерії або ряд пов'язаних між собою форм. Так, наприклад, механіка досліджує закони руху тіл під впливом сил, фізика - закономірності молекулярно-кінетичних, електромагнітних, внутрішньоатомних та інших процесів, які в сукупності і складають фізичну форму руху матерії. Біологія займається вивченням специфічних законів органічного життя. Біофізика досліджує закономірності фізичних процесів в живих організмах, а біохімія - хімічні особливості цих процесів. Соціальні або гуманітарні науки вивчають закономірності тих чи інших сторін або явищ розвитку суспільства.

Класифікація законів за формами руху матерії по суті справи збігається із загальною класифікацією наук. І хоча вона досить

істотна як відправний пункт аналізу, але потребує доповнення класифікаціями, що виділяють ті чи інші гносеологічні, методологічні та логічні особливості та ознаки наукових законів.

З інших класифікацій найбільш важливими нам представляються класифікації за рівнем абстрактності понять, які використовуються в законах, і за типом самих законів.

Перша з них полягає в розподілі законів на емпіричні та теоретичні. Емпіричними законами прийнято називати закони, які підтверджуються спостереженнями або спеціально поставленими експериментами.

Більшість наших повсякденних спостережень призводить нас до індуктивних узагальнень, які багато в чому аналогічні емпіричним законам науки. Так само як і останні, ці узагальнення відносяться до таких властивостей, які можна сприймати за допомогою органів почуттів. Однак емпіричні закони науки є набагато більш надійними, ніж прості узагальнення повсякденного досвіду. Це пояснюється тим, що закони найчастіше встановлюються за допомогою експериментів і з використанням спеціальної вимірювальної техніки, завдяки чому забезпечується значно більша точність при їх формулюванні. На розвинутій стадії науки окремі емпіричні закони зв'язуються в єдину систему в рамках теорії, а найважливіше - вони можуть бути логічно виведені з більш загальних теоретичних законів.

З теоретико-пізнавальної точки зору є, однак, одна загальна ознака, яка притаманна як емпіричним законам, так і індуктивним узагальненням повсякденного досвіду, бо і ті й інші мають справу з чуттєво пізнаваними властивостями предметів і явищ. Ось чому в немарксистській літературі емпіричні закони часто називають законами про спостережувані об'єкти.

При цьому термін «спостережуваний» розглядається в досить широкому обсязі. До спостережуваних об'єктів відносять не тільки ті предмети і їх властивості, які сприймаються безпосередньо за допомогою органів почуттів, а й опосередковано - за допомогою різних приладів та інструментів. Так, зірки, які спостерігаються в телескоп, або клітини, які вивчаються за допомогою мікроскопа, вважаються такими, що спостерігаються, в той час як молекули, атоми і «елементарні»

частинки відносять до об'єктів неспостережуваних: про їхнє існування ми узнаємо за непрямими свідченнями.

На думку Р. Карнапа емпіричні закони «являють собою закони, які містять або безпосередньо спостережувані терміни, або вимірювані порівняно простою технікою». Іншими словами, поняття або терміни, що зустрічаються в цих законах, відносяться до таких властивостей і відносин, які можуть бути встановлені на стадії емпіричного дослідження. Такі дослідження передбачають не тільки систематичні спостереження, а й вимірювання і спеціально поставлені експерименти.

Дослідник багаторазово спостерігає певну повторюваність, регулярність в природі, встановлює залежність між деякими властивостями предметів і явищ, ставить експерименти і проводить вимірювання і таким шляхом приходять до відкриття емпіричного закону. Подібним чином були знайдені, наприклад, відомі з фізики закони Бойля - Маріотта, ГейЛюссака і Шарля, які встановлюють залежність між тиском, об'ємом і температурою газів. Правда, вже тут доводиться звертатися до гіпотези і абстракції, щоб відокремити істотні фактори від несуттєвих і вводити необхідні спрощення та ідеалізації. Але у всіх цих законах йдеться про фактори, які дійсно спостерігаються в вимірюваних властивостях газів. Найголовніше ж полягає в тому, що всі ці закони встановлюють лише функціональний зв'язок між властивостями, але не пояснюють, чому вона існує. Так, закон Бойля-Маріотта визначає, що тиск газу обернено пропорційний його обсягу, але не пояснює природу цієї залежності. Щоб зрозуміти її і, отже, пояснити емпіричні закони, ми змушені звернутися до теоретичних законів, які в немарксистській літературі часто називають законами про неспостережуваних об'єктах. Так, для пояснення вищезазначених законів про гази ми звертаємося до принципів і законів молекулярно-кінетичної теорії, які спираються на уявлення про існування та рух таких дрібних частинок речовини, як молекули. Особливостями руху молекул при різних станах в кінцевому підсумку і пояснюють емпіричні закони про гази. Наприклад, зворотна пропорційність між обсягом і тиском газу пояснюється тим, що при зменшенні обсягу зростає інтенсивність удару молекул об стінки посудини, в якій знаходиться газ. Сила-силена таких мікроефектів

видимим чином проявляється як збільшення тиску газу на стінки посудини.

Нерідко в літературі з методології науки суттєву відмінність емпіричних законів від теоретичних зводять до відмінності між об'єктами, які можна спостерігати, і неспостережними, такими як молекули, атоми і т.і.. Такий погляд має певні підстави, зокрема у фізиці, де при характеристиці теоретичних законів звертаються до термінів, які відносяться до неспостережуваних об'єктів. Але фактично всі теоретичні поняття - чи йде мова про поняття математики, природознавства або соціальних наук - відображають неспостережувані в реальній дійсності об'єкти. Насправді, ні поняття прямої в геометрії, ні математичного маятника в механіці, ні сили струму в фізиці, ні поняття вартості в політичній економії не можна споглядати чуттєво. У кращому випадку ми можемо спостерігати деякі прояви властивостей, що фіксуються в зазначених поняттях. Так, про силу струму ми судимо за показаннями амперметра, вартість товарів виявляється при обміні і т.і. Все це свідчить про те, що відмінність теоретичних законів від емпіричних проявляється насамперед у характері тих методів, які використовуються для їх відкриття.

Емпіричні закони, як показує сама їх назва, виявляються на дослідній, емпіричній стадії дослідження. З цією метою поряд з наглядом і експериментом звертаються, звичайно, і до теоретичних методів, таким, як індукція і ймовірність, разом з відповідною математичною технікою.

Теоретичні закони ніколи не можуть бути відкриті за допомогою індуктивного узагальнення окремих фактів і навіть існуючих емпіричних законів. Причина цього полягає в тому, що вони мають справу не властивостями речей і явищ, які сприймаються чуттєво, а з глибокими внутрішніми механізмами процесів. Тут ми повинні ввести уточнення в попереднє формулювання, де різниця між теоретичними і емпіричними законами зводилася до різниці методів, використовуваних для відкриття законів. Фактично, при більш глибокому аналізі виявляється, що саме ця відмінність має свої об'єктивні підстави в ступені проникнення в сутність досліджуваних процесів. Тому співвідношення між теоретичними і емпіричними законами можна розглядати як вираження відносин між сутністю і явищем.

Теоретичні закони проявляються через емпіричні, з їх допомогою вони отримують своє підтвердження і емпіричне обґрунтування. У свою чергу емпіричні закони можуть бути пояснені і зрозумілі тільки на основі теоретичних. Таке пояснення дуже часто зводиться до логічної дедукції емпіричного закону з теоретичного разом з необхідною для цього додатковою інформацією. Все це дає нам підставу стверджувати, що теоретичний закон по відношенню до емпіричного виступає як сутність до явища. Таке ж ставлення існує і між емпіричним законом і тими фактами, які він систематизує і пояснює.

Виникає питання: в якому зв'язку знаходяться суті, висловлені за допомогою емпіричного і теоретичного законів? Характеристика закону як відображення «істотного в русі універсуму» допоможе нам розібратися в цьому зв'язку, а також в гносеологічних відмінностях емпіричних законів від теоретичних.

По відношенню до окремих, конкретних, частинних фактах і емпіричні, і теоретичні закони виступають як сутності явищ. Однак сутність, що виражається в теоретичному законі, має більш глибокий характер, бо по відношенню до частинних фактах вона представляє сутність другого порядку, в той час як емпіричні закони виступають для них сутністю першого порядку.

Оскільки теоретичний закон по відношенню до емпіричного виступає, як сутність до явища, то його відкриття не може бути досягнуто на емпіричній стадії дослідження. Яку б кількість емпіричної інформації ми не мали, в тому числі і інформації, сконденсованої в емпіричних законах, безпосередньо з їх допомогою ми не можемо відкрити теоретичний закон. Для цього необхідний стрибок від емпірії до теорії. Вчений будує здогади, робить припущення, висуває гіпотези і ретельно перевіряє їх на досвіді, поки не прийде до встановлення закону.

Не існує ніякого чисто логічного шляху від фактів до закону. І це цілком зрозуміло, бо «якби форма прояву і сутність речей безпосередньо збігалися, то всяка наука була б зайвою ...». Але без емпіричної інформації неможливо було б перевірити як емпіричні, так і теоретичні закони.

Зв'язок емпіричних законів з фактами досить ясна: по суті справи ці закони систематизують і пояснюють факти. Подібним

же чином теоретичні закони пов'язують в єдине ціле емпіричні закони і пояснюють їх. Таке пояснення приймає форму виведення емпіричних законів з теоретичних. Звичайно, безпосередньо вивести емпіричний закон з теоретичного неможливо, так як емпіричні поняття, або терміни, невідомі при формулюванні теоретичних законів, бо останні мають справу з неспостережуваними, абстрактними об'єктами, властивостями і величинами. Емпіричні ж закони виражають зв'язки між конкретними предметами, що спостерігаються, властивостями і величинами. З цієї ж причини теоретичні поняття, або терміни, в принципі не можуть бути визначені або зведені до емпіричних. Ось чому виявилися марними зусилля позитивістів Віденського гуртка перебудувати всю науку за допомогою редукції всіх теоретичних понять і законів до емпіричних термінів і законів.

В якому ж сенсі ми можемо тоді говорити про виведення емпіричних законів з теоретичних? Для такого висновку необхідно перш за все встановити зв'язок між теоретичними і емпіричними термінами. Оскільки теоретичний термін не можна визначити за допомогою емпіричного, то мова може йти тільки про встановлення певної відповідності між ними.

Тим часом в літературі з методології та логіки науки нерідко можна зустріти твердження про можливість операційного визначення теоретичних понять (П. Бриджмен) або встановлення «співвідносних визначень» (Г. Рейхенбах). Насправді ж ні про яке визначення теоретичних понять за допомогою емпіричних говорити тут не доводиться. Мабуть, найкраще зв'язок між теоретичними і емпіричними термінами може бути пояснений за допомогою уявлень про словник і інтерпретації. Справді, коли ми тлумачимо середньокінетичну енергію молекул газу як його температуру, то по суті справи переводимо або інтерпретуємо емпірично неспостережний термін - кінетичну енергію молекул - за допомогою емпіричного терміну - температури. Температуру тіла можна не тільки сприймати на дотик, але і точно виміряти. А це має важливе значення для визначення тих параметрів, які зустрічаються в рівняннях, що зв'язують між собою величини, які стосуються неспостережуваних об'єктів. У протилежному випадку ми не мали б ніякої можливості перевірити теоретичні закони.

Співвідношення між теоретичними і емпіричними законами багато в чому аналогічні відношенню між абстрактними геометричними системами і інтерпретованими, або конкретними геометріями. Вивчаючи геометрію Евкліда в школі, ми зазвичай пов'язуємо з такими її основними поняттями, як «точка», «пряма» і «площина», певні просторові уявлення. Так, точку можна представляти у вигляді крихітного плямочки на папері, пряму лінію - як шлях променя світла в порожнечі або ж тонку натягнуту нитку, площина - як ідеально рівну поверхню. Всі ці образи представляють лише інтерпретації основних понять геометрії, але аж ніяк не їх визначення. З таким самим успіхом ми могли б обрати в якості таких інтерпретацій об'єкти зовсім іншого роду: наприклад, точку визначити за допомогою трьох дійсних чисел, пряму - за допомогою лінійного рівняння і т.і. Важливо, щоб властивості розглянутих об'єктів задовольняли відповідним аксіомам геометрії. Ось чому в абстрактній геометрії хоча і користуються термінами «точка», «пряма» і «площина», але не пов'язують з ними будь-яких конкретних образів, а тим більше не визначають основні геометричні поняття за допомогою цих образів.

Аналогічне становище існує і в найбільш розвинених галузях природознавства. Тут також теоретичні терміни зв'язуються з емпіричними, з тією, однак, суттєвою різницею, що для інтерпретації теоретичних термінів ми повинні мати у своєму розпорядженні знання про конкретний механізм зв'язку між неспостережуваними об'єктами теорії. Дійсно, для того щоб встановити відповідність між середньою кінетичною енергією молекул газу і його температурою, ми повинні допустити існування найдрібніших частинок газу - молекул і додатково до цього керуватися певними гіпотезами про характер руху цих частинок.

Звичайно, на перших порах теоретичні моделі виявляються досить наближеними. Так, наприклад, молекули спочатку уподібнювали бильярдним кулькам, а закони їх зіткнення зводили до механічних законів удару ідеально пружних тіл. Поступово, у міру того як виявлялася невідповідність між передбаченнями теорії і результатами досвіду, вносилися уточнення і виправлення

в теоретичні уявлення і таким чином досягався кращий опис та пояснення відповідних явищ.

Розвиток природознавства з усією переконливістю свідчить про те, що перехід від численних емпіричних узагальнень і законів до порівняно невеликого числа фундаментальних теоретичних законів і принципів сприяє більш поглибленому і адекватному розумінню сутності досліджуваних явищ. Одночасно з цим відбувається також концентрація інформації про ці явища. Замість багатьох десятків і навіть сотень різних узагальнень і емпіричних законів наука відкриває кілька теоретичних законів фундаментального характеру, за допомогою яких виявляється можливим пояснити не тільки сотні емпіричних законів, а й величезна кількість найрізноманітніших фактів, які на перший погляд здаються зовсім не пов'язаними один з одним. Так, наприклад, коли Ньютону за допомогою законів руху і гравітації вдалося зв'язати воедино рух земних і небесних тіл, то тим самим було покінчено з колишніми уявленнями про поділ світу на «земний» і «небесний», що підкоряються нібито зовсім різними законами.

Пошуки фундаментальних теоретичних законів характеризують прагнення до пізнання взаємозв'язку і єдності матеріального світу. Найголовніша складність, з якою тут зустрічаються вчені, полягає в тому, щоб знайти такі загальні принципи, з яких за допомогою деяких правил відповідності можна вивести логічної емпірично закони. Цій меті значною мірою були присвячені зусилля А. Ейнштейна в останні десятиліття його життя. Прагнення встановити зв'язок між електромагнетизмом і гравітацією привело його до ідеї створення єдиної теорії поля. Однак до цього часу основним недоліком цієї теорії продовжує залишатися те, що з її допомогою не вдалося вивести будь-які закони, котрі можна було перевірити емпірично. Такі ж недоліки притаманні спробам створення єдиної теорії матерії, вжитим В. Гейзенбергом в останні роки. Однак ці невдачі не бентежать дослідників, бо вони усвідомлюють надзвичайну складність самої проблеми.

### 5.3 Динамічні і статистичні закони

Якщо основою дихотомічного поділу законів на теоретичні та емпіричні є їх різне ставлення до досвіду, то інша важлива їх класифікація ґрунтується на характері тих передбачень, які випливають із законів. У законах першого типу передбачення носять точно визначений, однозначний характер.

Так, якщо заданий закон руху тіла і відомі його положення і швидкість в певний момент часу, то за цими даними можна точно визначити положення і швидкість тіла в будь-який інший момент часу. Закони такого типу в нашій літературі називають динамічними. У зарубіжній літературі їх найчастіше називають детермінованими законами, хоча таку назву, як ми побачимо нижче, викликає серйозні заперечення.

У законах другого типу, які отримали назву статистичних, передбачення можуть бути зроблені лише імовірнісним чином. В таких законах досліджувана властивість, ознака або характеристика відносяться не до кожного об'єкта або індивідууму, а до всього класу, або популяції в цілому. Так, коли говорять, що в даній партії продукції 90% виробів відповідає вимогам стандартів, то це зовсім не означає, що кожен виріб має 90% якість. Сам вираз у відсотках показує, що мова тут йде лише про деякі частини або пропорції із загального числа виробів, які відповідають стандарту. По окремому ж виробу без додаткового дослідження ми не можемо заздалегідь сказати, є він якісним чи ні. Цей елементарний приклад досить ясно ілюструє основну особливість всіх статистичних законів, передбачення яких щодо окремих індивідуумів або випадків мають невизначений характер. Саме ця невизначеність і змушує дослідника вводити імовірнісні поняття і методи для визначення і оцінки результату індивідуальних подій масового випадкового типу.

Класична концепція ймовірності, що знайшла найбільш повне вираження в працях П.С. Лапласа, дає можливість оцінювати результати найпростіших масових подій випадкового характеру. У цій концепції ймовірність інтерпретується як «відношення числа сприятливих випадків до числа всіх можливих випадків».

При цьому, звичайно, передбачається, що різні випадки є рівно можливими. Однак така інтерпретація має досить обмежену сферу застосування.

Дійсно, рівно можливих подій, про які йдеться в наведеному вище визначенні ймовірності, може просто не бути. Азартні ігри, які історично з'явилися першою моделлю для застосування і розробки класичної концепції ймовірності, спеціально організовані таким чином, що їх результати є однаково можливими, або симетричними.

Якщо, наприклад, гральна кістка виготовлена досить ретельно, то при її киданні випадання будь-якого числа очок від 1 до 6 є однаково можливим. Оскільки в даному прикладі є шість рівно можливих випадків, то сприятливим буде якийсь один випадок, його ймовірність буде дорівнює  $1/6$ . За такою ж схемою підраховується ймовірність подій, які можна звести до рівно можливих. Іноді це не вдається зробити навіть в порівняно простих прикладах.

Так, якщо ту ж гральну кістку виготовити з дефектами, тоді випадання кожної грані не буде рівно можливим.

Ще більш суперечать класичній концепції приклади, взяті з фізичної, біологічної та соціальної статистики. Припустимо, що ймовірність того, що дана речовина з радіоактивного матеріалу буде випускати  $\alpha$ -частинку, дорівнює  $0,0374$ . Ясно, що цей результат ніяк не можна уявити за схемою рівно можливих подій. Тоді нам довелося б допустити 10 000 рівно можливих випадків, з них тільки 374 вважалися б придатними. Насправді ж тут є лише дві можливості: або в наступну секунду речовина випустить частку, або ні. Щоб подолати подібні труднощі, захисники класичної концепції широко використовували так званий принцип недостатньої підстави, або однакового розподілу незнання. Згідно з цим принципом, дві події вважаються рівно ймовірними, якщо у нас немає підстави для припущення, що одне з них здійсниться швидше, ніж інше. Оскільки ж в якості підстави часто тут виступало стан знань суб'єкта, що пізнає, то саме поняття ймовірності позбавлялося свого об'єктивного значення.

Частотна, статистична або, як її іноді називають, емпірична концепція ймовірності виходить не з наперед заданої, жорсткої

схеми рівно можливих подій, а з дійсної оцінки частоти появи тієї чи іншої події при досить великій кількості випробувань. В якості вихідного поняття тут виступає відносна частота появи тієї чи іншої ознаки, властивості, якості, які прийнято називати подіями в деякій множині або просторі подій. Оскільки відносна частота визначається за допомогою деякої емпіричної процедури, то розглянуту ймовірність іноді називають ще емпіричною. Це не означає, що саме теоретичне поняття ймовірності в її статистичній або частотній інтерпретації можна визначити безпосередньо дослідним шляхом.

Як ми вже відзначали в попередньому розділі, ніякого операційного визначення для статистичної ймовірності дати не можна, бо крім емпіричної процедури при її визначенні ми звертаємося до теоретичних припущень. Справді, здійснивши ті чи інші спостереження або експерименти, ми можемо точно підрахувати, скільки разів подія, що нас цікавить, зустрічається в загальній кількості всіх випробувань. Це відношення і буде представляти відносну частоту даної події:

$$P_{\text{част}} = \frac{m}{n},$$

де  $m$  означає число появ даної події, а  $n$  - число всіх випробувань. Хоча зазначене відношення може приймати самі різні чисельні значення, проте, як показує практика, для вельми широкого класу випадкових масових подій воно коливається навколо деякого постійного значення, якщо число спостережень або експериментів буде досить велике.

Таким чином, тенденція до стійкості частот великого класу масових випадкових явищ, виявлена на практиці, представляє об'єктивну закономірність цих явищ. Абстрактне поняття ймовірності як міри можливості настання події відображає перш за все цей факт приблизної рівності відносної частоти ймовірності при досить великій кількості випробувань. Такий підхід до ймовірності захищається більшістю сучасних фахівців за статистикою.

Він знайшов своє вираження і в широко відомому курсі «Математичні методи статистики» Г. Крамера. «Кожного разу, -

пише він, - коли ми говоримо, що ймовірність події  $E$  в експерименті ( $\sim$  дорівнює  $P$ , точний зміст цього твердження полягає просто в наступному: практично без сумніву, що частота події  $E$  в довгому ряду повторень експерименту  $\mathcal{L}$  буде приблизно рівною  $P$  . Це твердження буде називатися також частотною інтерпретацією ймовірності ».

Частотний підхід до ймовірності дає можливість краще зрозуміти специфічні особливості статистичних закономірностей. Оскільки будь-який розподіл усіх твердження в статистичній інтерпретації відноситься не до окремої події, а до цілого класу однорідних або подібних подій, остільки і пояснення і передбачення, отримані за допомогою статистичних законів, не мають такого строго однозначного характеру, який притаманний динамічним законам. Надзвичайно важливо також відзначити, що, в той час як в динамічній закономірності необхідність виступає як би в чистому вигляді, в статистичній закономірності вона прокладає собі дорогу через масу випадковостей. У сукупній дії численних випадковостей виявляється певна закономірність, яка і відображається статистичним законом.

Як уже зазначалося, статистичні закономірності з чисто формальної точки зору відрізняються від закономірностей динамічного типу тим, що не визначають значення досліджуваної величини достовірним чином, а вказують лише її імовірнісний розподіл. Динамічний закон по своїй математичній формі може бути представлений функціональним зв'язком типу:

$$Y = \Phi (x_1, x_2, \dots x_n).$$

Якщо задані значення аргументів, то значення шуканої функції визначається цілком однозначно. Статистичні ж закони характеризують не поведінку окремих об'єктів, а скоріше співвідношення і залежності, які виникають внаслідок сукупної дії цілого ансамблю таких об'єктів. Тому вони і висловлюють значення відповідних величин імовірнісним чином.

Грубо кажучи, статистика завжди дає нам якісь середні величини, які безпосередньо не можна приписати жодному індивідуальному об'єкту.

Імовірнісний характер пророкувань статистичних законів довгий час заважав тому, щоб вважати ці закони справді науковими законами. Дійсно, на перший погляд може скластися

враження, що статистичні закони є тимчасовим засобом дослідження, яке вводиться лише з метою зручності. І для такої точки зору існують навіть певні підстави. Так, наприклад, численні результати, одержані за допомогою переписів, дають можливість в компактній і зручній формі оглянути величезну інформацію, що відноситься до тисяч і мільйонам людей. Однак в принципі цю інформацію можна було б висловити і в нестатистичній формі. Статистика тут вводиться не тому, що інакше ми не можемо описати індивідууми, а саме в силу зручності.

Складніше йде справа з об'єктами, що вивчаються фізикою і хімією. Описати поведінку кожної молекули надзвичайно важко, якщо не неможливо, але фізики минулого століття вважали, що таке опис в принципі можливий. Вони вважали, що природа не ставить ніяких кордонів ні для точності опису, ні для спостереження і вимірювання. І хоча в XIX столітті в фізиці було відкрито чимало статистичних законів, тим не менш, вчені того часу вважали їх тимчасовим засобом дослідження. Вони сподівалися, що такі закони з часом будуть замінені більш точними динамічними законами.

Відкриття в області мікросвіту і виникнення квантової механіки в корені підірвали подібний механістичний погляд на світ. Істотну роль грає тут принцип невизначеності В. Гейзенберга, згідно з яким неможливо одночасно точно визначити значення двох пов'язаних величин квантово-механічного об'єкта, наприклад координати і імпульсу мікрочастинки.

Нова фізика явно свідчила, що статистичні закони притаманні самому об'єктивному світу. Ці закони виникають в результаті взаємодії великої сукупності об'єктів, будь то об'єкти атомного масштабу, біологічні чи соціальні популяції.

У зв'язку з широким застосуванням статистичних методів дослідження і визнанням самостійності законів імовірнісного типу істотно змінюється загальний погляд на науку, її принципи та ідеали. У найбільш яскравій формі це можна простежити на прикладі такого фундаментального принципу науки, яким є принцип детермінізму. Для прихильників механістичного детермінізму Всесвіт уявлявся у вигляді величезної механічної

системи, кожний наступний стан якої однозначно визначається її попереднім станом. Зазвичай для характеристики цієї позиції наводять відомі слова Лапласа з його роботи «Досвід філософії теорії ймовірностей»: «... ми повинні розглядати даний стан Всесвіту як наслідок її попереднього стану і як причину подальшого». Така концепція детермінізму є прямим наслідком механістичного світогляду, тобто світогляду, що переносить ідеї і методи класичної механіки Ньютона з її стрими динамічними законами на всі процеси і явища світу. Тому детермінованість в цій концепції виступає перш за все як передбачуваність на основі законів динамічного типу, якими є, зокрема, закони класичної механіки. «Розум, - продовжує Лаплас, - якому були б відомі для будь-якого даного моменту всі сили, що одушевляють природу, і відносне положення всіх її складових частин, якби ж він виявився достатньо великим, щоб підпорядкувати ці дані аналізу, обійняв би в одній формулі руху найбільших тіл Всесвіту нарівні з рухами найлегших атомів: не залишилося б нічого, що було б для нього недостовірно, і майбутнє, так само як і минуле, постало б перед його поглядом».

Лаплас ясно усвідомлював, що подібна ситуація є ідеалізацією, тому він і пропонував використовувати математичний апарат теорії ймовірностей для оцінки часткових причин в складних ситуаціях. Однак, мабуть, він вважав, що ймовірність відображає лише ступінь нашого знання, а не об'єктивну характеристику самих реальних явищ.

Ймовірнісний характер багатьох законів сучасної фізики не гарантує однозначності і достовірності прогнозів. Але випадковість тут розглядається не сама по собі, а у зв'язку з необхідністю. За сукупною дією різних факторів випадкового характеру, які неможливо практично всі охопити, статистичні закони розкривають необхідність яка прокладає собі дорогу через ряд випадковостей. Таким чином, і тут з повною підставою можна говорити про детермінізм, тобто такий обумовленості або визначеності явищ, при якій вони можуть бути передбачені лише з тим або іншим ступенем ймовірності. Таке розширене поняття детермінізму в якості особливого випадку буде включати детермінізм лапласівського типу, якщо значення ймовірності

буде дорівнювати одиниці, тобто якщо вона перетвориться в достовірність.

Критикуючи механістичний детермінізм, Ф. Енгельс вказував, що випадкове не може бути байдужим для науки. У той же час він підкреслював, що вивчити всю мережу каузальних відносин, навіть у випадку, скажімо, з числом горошин в стручку, наука абсолютно не в змозі. «Більш того: така наука, яка взялася б простежити випадок з цим окремим стручком в його каузальному зчепленні з усе більш віддаленими причинами, була б вже не наукою, а простою грою». Саме тому завдання науки і полягає в тому, щоб розкрити закони, які управляють випадком і фіксують необхідність. Концепція ж механістичного детермінізму, відзначав Енгельс, зводить цю необхідність до ролі випадковості.

І детермінізм, і причинність істотним чином пов'язані з категоріями необхідності і закону. На цій підставі Р. Карнап у своїй останній книзі закликає замінити всю дискусію про значення поняття причинності дослідженнями різних типів законів, які зустрічаються в науці. Аналіз математичної форми різних типів причинної залежності, безсумнівно, відіграє важливу роль при дослідженні причинності. Але обмежитися цим - означало ігнорувати особливу специфіку причинності і збіднити наш аналіз дійсності.

Для встановлення причинної залежності явищ доводиться значно абстрагуватися від факторів, які ускладнюють аналіз. «Щоб зрозуміти окремі явища, - вказує Енгельс, - ми повинні вирвати їх з загального зв'язку і розглядати їх ізольовано, а в такому випадку змінюється рух факторів, що виступають перед нами, - в одне як причина, інше як наслідок». Таку ідеалізацію найлегше здійснити в механіці і класичній фізиці, які мають справу з точно заданими силами і законами руху тіл під впливом цих сил. У складних ситуаціях не тільки науки, а й повсякденному житті найчастіше доводиться зустрічатися з безліччю причин. Саме тому тут нерідко обмежуються виявленням часткових причин. Теорія ймовірностей, як вказував ще Лаплас, у багатьох випадках допомагає виявити і оцінити ці часткові причини. У таких випадках, скоріше за все, замість каузального аналізу використовується детерміністичний аналіз.

Принцип детермінізму з цієї точки зору висловлює можливість передбачення деяких подій, явищ, поведінки тіл в найрізноманітніших ситуаціях.

Коли наступ події може бути передбачений з достовірністю, тоді для аналізу таких подій цілком підходить класична схема детермінізму. Іншими словами, пояснення і передбачення явищ в цих випадках ґрунтується на законах динамічного типу. Самі ці закони хоча і виявляють деякі суттєві зв'язку, тим паче найчастіше роблять реальну дійсність занадто грубою. Однак таке огрубіння і схематизація не завжди можливі. У всякому разі, там, де доводиться зустрічатися з дією багаторазово повторюваних випадкових факторів, подій і явищ, дослідження часто виявляє деяку стійку закономірність, відкриття якої згодом дає можливість робити імовірнісні передбачення щодо появи тих чи інших випадкових подій.

Імовірнісний характер статистичних законів свідчить, таким чином, не про катастрофу детермінізму взагалі, а про обмеженість старих уявлень про детермінізм, в основі яких лежить переконання в тому, що світ керується виключно законами динамічного типу.

#### **5.4 Роль законів у науковому поясненні і передбаченні**

Пояснення явищ навколишньої природи і соціального життя становить одне з основних завдань природознавства і суспільних наук. Задовго до виникнення науки люди намагалися, так чи інакше, пояснити навколишній світ, а також власні психічні особливості і переживання. Однак такі пояснення, як правило, виявлялися незадовільними, бо часто ґрунтувалися або на одушевленні сил природи, або на вірі в надприродні сили, бога, долю і т.і. Тому вони, в кращому випадку, могли задовольнити психологічну потребу людини в пошуках якої-небудь відповіді на питання, що мучили її, але аж ніяк не давали справжнього уявлення про світ.

Реальні пояснення, які можна назвати справді науковими, з'явилися разом з виникненням самої науки. І це цілком зрозуміло, тому що наукові пояснення спираються на точно

сформульовані закони, поняття і теорії, які відсутні в повсякденному пізнанні. Тому адекватність і глибина пояснення навколишніх явищ і подій багато в чому залежить від ступеня проникнення науки в об'єктивні закономірності, що управляють цими явищами і подіями.

У свою чергу самі закони можуть бути по-справжньому зрозуміти лише в рамках відповідної наукової теорії, хоча вони і служать тим концептуальним ядром, навколо якого будується теорія.

Не можна, звичайно, заперечувати можливості і корисності пояснення деяких найпростіших явищ на основі емпіричного узагальнення спостережуваних фактів. Такі пояснення також відносяться до числа реальних, але ними обмежуються лише в повсякденному, стихійно-емпіричному пізнанні, в міркуваннях, заснованих на так званому здоровому глузді. У науці ж не тільки прості узагальнення, а й емпіричні закони прагнуть пояснити за допомогою більш глибоких теоретичних законів.

Хоча реальні пояснення можуть бути дуже різними за своєю глибиною або силою, проте, всі вони повинні відповідати двом найважливішим вимогам.

По-перше, будь-яке реальне пояснення повинно будуватися з таким чином, щоб його доводи, аргументація і специфічні характеристики мали безпосереднє відношення до тих предметів, явищ і подій, які вони пояснюють. Виконання цієї вимоги являє необхідну передумову для того, щоб вважати пояснення адекватним, але однієї цієї умови недостатньо для правильності пояснення.

По-друге, будь-яке пояснення повинно допускати принципову перевірку. Ця вимога має надзвичайно важливе значення в природознавстві і дослідницьких науках, так як дає можливість відокремлювати справді наукові пояснення від всякого роду чисто спекулятивних і натурфілософських побудов, які також претендують на пояснення реальних явищ. Принципова перевірка пояснення зовсім не виключає використання в якості аргументів таких теоретичних принципів, постулатів і законів, які не можна перевірити безпосередньо емпірично. Необхідно тільки, щоб пояснення давало можливість виведення деяких наслідків, які допускають дослідну перевірку.

### 5.4.1 Загальна структура наукового пояснення

За своєю логічною структурою пояснення представляє собою міркування або умовивід, посилки якого містять інформацію, необхідну для обґрунтування результату або укладення такого міркування.

У сучасній літературі з теорії пояснення всі посилки умовиводу, що ставить собі за мету пояснення, найчастіше позначають терміном «експлананс» (від лат. Explanans - пояснює), а результат умовиводу - терміном «експланандум» (від лат. Explanandum - те, що належить пояснити).

Характер пояснення залежить, таким чином, по-перше, від того виду логічного міркування, який використовується для пояснення, і, по-друге, від типу посилок, які служать в якості експлананса. Експлананс і експланандум складають дві необхідні частини кожного пояснення, пов'язані один з одним логічним відношенням виводимості, або проходження. Якщо експланандум з логічною необхідністю впливає з експлананса, то таке пояснення називають дедуктивним, так як в цьому випадку воно здійснюється за схемою дедуктивного міркування. У багатьох випадках доводиться, однак, задовольнятися більш слабким, індуктивним міркуванням, посилки якого лише з тим або іншим ступенем ймовірності підтверджують висновок або експланандум.

Нерідко кажуть, що пояснення в принципі може здійснюватися без залучення яких би то ні було законів. Дійсно, нерідко для пояснення одного явища, події або факту ми посилаємося на інший факт, явище або подію, а не на явно сформульовані закони. Так, коли пояснюють виникнення іржі на металевих предметах, то в якості причини вказують сире повітря, контакт з водою та інші подібні факти. Такого роду пояснення зустрічаються переважно в повсякденному житті, де пояснення спираються на найпростіші емпіричні узагальнення. Ці узагальнення здаються нам настільки звичними і самоочевидними, що вони не фігурують в самому процесі пояснення, хоча їх легко і виявити. Те ж саме іноді відбувається і в науці, коли закони, що пояснюють явища, здаються всім

відомими і очевидними, тому їх явно і не формулюють. Таким чином, всі пояснення з допомогою окремих явищ, подій і фактів по суті справи є поясненнями за допомогою законів, хоча в явному вигляді самі закони при цьому можуть і не фігурувати. Ось чому такого роду пояснення іноді називають замаскованими поясненнями за допомогою законів.

При логічному аналізі конкретних прикладів наукового пояснення всі посилки, на яких воно будується, повинні бути виражені явно. В іншому випадку не можна буде здійснити логічний висновок експланандума з експлананса, а тому не можна буде визнати коректним саме пояснення. Що стосується структури експлананса, то в ньому можна виділити посилки двох видів. Найбільш істотне значення мають ті посилки, в яких виражаються закони, принципи та інші універсальні положення науки. З їх допомогою вдається забезпечити висновок не тільки інших, менш загальних законів і положень науки, але і тверджень про ті чи інші конкретні явища або події. В останньому випадку експлананс повинен містити також такі посилки, які характеризують ті чи інші специфічні умови або властивості, бо без цього неможливий перехід від загальних тверджень до одиничних.

Домінуюча роль законів в процесі наукового пояснення найбільш сильно підкреслюється при так званому есенціальному підході, тобто тоді, коли сенс пояснення зводиться до розкриття сутності реальних явищ і подій. У загальному вигляді ця точка зору не викликає заперечення, так як дійсне пояснення досягається тільки тоді, коли розкриваються внутрішні, суттєві зв'язки явищ, подій або навіть закономірностей, які треба пояснити. Навряд чи, однак, слід зводити пояснення до встановлення логічного зв'язку «між відображенням об'єкту, що пояснюється, в мові і законі науки». Сутність явищ, особливо складних, може бути розкрита найчастіше лише за допомогою теорії, що представляє не просту сукупність і навіть не систему, що складається з одних законів, а включає в себе елементи і іншого роду (вихідні принципи, визначення, гіпотези і різні твердження теорії). Подібно до того, як теоретичний закон перевершує емпіричний по своїй пояснювальній силі, так і теорія в цілому дає більш глибоке обґрунтування, ніж будь-який

окремий закон або сукупність таких законів. Теорія як найбільш розвинена форма наукового пояснення виникає, як правило, після відкриття ряду окремих законів тієї чи іншої області реального світу. Зрозуміло, вірно, що закони складають концептуальне ядро будь-якої теоретичної системи дослідницького знання. Але з цього зовсім не випливає, що пояснення, що спирається на теорію, цілком ґрунтується на законах, а саме протиставлення пояснення за допомогою теорії кваліфікується як ілюзорне.

На нашу думку, в якості загальних посилок експлананса будь-якого наукового пояснення або навіть пояснення на рівні здорового глузду можна використовувати узагальнення самого різного характеру. Найбільш досконалими вважаються зазвичай пояснення, посилки яких містять закони і теорії науки універсального характеру. Менш привабливими виглядають пояснення, засновані на статистичних законах. Набагато менш надійними вважаються пояснення, засновані на простих індуктивних узагальненнях емпіричного досвіду, до яких належать пояснення, що зустрічаються в повсякденному житті. Всі перераховані приклади представляють реальні пояснення, хоча і розкривають сутність явищ з різним ступенем глибини і повноти.

#### **5.4.2 Дедуктивна модель наукового пояснення**

Пояснення, з якими доводиться зустрічатися в науці, можна класифікувати за різними підставами поділу: характеру логічного зв'язку експлананса з експланандумом, складу і природі посилок, що входять в експлананс, зокрема по виду законів, які фігурують в посилках, і багатьом інших ознаками. Найбільш важливою є класифікація за способом логічного зв'язку експлананса з експланандумом, тобто по тому способу, який використовується для логічного висновку при формулюванні тези з посилок, що його пояснюють. Як ми вже відзначали, двома основними формами логічних умовиводів, застосовуваними для пояснення, є дедуктивні та індуктивні висновки. Відповідно до цього ми і виділяємо дедуктивну і індуктивну моделі або схеми пояснення.

Дедуктивна модель наукового пояснення є найбільш поширеною. Особливо широко нею користуються в тих науках,

закони яких можуть бути виражені в точній математичній формі (астрономія, механіка, фізика, фізична хімія, молекулярна біологія, математична економіка та ін.). Оскільки посилки дедуктивного виведення забезпечують логічно необхідний характер укладення, тобто в нашому випадку експланандума, то природно, що цій моделі пояснення надається перевага перед індуктивною, де зв'язок між посилками і укладанням має не достовірний, а лише ймовірний характер. Важливо при цьому звернути увагу на те, що дедукція тут розуміється не в старому сенсі традиційної логіки, як умовивід від загального до конкретного, а як будь-який висновок, висновок якого впливає з наявних посилок з логічною необхідністю, точно за прийнятими правилами дедукції.

Щоб краще зрозуміти дедуктивну модель пояснення, розглянемо в якості ілюстрації конкретний приклад з дійсної історії науки. Йдеться про пояснення «невірностей», або іррегулярних, в русі планети Уран. Ці іррегулярності не можна було пояснити тяжінням інших, в той час відомих планет Сонячної системи. Тому Левер'є (і незалежно від нього Адамс) припустив, що вони викликаються гравітаційним впливом нової, досі невідомої планети. Подальші спостереження блискуче підтвердили його гіпотезу і тим самим запропонований ним спосіб пояснення. Якщо логічно реконструювати хід міркувань Левер'є, то їх можна представити у вигляді такої схеми. По-перше, він виходив з ньютонівських універсальних законів руху і закону всесвітнього тяжіння, які в своїй сукупності складають велику посилку експлананса. По-друге, в якості меншої посилки він використовував специфічні характеристики планет Сонячної системи (їх взаємні відстані, маси, розміри і т.і.). Всі ці посилки, разом узяті, не змогли пояснити іррегулярності в русі Урана. Тому в якості додаткової меншої посилки Левер'є включив інформацію щодо характеру та розмірів спостережуваних іррегулярностей в русі Урана. Спираючись на всі перераховані посилки, він зміг обчислити період обертання, масу, орбіту і інші характеристики невідомої, нової планети, гравітаційним впливом якої і пояснив неправильності в русі Урана. Примітно, що в цьому прикладі пояснення органічно пов'язане з передбаченням.

Отже, ми бачимо, що в дедуктивної моделі пояснення виступає як результат логічного висновку: явища пояснюють з його посилок, причому головна роль в цих посилках належить законам науки, універсальним твердженням, в яких формулюються об'єктивно необхідні, інваріантні відносини між предметами і явищами реального світу.

Здебільшого при дедуктивному поясненні використовуються закони динамічного типу або номологічної структури взагалі (тобто загальні висловлювання, що мають форму закону). Ось чому цей тип пояснення нерідко характеризують як дедуктивно-номологічний. Такі пояснення зазвичай переважають всі інші, так як їх результат, або експланандум, має достовірний, а не ймовірний або проблематичний характер.

Схематично дедуктивно-номологічна модель пояснення може бути представлена так:

$$\begin{array}{l} \text{експлананс} \left\{ \begin{array}{l} \text{Велика послілка :} \\ L_1, L_2 \dots L_{k-1}, L_k \\ \text{Менша послілка :} \\ C_1, C_2 \dots C_{k-1}, C_k \end{array} \right. \\ \hline \text{експланандум } E \end{array}$$

Символами  $L_1, L_2, L_3 \dots L_k$  тут позначені універсальні закони динамічного типу, або номічні структури взагалі.  $C_1, C_2, \dots C_r$  представляють конкретні характеристики або умови, які описують деякі специфічні особливості розглянутих явищ. В математичному природознавстві, зокрема в математичній фізиці, ці характеристики прийнято називати початковими умовами. Без них, взагалі кажучи, неможливий логічний висновок тверджень, що характеризують окремі, конкретні події, явища і предмети. Такого роду пояснення часто називають фактуальним, оскільки в цьому випадку мета пояснення зводиться до пояснення деякого факту. З логічної точки зору фактуальне пояснення зводиться до дедукції експланандума з відповідного експлананса, хоча пояснення в кінцевому підсумку відносяться до деяких реальних подій, явищам або предметам. У експланандумі фактуального пояснення якраз і відображаються певні властивості, аспекти або

відносини індивідуальних предметів, подій і явищ. Правда, в деяких випадках доводиться зустрічатися і з відомими узагальненнями або угрупованнями фактів, але все такі операції зазвичай не виходять за рамки емпіричного дослідження.

Як уже зазначалося, дедукція фактів або емпіричних висловлювань одиничного характеру здійснюється за допомогою законів найпростішого типу, які ми назвали емпіричними. У повсякденних міркуваннях замість них зазвичай фігурують елементарні індуктивні узагальнення з нашого повсякденного досвіду. У разі гіпотетичних пояснень в ролі законів виступають ті чи інші гіпотези.

Іншим важливим різновидом дедуктивних пояснень є пояснення, експланандумом яких служать закони науки. В даному випадку ми маємо справу з логічним висновком одних законів з інших. Закони, які зустрічаються в посилках експлананса, повинні мати більшу логічну силу, ніж закон, представлений в експланандумі. Під терміном «логічна сила» при цьому розуміється не що інше, як допустимість дедукції. Іншими словами, якщо з одного твердження або закону логічно випливає (дедуціюється) інше твердження або закон, то перші з них вважаються логічно сильніше, ніж другі. Нерідко також говорять, що чим логічно сильніше закон, тим більшою пояснювальною силою він володіє.

Найбільш цікавими випадками пояснення законів є ті, в яких менш глибокі і обмежені закони пояснюються за допомогою більш загальних і глибоких законів, які розкривають внутрішній механізм протікання явищ. Типовим в цьому сенсі є співвідношення між емпіричними і теоретичними законами.

У той час як перші висловлюють зв'язки між властивостями, величинами і відносинами реальних процесів і явищ, які спостерігаються емпірично, другі характеризують їх більш глибокі зв'язки і структуру. Внаслідок цього теоретичні закони можна використовувати для пояснення емпіричних законів: таке пояснення здійснюється за допомогою логічної дедукції емпіричних законів з теоретичних. В даному випадку в якості експланандума виступають емпіричні закони, а експлананса - теоретичні. Подібна дедукція виявляється можливою лише тоді, коли теоретичним термінам дається відповідна інтерпретація і

вони зв'язуються з емпіричними за допомогою деяких правил відповідності. Ці правила поряд з теоретичними законами служать необхідною передумовою для виведення емпіричних законів, а отже, і для їх пояснення.

Формування безпосередніх висновків одних законів з інших можливий лише в тому випадку, коли і що пояснюють, і що пояснюється відносяться до одного типу законів або одного рівня пізнання. Так, наприклад, маючи в своєму розпорядженні загальне рівняння або закон газового стану:

$$PV = RT,$$

ми можемо вивести з нього емпірично встановлені закони Бойля-Маріотта ( $PV = const.$ ) і Шарля - Гей-Люссака  $V_i = V_0 (1 + \alpha t^0)$ .

У першому випадку для цього достатньо прийняти температуру постійною, а в другому - вважати постійним тиск. Мабуть, в ряді випадків можна також говорити про дедукції менш загальних теоретичних законів з більш загальних.

Нарешті, найбільш розвиненою формою дедуктивного пояснення є пояснення за допомогою теорії. У цьому випадку в якості пояснювальної посилки виступає не окремих теоретичний закон або деяка їх сукупність, а принаймні дедуктивне ядро теорії: всі його вихідні посилки і принципи, з яких в подальшому логічно виводяться всі інші положення теорії, в тому числі і ті, які мають на меті пояснення деяких фактів і законів. Само собою зрозуміло, що при цьому враховуються також певні правила відповідності, які пов'язують теорію з емпірією.

### 5.4.3 Індуктивна модель пояснення

В останні десятиліття в логіці і методології все більш широке застосування отримує інша модель або схема наукового пояснення, яка, правда, не має тієї переконливої сили і достовірності, які властиві дедуктивної моделі. На цій підставі її іноді вважають лише тимчасовою спробою пояснення, свого роду сурогатом, до якого доводиться вдаватися лише в силу неможливості досягнення більш повного пояснення. Такий підхід багато в чому визначається самим ставленням до індукції, яка лежить в основі зазначеної моделі пояснення.

Справді, в той час як висновок дедуктивного виведення з логічною необхідністю впливає з посилок, висновок індукції, як правило, лише в тій чи іншій мірі підтверджується цими посилками.

Іншими словами, якщо висновок дедукції має достовірний характер, то індукція забезпечує лише ймовірні висновки. Ось чому самі індуктивні міркування іноді розглядають лише як евристичний спосіб мислення.

Необхідність звернення до індукції здебільшого диктується тим, що в багатьох поясненнях емпіричних наук доводиться мати справу зі статистичними законами, вираженими в формі імовірнісних тверджень.

Як уже зазначалося, статистичні закони на відміну від динамічних характеризують не індивідуальні події і явища, а тільки групи або класи однорідних подій масового характеру. Простіше кажучи, те, що стверджується в універсальному законі динамічного типу, може бути перенесено на будь-який індивідуальний об'єкт або подію. Статистичні закони за своєю природою не допускають такої можливості. Проте, і такого роду закони можна використовувати для пояснення і передбачення окремих явищ і подій. З цією метою якраз і вводиться теоретичне поняття ймовірності, яке характеризує міру можливості здійснення події. Повнота пояснення і надійність передбачення в цьому випадку будуть нижче, ніж тоді, коли застосовуються універсальні закони динамічного типу. Однак у багатьох важливих ситуаціях ми не маємо в своєму розпорядженні подібні закони і тому повинні звернутися до індуктивної схеми пояснення. Логічний процес, який ми використовуємо для такого пояснення, дуже часто визначають як індуктивну, або логічну ймовірність. Він характеризує певний тип зв'язку між посилками і висновком пояснення, тобто експлананса і експланандума. Ця ймовірність за своїм значенням істотно відрізняється від ймовірності статистичної, з якої ми зустрічаємося при формулюванні законів масових випадкових явищ у фізиці, біології та соціології. Щоб уникнути непорозумінь слід було, можливо, просто називати логічну ймовірність індукцією, але з цим терміном також пов'язані небажані асоціації. Справа в тому,

що в традиційній логіці під індукцією зазвичай розуміється процес міркування, що йде від часткового до загального.

У сучасній же індуктивній логіці цим терміном позначається будь-яке міркування або умовивід, посилки якого в тій чи іншій мірі підтверджують висновок, тобто по суті справи мова йде про ймовірне висловлювання.

Важливо також зазначити, що формальна структура індуктивної ймовірності добре описується відомими ще з часів Бернуллі і Лапласа аксіомами обчислення ймовірностей. Ось чому нам здається доцільним зберегти термін «логічна, або індуктивна, ймовірність» при описі схеми індуктивного пояснення або передбачення (про що докладніше буде сказано пізніше).

Загальна схема індуктивно-статистичного пояснення може бути представлена в наступному вигляді:

експлананс	$P_{ст} (A/B) = r$	
	$B_i$	(посилки роблять
експланандум	МОЖЛИВО $A$	ЙМОВІРНИМ ВИСНОВОК)

Велика посилка експлананса такого пояснення представляє статистичний закон, тому з нього при фіксованих початкових умовах (менша посилка  $B_i$ ) може бути виведено лише індуктивний висновок про окрему подію або явище  $A$ . Цей висновок має також імовірнісний характер, але сама ймовірність тут істотно відрізняється від статистичної, бо вона висловлює безпосередньо не інформацію про реальні події, а характер логічного зв'язку між посилками і висновком індуктивного пояснення.

Оскільки висновок або експланандум пояснення тут логічною не впливає з посилок, а лише в тій чи іншій мірі підтверджується ними, то в самій схемі ми відокремлюємо експлананс від експланандума подвійною межею і додатково вказуємо на імовірнісний характер висновку. Якщо величина цієї ймовірності, або ступінь підтвердження, є відомою, то вона може бути точно вказана в самому символічному запису. В цьому

випадку експланандум індуктивно-статистичного пояснення можна записати в наступному вигляді:  $P_{\text{инд}}(A / B_i) = k$ .

Цей вираз являє символічний запис індуктивного висновку  $A$  при наявності деякої сукупності умов  $B_i$ . Таким чином, ми бачимо, що в індуктивно-статистичному поясненні використовуються дві основні форми ймовірності: статистична і індуктивна (логічна). Якщо перша забезпечує нас інформацією про властивості і закономірності реального світу, то друга встановлює зв'язок між експланансом і експланандумом пояснення.

При індуктивному поясненні з самого ж початку виникає питання про те, який ступінь підтвердження або логічної ймовірності слід визнати достатнім для пояснення. Очевидно, якщо ця ймовірність буде не більше половини, то таке пояснення навряд чи можна вважати досить обґрунтованим. Так само ми не визнаємо надійним будь-яке пророкування, ймовірність якого не перевищує половини. Ця обставина істотно обмежує клас індуктивних пояснень.

Так, К. Гемпель відносить до числа індуктивно-статистичних пояснень тільки такі, ступінь ймовірності яких наближається до 1. Іншими словами, такого роду пояснення по суті наближаються до дедуктивних, так як їх експланандум впливає з експлананса майже з практичною вірогідністю (хоча теоретично практична достовірність і відрізняється від достовірності дедуктивного висновку). Як конкретну ілюстрацію Гемпель наводить приклад з витягуванням куль з урни, який досить ясно висловлює його основну ідею. Припустимо, що ми навмання витягуємо кулі з урни, в якій знаходяться 999 білих і одна чорна куля. Якщо кулі добре перемішані, то ймовірність отримання білої кулі буде вельми велика ( $p = 0,999$ ). Цей факт легко пояснити статистичними міркуваннями. Подібним же чином, на думку Гемпеля, статистичні закони, які використовуються при індуктивному поясненні, повинні володіти такою високою ймовірністю, щоб на їх основі можна було робити надійні передбачення і пояснення. Деякі автори взагалі заперечують правомірність індуктивного пояснення, стверджуючи, що в разі статистичних узагальнень і законів ми маємо справу не з поясненням, а з недостатньо надійними правилами

недедуктивних умовиводів. Неважко помітити, що подібний підхід до пояснення ґрунтується на тому, що єдино припустимою формою міркувань в науці визнається тільки дедукція, індуктивним же висновкам в кращому випадку відводиться евристична роль. Навряд чи з таким підходом можна погодитися. Якщо індуктивно-статистичні пояснення не визнають за справжні, повноцінні пояснення, тоді слід також відмовитися і від пророкувань, заснованих на таких передумовах. Але з цим не погодяться навіть найрадикальніші дедуктивісти.

І з теоретичної, і з практичної точок зору індуктивна модель пояснення грає істотну роль в науці. Часто вона може значно полегшити пошуки більш звичного дедуктивного пояснення, але в багатьох випадках сама проблема не допускає такого пояснення, і тому доводиться звертатися до індукції і статистиці.

На закінчення зупинимося на з'ясуванні логічного зв'язку між дедуктивним і індуктивним поясненням.

Оскільки індуктивний висновок допускає більш ослаблені вимоги, ніж дедуктивний, то доцільно розглядати індукцію як більш загальний тип міркування. Відповідно до такого підходу ми будемо висловлювати статистичні закони у формі узагальненої, ймовірнісної імплікації, вперше введеної Г. Рейхенбахом, а звичайні універсальні закони динамічного типу - у вигляді загальної імплікації математичної логіки.

У статистичному законі, як і будь-якому ймовірнісному затвердженні, можна виділити дві частини: у першій з них - антецеденте - формулюються умови, при здійсненні яких з тією чи іншою ймовірністю може відбутися подія, що нас цікавить, випадкового масового характеру, тобто консеквент імплікації. Так як при статистичній інтерпретації мова йде не про індивідуальні події, а про клас подібних подій, то в ймовірнісній імплікації ми повинні розглядати не окремі висловлювання, а класи висловлювань, які можна виразити за допомогою пропозиційних функцій, або функцій-висловлювань. Тоді саму вірогідну імплікації символічно можна представити в наступному вигляді:  $(i) (x_i \in A \supset y_i \in B)$ .

Універсальний квантор  $(i)$  перед імплікацією показує, що вона поширюється на всі випадки з деякого класу подій.

Антецедент  $x_i \in A$  позначає клас тих подій  $A$ , при здійсненні яких з ймовірністю рівної  $p$  виникає подія з класу  $B$ :

$u_i \in B$ . Так, наприклад, якщо розглядати явища, пов'язані з радіоактивним розпадом хімічних елементів (події класу  $A$ ), то кожному елементу буде відповідати певна ймовірність його перетворення в інші елементи протягом деякого часу, яку зазвичай характеризують як період напіврозпаду.

Істотна відмінність ймовірнісної імплікації від звичайної полягає в тому, що якщо в останньому випадку істинність антецедента завжди тягне і істинність консеквента, то в першому випадку істинний антецедент забезпечує лише певну вірогідність консеквента.

Якщо ступінь ймовірності  $p$  дорівнюватиме 1, тоді ймовірнісна імплікація перетворюється на звичайну. Ми бачимо звідси, що дедуктивне пояснення можна розглядати як особливий випадок індуктивного, коли ступінь ймовірності експланандума стає рівною 1 і, отже, ймовірний висновок стає достовірним.

Індуктивні пояснення, ступінь ймовірності яких наближається до так званої практичної достовірності, тобто вельми близька до 1, хоча за своїм результатом схожі з дедуктивними, проте становлять особливий вид, і тому Гемпель абсолютно правильно відносить їх саме до індуктивних. Справа в тому, що незважаючи на велику ступінь ймовірності, їх висновок в принципі може виявитися і невірним, так що тут завжди є елемент невизначеності. Ця невизначеність буде зростати у міру зменшення величини ймовірності. Тому індуктивні пояснення, ступінь ймовірності укладення яких не перевищує половини, на практиці не будуть вважатися справжніми поясненнями.

#### 5.4.4 Наукове передбачення

Передбачення нових ситуацій, подій і явищ становить важливу особливість людського пізнання і цілеспрямованої діяльності взагалі. В елементарній формі ця особливість властива і вищим тваринам, поведінка яких будується на основі умовних рефлексів. Однак про справжнє передбачення можна говорити лише тоді, коли воно ґрунтується на свідомому застосуванні тих

чи інших закономірностей, виявлених в процесі розвитку науки і суспільної практики.

Наукові передбачення, що спираються на точно сформульовані закони і теорії, генетично виникають з передбачень і емпіричних прогнозів, які задовго до виникнення науки люди робили на основі найпростішого узагальнення своїх спостережень над явищами природи. Такі прогнози не відрізнялися великою точністю, оскільки вони будувалися на спостереженнях тих зв'язків явищ, які найлегше кидалися в очі.

Але вже тут люди інтуїтивно усвідомлювали закономірний зв'язок між явищами і їх різними властивостями.

Так, прогноз погоди по формі хмар, характером заходу, руху вітру, температури повітря і іншим прикметам часто призводить досвідчених людей до правильних висновків. Однак такий прогноз в значній мірі ґрунтується на знаннях об'єктивних законів природи, а скоріше різних зовнішніх проявів цих закономірностей. Навіть класична метеорологія свої прогнози будує здебільшого на основі емпіричного дослідження розподілу тисків повітря, форми хмар, швидкості руху вітру і деяких інших чинників. Природно тому, що такі прогнози можуть робитися тільки на порівняно короткий час, та й то не завжди збуваються. Причина цього полягає в тому, що вони не спираються на глибокі внутрішні закономірності і теорії, що керують процесами формування погоди в різних регіонах земної кулі. Тому сучасна теоретична метеорологія прагне відкрити якраз саме такі закони, за допомогою яких можна було складати довгострокові прогнози. Цей приклад досить ясно показує, що надійність, точність і часові межі передбачення найтіснішим чином залежать від характеру законів або узагальнень, що використовуються в процесі передбачення.

Як і при поясненні, так і при прогнозі найбільш надійними є укладення, що спираються на універсальні закони динамічного типу. Такими є, наприклад, передбачення результатів руху різних небесних тіл в астрономії і багато інших передбачень в так званих точних науках.

Але і тут часто доводиться вдаватися до імовірностатистичним або стохастичним прогнозам (квантова механіка, теорія «елементарних частинок», космологія і ін.). У біології ж і

соціальних науках питома вага стохастичних пророкувань незрівнянно вище.

Органічний зв'язок між поясненням і прогнозом виражається не тільки в характері використання законів, але перш за все в тому, що пояснення є основою для передбачення. Дійсно, якщо ми можемо пояснити сутність або причину виникнення того чи іншого явища, то ми завжди можемо передбачити його появу. Як ми вже бачили, Левер'є і Адаме, пояснивши іррегулярності в русі планети Уран, передбачили існування нової, до цього невідомої планети Нептун. Д.І. Менделєєв, відкривши свій знаменитий періодичний закон, зміг пояснити хімічні властивості елементів. Спираючись на це, він передбачив існування нових хімічних елементів і приблизно вірно описав їх властивості. Число подібних прикладів можна було збільшити. Всі вони свідчать про те, що справді наукове пояснення має потенційну пророкуючу силу. Цей висновок отримав аргументоване обґрунтування у відомій статті К. Гемпеля і П. Оппенгейма «Логіка пояснення», де вони підкреслюють, що в тій мірі, в якій ми в змозі пояснити емпіричні факти, ми можемо досягти вищої мети наукового дослідження, а саме - не просто реєструвати явища нашого досвіду, але пізнати, спираючись на них, теоретичні узагальнення, які дають нам можливість передбачити нові події.

Нарешті, нерозривний зв'язок між поясненням і прогнозом знаходить своє вираження в однаковій логічній структурі процесів пояснення та передбачення.

При розгляді дедуктивної моделі наукового пояснення в якості ілюстрації був приведений приклад з поясненням іррегулярностей в русі планети Уран. Результатом цього пояснення було пророкування існування нової планети. Цей висновок логічно випливав з відповідних посилок, тобто універсальних законів механіки і закону всесвітнього тяжіння, а також специфічних характеристик, що відносяться до параметрів руху планет і емпірично встановленим іррегулярностям в русі Урана. В інших випадках пояснення, як правило, відноситься до вже відомих явищ і подій. Все це не позначається на логічній структурі. Тому ми можемо розглядати дедуктивну модель передбачення як дедуктивний висновок, посилками якого служать, з одного боку, універсальні закони динамічного типу, а з

іншого - деякі конкретні умови, що характеризують зв'язок між загальними і одиничними твердженнями. За аналогією з поясненням всі ці посилки можна було б назвати проектансом, тобто твердженнями, на яких базується пророкування. Сам же висновок буде тоді проектандумом. Аналогічні зауваження можна зробити щодо стохастичних пророкувань, які ґрунтуються на статистичних законах і узагальненнях і укладення яких має індуктивний (імовірнісний) характер.

Тотожність формальної структури пояснення і передбачення не означає, звичайно, що ці методи дослідження не розрізняються за своєю природою і функціями.

Пояснення відносяться до подій, явищ, закономірностям вже відомим, або існуючим в даний час, або такими , що існували в минулому. На відміну від цього пророкування робиться щодо майбутніх явищ і подій, або явищ хоча і існуючих, але до сих пір не виявлених. І в тому, і в іншому випадку твердження, що формулює передбачення, має невизначений характер, бо його істинність або хибність може бути виявлена лише згодом.

Тут виникає і відмінність між логічною силою законів, які використовуються для пояснення та передбачення.

У той час як для пояснення необхідно залучати найбільш глибокі теоретичні закони, для передбачення часто досить емпіричних законів і узагальнень. Всі ці та подібні до них міркування, не кажучи вже про міркування філософського характеру, послужили основою дискусії, яка розгорнулася навколо проблеми про симетрії між поясненням і прогнозом.

Не претендуючи тут на вирішення цієї проблеми, хотілося б відзначити, що, хоча з логічної точки зору і пояснення, і передбачення як певні способи міркувань є симетричними, з методологічної і загальнонаукової точок зору вони істотно різняться, отже, асиметричні. Тому дискусію з цієї проблеми важливо обмежити більш певними рамками.

## 6 МЕТОДИ АНАЛІЗУ І ПОБУДОВИ ТЕОРІЙ

Необхідність в побудові теорії виникає через природне прагнення встановити логічний зв'язок між окремими узагальненнями, гіпотезами і законами тієї чи іншої галузі дослідження. На ранній стадії розвитку будь-якої науки відбувається накопичення і аналіз фактичного матеріалу, який призводить до встановлення окремих узагальнень, гіпотез і законів. Оскільки всі ці форми знання виступають тут відокремлено, то підтвердження або спростування будь-якої з них не впливає на інші.

Подальший прогрес науки характеризується не тільки приведенням в систему результатів раніше отриманого знання, але і введенням більш глибоких понять і принципів, відкриттям більш фундаментальних і загальних законів і гіпотез, аксіом і постулатів, з яких прагнуть логічно вивести всі раніше відоме знання.

В результаті на зрілій стадії наука перетворюється в систему теорій, в рамках яких і відбувається синтез наукового знання.

У цьому розділі розглядаються спочатку основні типи наукових теорій, їх природа і функції, а потім деякі методи їх логічного аналізу і побудови.

### 6.1 Основні типи наукових теорій

Наукові теорії можна класифікувати за найрізноманітнішими ознаками: об'єкту дослідження, логічній структурі, методам вивчення, глибині аналізу і т.і. Для наших цілей найбільш істотною є класифікація теорій з точки зору їх логічної структури, отже і методів, використовуваних для побудови теорій. Така класифікація дуже далека від досконалості, але вона може служити в якості орієнтира в наступних міркуваннях.

У природознавстві і математиці найчастіше мають справу з чотирма основними типами теорій:

- 1) змістовними теоріями дослідницьких наук;
- 2) гіпотетико-дедуктивними, або напіваксіоматичними теоріями природознавства;

3) аксіоматичними теоріями математики і математичного природознавства;

4) формалізованими теоріями математики і логіки.

Фундаментом природознавства і дослідницьких наук служать теорії, в яких систематизуються, узагальнюються і пояснюються факти певній галузі дійсності.

За допомогою гіпотез, законів і принципів теорії вдається не тільки пояснити факти вже відомі, але і передбачити факти нові, невідомі. Всі ці теорії з різною повнотою і глибиною узагальнюють і аналізують емпіричний матеріал і з цієї причини можуть бути названі дослідницькими, змістовними або реальними теоріями, хоча жодна з цих назв не є бездоганною. Кваліфікуючи подібні теорії як дослідницькі, зазвичай хочуть підкреслити їх відмінність від абстрактних, або умоглядних теорій. Термін «змістовні теорії» в прийнятій тут класифікації використовується для того, щоб відокремити такі теорії від формальних теорій математики і символічної логіки.

Нарешті, з огляду на тісний зв'язок багатьох з цих теорій з реальним світом, іноді їх називають реальними.

За своїм рівнем змістовні теорії можуть значно відрізнятись одна від одної. Як відомо, кожна наука починає свій розвиток з накопичення необхідної кількості фактів і виявлення найпростіших емпіричних залежностей між ними. Однак проста сукупність фактів і навіть емпіричних законів не становить ще теорії. Рівень розвитку науки характеризується не стільки кількістю знайдених емпіричних даних, скільки встановленням необхідних зв'язків між ними, об'єднанням їх в рамках єдиної теоретичної системи.

Систематизація, координація і в кінцевому підсумку субординація наукового матеріалу представляють ті необхідні етапи, через які проходить у своєму розвитку будь-яка зріла наука. Вже на емпіричній стадії поряд з інтенсивним накопиченням нових фактів відбувається і встановлення логічних взаємозв'язків між ними. Класифікація та систематизація досліджуваних явищ становить первісний етап розвитку науки.

Всі зрілі, розвинені науки, як правило, порівняно давно пройшли цей етап. Можна, однак, вказати на такі розділи природознавства, як біологічна систематика, таксономія, а також

частково на географію, які до теперішнього часу обмежуються описом і класифікацією досліджуваних ними явищ. Але і тут опис не носить випадковий характер, а відрізняється систематичністю. Набагато більш розвиненими є теорії емпіричної психології і конкретної соціології, особливо ті розділи, які спираються на модельні уявлення і математичні методи.

Однак і цим теоріям бракує широких узагальнень, гіпотез, принципів і законів, за допомогою яких вони могли б пояснити накопичений емпіричний матеріал.

Таке пояснення передбачає виявлення логічних взаємозв'язків між наявними фактами, узагальненнями, а найголовніше - логічний висновок емпірично знайдених результатів з невеликого числа основних принципів, законів і гіпотез. Інакше кажучи, на описовій та напівемпіричній стадії наука обмежується координацією накопиченого дослідницького матеріалу.

Подальший прогрес її неминуче пов'язаний з переходом від простої координації до субординації різних складових її елементів.

Коли встановлена субординація між різними судженнями теорії, тоді, вказує Ф. Енгельс, одні форми суджень і умовиводів виводяться з інших, а більш високі форми розвиваються із підлеглих.

Цей процес найкраще простежується на прикладі теорій, структуру яких можна представити за допомогою гіпотетико-дедуктивного або аксіоматичного методу. Навіть в теоріях з менш чітко виявленою структурою зазвичай прагнуть сконцентрувати весь основний матеріал навколо ядра теорії, тобто її законів, принципів і вихідних гіпотез і припущень.

Теоретичні закони разом з вихідними принципами і гіпотезами представляють вихідний пункт для логічного розгортання будь-якої досить розвинутою наукової теорії. Саме в них сконцентровані потенційні можливості теорії по поясненню і передбаченню фактів. Тому змістовні теорії не можна вважати чисто емпіричними хоча б тому, що вони базуються не тільки на емпіричних, але і на теоретичних законах. Найбільш глибокі теорії природознавства, такі, як еволюційна теорія Ч. Дарвіна,

умовно-рефлекторна теорія вищої нервової діяльності І. П. Павлова і багато інших, спираються не тільки на величезний фактичний матеріал, а й на широкі, сміливі узагальнення та ідеї, за допомогою яких весь накопичений матеріал піддається раціональній обробці.

Така обробка стає особливо необхідною на сучасній стадії наукового пізнання, коли наука перейшла до дослідження глибоких закономірностей світу найдрібніших частинок матерії, а також процесів, що відбуваються в глибинах космосу. Поняття, з якими мають справу в квантовій механіці, теорії «елементарних» частинок або в космології, не мають наочного «еквівалента», як наприклад поняття класичної механіки. Тому для їх вираження вдаються до дуже абстрактних засобів і методів сучасної математики.

Використання апарату математики та логіки дає можливість краще зрозуміти внутрішній зв'язок між різними елементами наукової теорії, встановити її структуру і значно посилити ефективність її проорокувань. Однак застосування математики до дослідницького матеріалу пов'язане з огрубіння і схематизацією реальних явищ і процесів, створенням математичних моделей, за допомогою яких безпосереднє дослідження самих явищ в силу їх складності замінюється вивченням відповідних абстрактних систем.

У математичній моделі замість реального предмета або процесу вводиться ідеальний, або абстрактний, об'єкт з чітко фіксованими властивостями. Відносини між властивостями описуються в точних логіко-математичних термінах, при цьому прагнуть, щоб ці відносини відповідали реальним взаємозв'язкам досліджуваного предмета. Саме така відповідність і визначає цінність використовуваної математичної моделі. Однак відповідність ніколи не може бути повною, так як при математичному моделюванні відволікаються від ряду не істотних для досліджуваної проблеми властивостей і відносин.

Залежно від рівня абстракції, використовуваної при обробці природничо матеріалу, можна виділити принаймні три основні рівні теорій математичного природознавства. До першого рівня зазвичай відносять теорії, які представляють математичну модель індивідуального явища. Так, використовуючи методи теорії

автоматів, можна побудувати математичну модель функціонування серця. Такі теорії займають досить скромне місце в природознавстві.

Математичні методи в силу їх абстрактності і як наслідок спільності виявляються застосовними для опису цілого ряду аналогічних за своєю формальною структурі класів реальних явищ. Саме теорії другого рівня абстрактності є найбільш характерними для сучасного математичного природознавства.

Так, скрізь, де явища мають певні властивості симетрії, до них може бути застосований математичний апарат теорії груп. Методи класичного математичного аналізу добре пристосовані для кількісного вивчення найрізноманітніших за своєю конкретною природою безперервних процесів.

Нарешті, в теоріях третього рівня абстрактності формальний математичний метод використовується не тільки для кількісного аналізу явищ, а й для певних способів поведінки з абстрактними об'єктами самої теорії.

З такого роду теоріями ми зазвичай зустрічаємося в основах математики і в математичній логіці.

Оскільки в математиці виключається безпосередня апеляція до досвіду, то першочергового значення набувають точність і строгість міркувань, яка досягається за допомогою експліцитного визначення всіх припущень і вихідних припущень теорії, а також суворого дотримання прийнятих правил логічного висновку. Математична логіка використовує з цією метою метод формалізації міркувань, який дає можливість простежити правильність логічних міркувань, відікти посилання на різного роду неявні припущення, на інтуїцію і т.і. Аксиоматичні і формалізовані системи найкращим чином підходять для вирішення зазначеного завдання, тому вони і використовуються головним чином при вирішенні проблем обґрунтування математики і логіки.

## **6.2 Мета, структура і функція теорії**

Наукова теорія виникає як закономірний результат всієї попередньої пізнавальної діяльності. Тому вона містить в своєму

складі ті елементи і форми, з якими дослідник мав справу ще на емпіричній і початковій стадіях раціонального пізнання.

Емпіричні факти, гіпотези і закони є необхідними елементами при побудові теорії, але в рамках її вони не залишаються незмінними. Оскільки теорія дає відображення досліджуваного об'єкта в єдності і цілісності, то окремі поняття, затвердження і закони, які з різних сторін характеризують об'єкт, повинні бути об'єднані в систему. Для цього доводиться деякі гіпотези узагальненнями піддавати раціональній обробці, вводити нові допущення, абстракції та ідеалізації. Це показує, що виникнення теорії означає не простий, кількісний приріст наших знань, а корінний, якісний ріст їх, перехід до нового, глибшого розуміння сутності досліджуваних явищ.

Необхідність в побудові теорії і відмінність теорії від інших форм раціонального пізнання стануть яснішими, якщо детальніше розкрити її завдання і роль в науковому дослідженні.

### **6.2.1. Систематизація наукового знання**

Хоча будь-яка наука починається з накопичення фактів і їх узагальнення, дійсний її прогрес відбувається тоді, коли вона переходить до побудови теорій, за допомогою яких всі знання, відомі в будь-якій окремій галузі дослідження, об'єднуються в єдину систему. У такій системі прагнуть більшу частину знань логічно вивести з порівняно невеликого числа вихідних тверджень, які в математиці називають аксіомами, а в природознавстві - гіпотезами, принципами чи законами.

В якості вихідних посилок для виведення можуть бути взяті або узагальнення і гіпотези, вже відомі в науці, або - що буває найчастіше - нові, більш сильні гіпотези або принципи. Одне з важливих завдань побудови теорії в природничих науках полягає в тому, щоб отримати знайдені емпіричним шляхом результати як логічні наслідки деяких вихідних принципів або гіпотез. Завдяки цьому стає можливим контролювати і направляти процес наукового дослідження. Маючи в своєму розпорядженні теорією, ми можемо заздалегідь сказати, які емпіричні дані слід шукати, за яких умов їх можна виявити. Іноді можна почути думку, що відкриття нових, цікавих для науки фактів залежить виключно від

випадку. Навряд чи можна з цим погодитися, так як при пошуку нових фактів і навіть плануванні майбутніх спостережень і експериментів вчений керується певними теоретичними уявленнями. Без відповідної інтерпретації самі факти залишаються незрозумілими, а тому і не можуть бути виявлені. Інтерпретація передбачає звернення або до існуючої теорії, або до елементів новостворюваної теорії. Крім того, якщо деякі факти, доступні безпосередньому сприйняттю, можна випадково виявити без теорії, то зовсім інша справа з фактами, відкриття яких вимагає використання спеціальних приладів і пристроїв. Пояснення об'єктів і явищ, які безпосередньо не сприймаються, в принципі неможливо без теорії. Відкриття радіохвиль, генетичного коду, античастинок і багатьох інших явищ досить переконливо свідчить про це.

### **6.2.2 Розширення, поглиблення і уточнення наукового знання**

Систематизація результатів наукового дослідження, яка досягається за допомогою теорії, дає можливість, по-перше, логічно вивести те знання, яке було відомо до побудови теорії; по-друге, отримати нове, раніше невідоме знання і таким чином розширити межі пізнаного; по-третє, поглибити і уточнити існуючі уявлення про досліджувану область дійсності. Всі ці особливості теорії пояснюються тим, що її вихідні положення - аксіоми, постулати, гіпотези, закони і принципи - логічна сильніше всіх інших її тверджень. Ось чому побудова теорії не зводиться до простої координації існуючого знання, а обов'язково передбачає використання більш глибоких понять, законів і принципів.

Як уже зазначалося, класична механіка Ньютона, що базується на трьох основних законах руху і закон всесвітнього тяжіння, змогла пояснити і уточнити галілеєвський закон вільного падіння тіл і закони руху планет, встановлені Кеплером. Дійсно, в рамках ньютонівської теорії закон вільного падіння тіл може розглядатися як окремий випадок руху тіла під дією гравітаційної сили. Оскільки ж гравітаційна сила обернено пропорційна відстані між тілами, то формулювання Галілея

справедливі лише в певних межах, а саме: тільки для випадків вільного падіння тіл поблизу земної поверхні, тобто коли шлях падіння значно менше радіуса Землі. Аналогічно цьому закон Кеплера про еліптичні орбіти планети, що рухається навколо Сонця, не враховує, що обурює вплив інших планет і тому не є цілком точним.

Закон всесвітнього тяжіння спільно з іншими основними законами руху механіки Ньютона дозволяє кількісно розрахувати рівноваги впливів інших планет і тим самим уточнити кеплерівський закон, показуючи, що траєкторія планети не є строго еліптичною. Таке уточнення і поглиблення дотеперішніх знань сприяло відкриттю невідомих, нових планет Сонячної системи. Створення спочатку спеціальної, а потім загальної теорії відносності виявило, що і закони класичної механіки Ньютона справедливі лише в певних межах. Так, другий основний закон руху - про пропорційність прискорення діючої силі - вірний тільки для рухів, швидкість яких значно менше швидкості світла. В умовах, коли ця швидкість виявляється порівнянної зі швидкістю світла (наприклад, при русі частинок в прискорювачах), доводиться враховувати релятивістські ефекти. Такого роду приклади можна було б привести і з інших областей природознавства.

В цілому більше загальна теорія відрізняється від менш загальною глибиною, а отже, логічної «силою» своїх вихідних посилок: принципів, законів і гіпотез. Внаслідок цього менш загальна теорія може бути отримана з більш загальної як деякий окремий випадок.

Точніше кажучи, математичний апарат менш загальної теорії представляє граничний випадок більш загальної теорії, коли деякі змінні приймають певні, фіксовані значення.

### **6.2.3 Пояснення і передбачення явищ**

Справді наукова теорія не тільки систематизує, розширює і поглиблює наше знання, а й пояснює його. Як вже зазначалося, при поясненні фактів і явищ завжди звертаються до законів, які управляють цими явищами.

Однак в науці закони виступають не відокремлено, а в складі тієї чи іншої теорії, тому справді наукове пояснення в кінцевому підсумку досягається лише за допомогою теорії.

Окремі емпіричні закони можуть пояснити ті чи інші безпосередньо спостережувані властивості і відносини явищ, але вони не можуть розкрити їх сутність, механізм протікання процесів. Ось чому для їх пояснення звертаються до теоретичних законів. Розглядаючи процес виведення емпіричних законів з теоретичних, ми свідомо спрощували справу, оскільки для такого висновку фактично використовується не тільки один, відокремлений теоретичний закон, а вся сукупність ідей теорії.

У ще більшій мірі керівна роль теорії виступає при прогнозі нових, раніше неспостережуваних явищ. Багато з таких явищ без теорії неможливо було б виявити. Так, електромагнітна теорія Д.К. Максвелла передбачила існування радіохвиль, які пізніше були експериментально виявлені Г. Грецем і згодом послужили основою для розвитку всієї сучасної радіотехніки. Загальна теорія відносності А. Ейнштейна передбачила відхилення проміння світла в гравітаційному полі і тим самим багато в чому сприяла визнанню цієї вельми складної і абстрактної фізичної теорії. Число подібних прикладів можна було б збільшити. Всі вони свідчать про те, що пророкування нових, невідомих явищ - найважливіша функція наукової теорії.

#### **6.2.4 Підвищення надійності наукового знання**

Об'єднання наукового знання в єдину систему, розкриття логічних взаємозв'язків між різними положеннями теорії значною мірою сприяє підвищенню надійності знання. Про це вже говорилося в четвертому розділі при обговоренні специфіки гіпотетико-дедуктивного методу. Окремі твердження, емпіричні узагальнення або закони підтверджуються тільки тими фактами, які мають до них безпосереднє відношення. Іншими словами, коли ці факти можуть бути виведені з узагальнень або емпіричних законів, тоді їх підтвердження служить доказом на користь правильності зроблених узагальнень. Будучи ж включеними до складу теорії, такі узагальнення і закони побічно підтверджуються тими наслідками, які впливають з інших

гіпотез і законів, логічна з ними пов'язаних. Таким чином, якщо підтвердження окремо взятого узагальнення або закону обмежується порівняно невеликим числом фактів, то в складі теорії ця область в принципі розширюється до кордонів, які охоплюються теорією.

### **6.2.5 Об'єктивна істинність теоретичного знання**

Будучи вищою формою організації наукового знання, теорія підвищує рівень достовірності знання в такому ступені, що її результати зазвичай вважаються практично достовірними істинами. В даному випадку мова йде про досить розроблених наукових теоріях, а не про просту систему логічна взаємопов'язаних гіпотез.

Яким би шляхом не була знайдена або побудована гіпотеза, ця форма наукового пізнання дає можливе, вірогідне знання про світ. Правда, ступінь такої ймовірності може змінюватися в досить широких межах, починаючи від хибності і закінчуючи практичною достовірністю.

Гіпотеза дає першу, попередню відповідь на поставлену проблему, і тому ступінь її ймовірності зазвичай ніколи не наближається до практичної достовірності. Зовсім інакше йде справа з теорією, яка представляє завершення певного циклу дослідження, в ході якого під впливом досвіду і практики відбувається не тільки очищення і виправлення окремих гіпотез, але і перетворення деяких з них до законів. Нарешті, всі раніше отримані і нові результати в рамках теорії зв'язуються в єдину систему, внаслідок чого зростає надійність і об'єктивна істинність наукового знання.

Ніяка теорія не може, однак, вичерпно відобразити досліджувану область дійсності та претендувати на істину в «останній інстанції».

Рух пізнання походить від істин неповних, приблизних, відносних до істин все більш повних і вичерпних, що дає все більш точне відображення реального світу.

### 6.2.6 Теорія як перехід від абстрактного до конкретного знання

Наукове дослідження починається з безпосереднього, чуттєвого пізнання конкретних предметів і явищ. Оскільки чуттєве пізнання не дає розуміння суті явищ, то його результати доводиться піддавати переробці за допомогою мислення.

Перший цикл пізнання починається, таким чином, від пізнання чуттєво конкретного в самій дійсності і завершується абстрактним мисленням. Абстрагуючись від несуттєвих властивостей і відносин, наука отримує можливість з'ясувати найбільш глибокі, внутрішні зв'язки і відносини явищ, тобто їх сутність.

За допомогою окремих понять, гіпотез і законів відображаються ті чи інші сторони і відносин предметів і явищ. Такі абстракції представляють одностороннє знання. Замість єдиної, зв'язаної, цільної картини явища вони дають фрагментарне її відображення.

Щоб перейти від абстрактного знання до конкретного, необхідно привести всі отримані абстракції в певну систему. Першим етапом на цьому шляху є їх координація, тобто встановлення взаємин між різними поняттями, твердженнями, гіпотезами і законами. Другий етап, який можна назвати субординацією знання, передбачає виділення найбільш глибоких і загальних вихідних абстракцій і посилок, з яких в подальшому виводиться все інше знання, чисто раціональним шляхом. Наукова теорія як раз і є тією формою мислення, яка забезпечує досягнення єдиного, синтетичного знання і тому виступає як результат переходу від абстрактного знання до конкретного.

Суть методу сходження від абстрактного до конкретного К. Маркс характеризує наступним чином: «Конкретне тому конкретно, що воно є синтез багатьох визначень, отже, єдність різноманітного. У мисленні воно тому виступає як процес синтезу, як результат, а не як вихідний пункт, хоча воно являє дійсний вихідний пункт і, внаслідок цього, також вихідний пункт споглядання і уявлення. На першому шляху повне уявлення випаровується до ступеня абстрактного визначення, на другому

шляху абстрактні визначення ведуть до відтворення конкретного за допомогою мислення ».

Конкретизація знання досягається певною мірою вже при встановленні законів науки, але синтез численних емпіричних фактів і узагальнень вимагає введення подальших абстракцій, приведення їх у систему, що найбільш повно здійснюється в рамках теорії. Слід також мати на увазі, що ніяка наукова теорія не відображає всієї конкретності досліджуваної нею області дійсності. Перехід від окремих гіпотез і законів до теорії, уточнення і узагальнення отриманої теорії, об'єднання і синтез різних теорій в рамках наукових дисциплін, інтеграція різних наук представляють послідовні етапи, які проходить наукове пізнання на шляху до досягнення все більш повного і конкретного знання про навколишній світ .

### **6.3 Гіпотетико-дедуктивний метод побудови теорії**

Гіпотетико-дедуктивний метод настільки широко використовується для аналізу і побудови теорій в природознавстві і дослідницьких науках, що багато фахівців з логіки та методології науки вважають самі ці науки гіпотетико-дедуктивним системами. Одним з видних захисників зазначеного методу є Р. Брейтвейт, який присвятив його аналізу книгу «Наукове пояснення», де гіпотетико-дедуктивні системи повністю ототожнюються з фактуальними науками взагалі. Навіть сам процес наукового дослідження він замикає рамками гіпотетико-дедуктивного методу. «Стало майже тривіальним стверджувати, пише Брейтвейт, що в кожній науці процес дослідження полягає у висуванні гіпотез більшої або меншої спільності, з яких можуть бути одержані слідства, що піддаються перевірці за допомогою спостереження і експерименту». Однак процес дослідження не починається відразу з висунення гіпотези, так само як не завершується перевіркою її наслідків. Так само не можна все різноманіття існуючих в науці теорій зводити до гіпотетико-дедуктивним системам, а будь-яку теорію розглядати як «дедуктивну систему, в якій спостерігаються слідства, що

спостерігаються, логічно впливають з кон'юнкції гіпотез і спостережуваних даних».

М. Бунге розглядає теорію як «сукупність гіпотез, кожна з яких або представляє первинне припущення, або логічно впливає з інших гіпотез». Він хоча і підкреслює відкритий характер наукової теорії, проте також перебільшує гіпотетичний момент в її формуванні.

При гіпотетико-дедуктивному методі побудови наукової теорії гіпотези різної логічної сили об'єднуються в єдину дедуктивну систему, в якій гіпотези менш сильні логічно виводяться, або дедуцируються, з гіпотез сильніших. Іншими словами, гіпотетико-дедуктивна система може розглядатися як ієрархія гіпотез, логічна сила і спільність яких збільшується в міру віддалення від емпіричного базису.

На самому верху такої системи розташовуються гіпотези, при формулюванні яких використовуються досить загальні і абстрактні теоретичні поняття. Тому такі гіпотези не можуть бути безпосередньо зіставлені з даними досвіду. На самому низу системи знаходяться гіпотези, зв'язок яких з досвідом досить ясний.

З сучасної точки зору гіпотетико-дедуктивні теорії по своїй логічній структурі можна розглядати як інтерпретовані аксіоматичні системи, подібні, наприклад, змістовної аксіоматиці геометрії Евкліда. Для цього слід прийняти як аксіоми найбільш сильні гіпотези, а всі їхні слідства вважати теоремами. Хоча з чисто логічної точки зору досить важко заперечувати проти такого підходу, все ж гіпотетико-дедуктивна модель добре виявляє деякі специфічні особливості дедуктивної побудови дослідницького знання, від яких зовсім відволікаються при аксіоматизації математичних теорій.

Почати з того, що гіпотетико-дедуктивний метод не забороняє введення в процесі побудови теорії нових, допоміжних гіпотез, в той час як аксіоматична система повинна бути замкнутою. В ході дослідження вихідні гіпотези зазвичай обростають численними допоміжними гіпотезами, додатковою інформацією, яка необхідна для того, щоб створювана теорія була адекватною досвіду.

Друга відмінність відноситься до ступеня абстрактності цих теорій. Добре відомо, що в сучасній математиці аксіомами вважаються не тільки судження з певним, фіксованим змістом, але і будь-які схеми суджень або пропозиційні функції. Така функція перетворюється в конкретне висловлювання, коли вихідним поняттям аксіоматичної системи дається певна інтерпретація. Для математики як науки про абстрактні структури, або форми, подібний підхід є не тільки можливим, але і необхідним, оскільки він розширює межі її застосування. В природознавстві і дослідницьких науках об'єкти теорії допускають лише одну-єдину інтерпретацію, а отже, аксіоми можуть розумітися тільки в сенсі припущень, або гіпотез, які відображають закономірні відносини між властивостями реально існуючих предметів і явищ. Різниця між математикою і природознавством образно можна уявити так: в той час як математика описує властивості і відносини, справедливі у всіх можливих світах, природознавство вивчає єдиний реальний світ, властивості і закономірності якого розкриваються в тісній взаємодії теорії з досвідом і практикою.

Одна з відмінних рис гіпотетико-дедуктивних теорій полягає в тому, що в них встановлюється сувора послідовність рівнів, на яких розташовуються гіпотези відповідно їх логічної сили. Чим вище рівень гіпотези, тим більше вона бере участь в процесі логічного висновку наслідків. І навпаки, чим нижче цей рівень, тим менше вона використовується для дедукції, тим ближче вона до фактів. Таку субординацію важко встановити в аксіоматичних системах, особливо коли вони беруться в абстрактній, неінтерпретованій формі. Коли теорія представлена в аксіоматичній формі, то всі аксіоми вважаються рівноправними. Однак такий підхід позбавляє дослідника можливості виділити центральні ідеї та припущення теорії, мотивувати їх вибір. В результаті цього, як справедливо зауважує П. Ачінштейн, базові ідеї та припущення теорії здаються довільними припущеннями.

Розбираючи переваги і недоліки гіпотетико-дедуктивного методу, корисно зіставити його з іншим широко поширеним, індуктивним методом. У минулому індукція вважалася специфічним і чи не єдиним способом дослідження в емпіричних науках. Тому дані науки нерідко називали навіть індуктивними.

Індуктивісти вважають, що узагальнення, гіпотези і закони науки можуть бути отримані за допомогою канонів індуктивної логіки. Тим часом методи індукції дають можливість виявити лише найпростіші узагальнення і емпіричні закони, які пояснюють досить обмежене число фактів. Не випадково такі узагальнення і закони знаходяться на самому низу гіпотетико-дедуктивної системи. При побудові теорії їх намагаються логічно вивести з більш сильних і загальних посилок, якими служать теоретичні закони, гіпотези або принципи. Таким чином, гіпотетико-дедуктивна теорія явно перевершує результати, отримані за допомогою індуктивного дослідження. У той час як індукція робить спробу якимось пояснити виникнення нових гіпотез і законів, гіпотетико-дедуктивна модель залишає відкритим питання про отримання вихідних посилок системи. Індуктивні методи, пояснюючи походження найпростіших емпіричних законів, тим самим стимулюють аналіз тих евристичних і методологічних принципів, якими вчені часто неявно керуються при висуванні гіпотез і пошуку законів.

Гіпотетико-дедуктивна модель не дає відповіді на питання, як дослідник приходять до вихідних гіпотез, законам і принципам своєї теорії. Тому можна сказати, що ця модель підходить головним чином для побудови і систематизації готового, наявного емпіричного знання.

Однак гіпотетико-дедуктивний метод не можна протиставляти індукції, як це часто робиться в зарубіжній літературі. Обидва ці методи не виключають, а добре доповнюють один одного. Індуктивний метод хоча й у недосконалій формі, але досліджує ту сторону наукового пізнання, яка пов'язана з виникненням нового знання. Поряд з індукцією тут суттєва роль належить численним евристичним прийомам і засобам. Гіпотетико-дедуктивний метод прагне привести в єдину систему всі наявні знання і встановити логічний зв'язок між ними. Подальший крок по шляху систематизації та розкриття логічної структури наукового знання досягається за допомогою аксіоматичного методу.

## 6.4 Аксиоматичний метод побудови теорії

Аксиоматичний метод вперше був успішно застосований Евклідом для побудови елементарної геометрії. З того часу цей метод зазнав значної еволюції, знайшов численні застосування не тільки в математиці, але і в багатьох розділах точного природознавства (механіка, оптика, електродинаміка, теорія відносності, космологія і ін.).

Розвиток і вдосконалення аксиоматичного методу відбувалися за двома основними лініями: по-перше, узагальнення самого методу і, по-друге, розробки логічної техніки, яка використовується в процесі виведення теорем з аксіом. Щоб краще уявити характер змін, що відбулися, звернемося до первісної аксиоматики Евкліда. Як відомо, вихідні поняття і аксіоми геометрії у нього інтерпретуються одним-єдиним чином. Під точкою, прямий і площиною як основними поняттями геометрії маються на увазі ідеалізовані просторові об'єкти, а сама геометрія розглядається як вчення про властивості фізичного простору. Поступово з'ясувалося, що аксіоми Евкліда виявляються вірними не тільки для опису властивостей геометричних, але і інших математичних і навіть фізичних об'єктів. Так, якщо під точкою на увазі трійку дійсних чисел, під прямий, площиною - відповідні лінійні рівняння, то властивості всіх цих негеометричних об'єктів будуть задовольняти геометричним аксіом Евкліда. Ще цікавішою є інтерпретація цих аксіом за допомогою фізичних об'єктів, наприклад станів механічної та фізико-хімічної системи або різноманіття колірних відчуттів. Все це свідчить про те, що аксіоми геометрії можна інтерпретувати за допомогою об'єктів самої різної природи.

Такий абстрактний підхід до аксиоматики значною мірою був підготовлений відкриттям неевклідових геометрій Н. І. Лобачевским, Я. Боян, К. Ф. Гауссом і Б. Ріманом. Найбільш послідовне вираження новий погляд на аксіоми як абстрактні форми, що допускають безліч різних інтерпретацій, знайшов у відомій роботі Д. Гільберта «Підстави геометрії» (1899р.). «Ми мислимо, - писав він в цій книзі, - три різні системи речей: речі першої системи ми називаємо точками і позначаємо  $A, B, C, \dots$ ; речі другої системи ми називаємо прямими і позначаємо  $a, b, c,$

...; речі третьої системи ми називаємо площинами і позначаємо а, В, у, ... ». Звідси видно, що під «точкою», «прямою» і «площиною» можна мати на увазі будь-які системи об'єктів. Важливо тільки, щоб їх властивості описувалися відповідними аксіомами. Подальший крок на шляху відвернення від змісту аксіом пов'язаний з їх символічним поданням у вигляді формул, а також точним завданням тих правил виведення, які описують, як з одних формул (аксіом) виходять інші формули (теореми). В результаті цього змістовні міркування з поняттями на такій стадії дослідження перетворюються в деякі операції з формулами по заздалегідь запропонованим правилам. Інакше кажучи, змістовне мислення відображається тут в обчислення. Аксіоматичні системи подібного роду часто називають формалізованими синтаксичними системами, або численнями.

Всі три розглянутих типу аксіоматизації знаходять застосування в сучасній науці. До формалізованих аксіоматичних систем вдаються головним чином при дослідженні логічних підстав тієї чи іншої науки. Найбільшого розмаху такі дослідження отримали в математиці в зв'язку з виявленням парадоксів теорії множин. Значну роль формальні системи грають при створенні спеціальних наукових мов, за допомогою яких вдається максимальним чином усунути неточності звичайної, природної мови.

Деякі вчені вважають цей момент мало не головним в процесі застосування логіко-математичних методів в конкретних науках. Так, англійський учений І. Вуджер, що є одним з піонерів використання аксіоматичного методу в біології, вважає, що застосування цього методу в біології та інших галузях природознавства полягає в створенні науково досконалої мови, в якій можливі обчислення. Основою для побудови такої мови служить аксіоматичний метод, виражений у вигляді формалізованої системи, або обчислення. Алфавітом формалізованого мови служать вихідні символи двох типів: логічні і індивідуальні.

Логічні символи відображають логічні зв'язки і відносини, загальні для багатьох або більшості теорій. Індивідуальні символи позначають об'єкти досліджуваної теорії, наприклад математичної, фізичної або біологічної. Подібно до того як певна

послідовність літер алфавіту утворює слово, так і кінцева сукупність упорядкованих символів утворює формули і вирази формалізованої мови. Для відмінності осмислених висловлювань мови вводять поняття правильно побудованої формули. Щоб закінчити процес побудови штучної мови, досить чітко описати правила виведення або перетворення одних формул в інші і виділити деякі правильно побудовані формули в якості аксіом. Таким чином, побудова формалізованої мови відбувається так само, як і побудова змістовної аксіоматичної системи. Оскільки змістовні міркування з формулами в першому випадку неприпустимі, то логічний висновок наслідків зводиться тут до виконання точно запропонованих операцій поводження з символами і їх комбінаціями.

Головна мета використання формалізованих мов в науці - критичний аналіз міркувань, за допомогою яких виходить нове знання в науці. Оскільки в формалізованих мовах відображаються деякі аспекти змістовних міркувань, то вони можуть бути використані також для оцінки можливостей автоматизації інтелектуальної діяльності.

Абстрактні аксіоматичні системи отримали найбільше застосування в сучасній математиці, для якої характерний надзвичайно загальний підхід до предмету дослідження. Замість того щоб говорити про конкретні числа, функції, лінії, поверхнях, векторах і тому подібних об'єктах, сучасний математик розглядає різні множини абстрактних об'єктів, властивості яких точно формулюються за допомогою аксіом. Такі сукупності, або множини, разом з аксіомами, які їх описують, тепер часто називають абстрактними математичними структурами.

Які переваги аксіоматичний метод дасть математиці? По-перше, він значно розширює межі застосування математичних методів і часто полегшує процес дослідження. При вивченні конкретних явищ і процесів в тій чи іншій області вчений може скористатися абстрактними аксіоматичними системами як готовим знаряддям аналізу. Переконавшись в тому, що розглянуті явища задовольняють аксіомам деякої математичної теорії, дослідник може без додаткової трудомісткої роботи відразу ж скористатися усіма теоремами, які впливають з

аксіом. Аксиоматичний підхід позбавляє фахівця конкретної науки від виконання досить складного і важкого для нього математичного дослідження.

Для математика цей метод дає можливість глибше зрозуміти об'єкт досліджень, виділити в ньому головні напрямки, зрозуміти єдність і зв'язок різних методів і теорій. Єдність, яке досягається за допомогою аксиоматичного методу, за образним висловом М. Бурбаки, не є єдність, «яка дає скелет, позбавлений життя. Це поживний сік організму в повному розвитку, податливий і плідний інструмент дослідження ... ». Завдяки аксиоматичному методу, особливо в його формалізованому вигляді, стає можливим повністю розкрити логічну структуру різних теорій. У найбільш досконалому вигляді це відноситься до математичних теорій. У природничому знанні доводиться обмежуватися аксиоматизацією основного ядра теорій. Далі, застосування аксиоматичного методу дає можливість краще контролювати хід наших міркувань, домагаючись необхідної логічної строгості. Однак головна цінність аксиоматизації, особливо в математиці, полягає в тому, що вона виступає як метод дослідження нових закономірностей, встановлення зв'язків між поняттями і теоріями, які раніше здавалися відокремленими один від одного.

Обмежене застосування аксиоматичного методу в природознавстві пояснюється перш за все тим, що його теорії постійно повинні контролюватися досвідом.

В силу цього природничо-наукова теорія ніколи не прагне до повної закінченості і замкнутості. Тим часом в математиці воліють мати справу з системами аксіом, які задовольняють вимогам повноти. Але як показав К. Гедель, всяка несуперечлива система аксіом нетривіального характеру не може бути повною.

Вимога несуперечності системи аксіом набагато істотніше вимоги їх повноти. Якщо система аксіом буде суперечливою, вона не становитиме жодної цінності для пізнання. Обмежуючись неповними системами, можна аксиоматизувати лише основний зміст природничо-наукових теорій, залишаючи можливість для подальшого розвитку та уточнення теорії експериментом. Навіть така обмежена мета в ряді випадків виявляється досить корисною, наприклад, для виявлення деяких неявних передумов і припущень теорії, контролю отриманих результатів, їх

систематизації і т.і. Найбільш перспективним застосування аксіоматичного методу виявляється в тих науках, де поняття, які використовуються, мають значну стабільністю і де можна абстрагуватися від їх зміни і розвитку.

Саме в цих умовах стає можливим виявити формально-логічні зв'язки між різними компонентами теорії. Таким чином, аксіоматичний метод в більшій мірі, ніж гіпотетико-дедуктивний, пристосований для дослідження готового, досягнутого знання.

Аналіз виникнення знання, процесу його формування вимагає звернення до матеріалістичної діалектики, як найбільш глибокого і всебічного вчення про розвиток.

## **6.5 Математизація теоретичного знання**

Одним з характерних проявів сучасної науково-технічної революції є широке використання математичних методів в самих різних галузях теоретичної і практичної діяльності. Говорячи про застосування математики в науковому пізнанні, зазвичай мають на увазі використання таких її методів, які дозволяють виразити властивості і закономірності досліджуваних явищ чисельним способом. Хоча чисельні методи і раніше відігравали домінуючу роль в різних галузях додатків математики, все ж ними не вичерпується вся сукупність засобів і методів сучасної математики. Найбільш характерним проявом сьогоднішньої математизації наукового знання можна назвати все більше використання таких розділів і методів математики, в яких питання вимірювання величин не грають суттєвої ролі. Про математизацію тієї чи іншої науки в повному розумінні можна говорити тільки тоді, коли математика починає застосовуватися для побудови її теорій, пошуку нових закономірностей, створення точної наукової мови.

### **6.5.1 Метричні (чисельні) аспекти математизації**

Більшість математичних методів, які використовуються в природознавстві і дослідницьких науках, умовно можна назвати функціональними. Справді, взаємозв'язок і взаємозалежність різних величин, що характеризують різні за своєю конкретною

природою процеси, може бути виражений за допомогою математичних функцій. Природно, тому, що методи математичного аналізу таких функцій виявляються найбільш ефективними для кількісного дослідження досліджуваних явищ. Сучасний математичний аналіз у своєму розпорядженні має потужні методи вивчення різних типів функціональних залежностей, починаючи від класичних методів диференціального й інтегрального числення і закінчуючи новітнім функціональним аналізом.

Хоча окремі спроби застосування спеціальних математичних методів для дослідження природи були розроблені ще в античну епоху, систематичне їх використання починається з епохи Відродження, коли виникає експериментальне природознавство. Дослідне дослідження природи вимагало відмови від колишніх умоглядних, спекулятивних методів. Це диктувало необхідність звернення до точних кількісних методів вивчення явищ. Не випадково Галілей, вперше застосував експериментальний метод для дослідження проблем механіки, став широко залучати математику для їх кількісного аналізу. Однак він спирався на досить недосконалий математичний апарат. Ньютон для побудови теоретичної механіки змушений був створити диференціальне й інтегральне числення, так як математика постійних величин не годилася для поставлених ним цілей. «Математичні початки натуральної філософії» Ньютона сприяли широкому проникненню нових математичних методів в природознавство і технічні науки. Функціональні моделі математики можуть бути розділені на два великі класи. До першого з них відносяться моделі динамічного типу, в яких значення функції точно визначається значеннями її аргументів.

Багато теорії класичної фізики використовують саме цю модель, що спирається на апарат диференціальних рівнянь.

Другий клас моделей в математиці зазвичай називають моделями статистичного типу. На відміну від динамічних, тут деякі змінні задані лише з тим або іншим ступенем ймовірності. Найбільше застосування статистичні моделі знаходять при аналізі масових випадкових явищ або процесів, які стали об'єктом вивчення багатьох сучасних наук, починаючи від фізики і

закінчуючи соціологією. Математичним апаратом статистики служить теорія ймовірностей.

Імовірнісні методи в даний час набули широкого поширення, без них не обходиться побудова теорій ні в фізиці, ні в біології, ні в соціології, ні в економіці.

### **6.5.2 Неметричні аспекти математизації**

Чисельні (метричні) аспекти математизації як теоретичного, так і емпіричного знання є найбільш знайомими способами використання математичних методів. Не випадково аж до кінця минулого століття математику нерідко визначали як науку про вимірювання величин. Однак таке визначення не охоплює змісту не тільки сучасної математики, а й математики минулого століття. В математиці давно виник цілий ряд нових розділів та дисциплін, в яких питання вимірювання величин не грають суттєвої ролі (проективна геометрія, теорія груп, топологія, теорія множин та інші). У перший час здавалося, що ці нові абстрактні теорії мають лише математичні цінності. Згодом з'ясувалося, що вони дають можливість більш адекватно виражати закономірності реальних процесів у фізиці, хімії, біології, економіці та техніці. Як приклад пошлемося на теорію груп, яка спочатку виникла в алгебрі в зв'язку з проблемою вирішення рівнянь вищих ступенів (XVIII ст.). Тільки в кінці XIX с. методи цієї теорії починають привертати увагу дослідників природи. У 1895 р. Е.С. Федоров використовував їх для дослідження структури кристалів, виявивши в них 230 просторових груп. Тут теорія груп була застосована тільки для класифікації та опису. Більш істотну роль її поняття і методи, зокрема теорія зображень груп, грають в сучасній фізиці - теорії відносності та квантовій механіці. Іншим прикладом може служити математична логіка. У 30-ті роки вона розглядалася як суто абстрактна наука, єдиним завданням якої служив аналіз математичних доказів і міркувань. Після розробки теорії алгоритмів і рекурсивних функцій математична логіка знайшла численні теоретичні і практичні застосування при аналізі і синтезі обчислювальних машин та кібернетичних пристроїв. Ці приклади, число яких можна було б збільшити, свідчать про те,

що зростання абстрактності математики не означає відриву її від дійсності.

Навпаки, за допомогою більш абстрактних теорій вдається повніше і глибше відобразити істотні зв'язки і відносини реального світу. Застосування таких теорій в розвинених науках сучасного природознавства: теорії відносності, квантової механіки, теорії «елементарних» частинок, космології, квантової хімії, молекулярної біології та інших - диктується самим рівнем розвитку цих наук. У сучасній фізиці замість наочних моделей використовуються математичні моделі, які в абстрактній формі глибше висловлюють закономірності, що існують в мікросвіті. Призначення таких моделей полягає не в тому, щоб візуально, наочно уявити процеси: за допомогою математичних рівнянь і формул виражаються залежності між величинами досліджуваного процесу. В цьому відношенні найбільш характерна зміна ролі математики в сучасній фізиці.

Якщо в класичній фізиці модель процесу зазвичай будувалася чисто якісними методами і тільки після цього до неї застосовувалася математика, то в сучасній фізиці найчастіше спочатку вдаються до побудови математичної моделі. Одним з важливих методів побудови нової теорії в сучасній фізиці виступає метод математичної гіпотези, про який розповідалося в розділі четвертому. Для відображення об'єктів з властивостями, які важко представити, наприклад, мікрочастинок, сучасна фізика все більше і більше вдається до понять і методів новітньої математики. Історія створення квантової механіки і загальної теорії відносності свідчить про велику евристичну цінність математики в сучасному природознавстві.

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

## Базова

1. Методологія наукових досліджень: навч. посібник / В. Антонюк, Л. Полонський, В. Аверченков, Ю. Малахов .-К:НТТУ «КПШ», [2015]. – 276с.

2. Кислий В.М. Організація наукових досліджень: навч. посібник / Кислий В.М.- Суми:Університетська книга, 2011.-224 с.

3. Основи методології та організації наукових досліджень: навч. посібник для студентів, курсантів, аспірантів, і ад'юнтів / за ред. А.Є. Конверського. \_К.:Центр учбової літератури, 2010. – 352с.

## Допоміжна

4. Ковальчук В.В. Основи наукових досліджень: навч. посібник. \_ 3- вид., перероб. і допов. / В.В. Ковальчук, Л.М. Моїсєєв.- К.: ВД «Професіонал», 2005 - 240 с.

5. Палеха Ю.І. Основи науково-дослідної роботи: навчальний посібник / Ю.І. Палеха, Н.О. Леміш.- К.: Видавництво Ліра. – К.: 2013. -336 с.