

Томас Кун

**СТРУКТУРА
НАУКОВИХ
РЕВОЛЮЦІЙ**

— PORT-ROYAL —

Томас Кун

**СТРУКТУРА
НАУКОВИХ
РЕВОЛЮЦІЙ**

PORT-ROYAL

2001

ББК 87.3
К 27

Переклад
О. Васильєва

Художнє оформлення
Євгена Левіна

Sponsored by the OSI-Zug Foundation with the contribution of the Center for Publishing Development of the Open Society Institute - Budapest and Interneshion Renaissance Foundation - Kyiv.

Це видання підтримане Фондом OSI-Zug спільно з Центром видавничого розвитку Інституту відкритого суспільства (Будапешт) та Міжнародним фондом "Відродження" (Київ).

Видання здійснено за сприяння видавництва Академ-Прес і компанії JGV Cie (Франція)

ISBN 966-7068-16-1

© The University
of Chicago Press 1996
© Port-Royal 2001
© Переклад О. Васильєва

Зміст

Передмова	6
I. Вступ: роль історії	14
II. Шлях до нормальної науки	23
III. Природа нормальної науки	36
IV. Нормальна наука як розв'язання головоломок ...	48
V. Пріоритет парадигм	57
VI. Аномалія і виникнення наукових відкриттів	66
VII. Криза і виникнення наукових теорій	80
VIII. Реакція і криза	91
IX. Природа і необхідність наукових революцій ...	106
X. Революції як зміна світогляду	124
XI. Невидимість революцій	148
XII. Розв'язки революцій	156
XIII. Прогрес через революції	172
Доповнення 1969 року	186
Показчик	224

Передмова

Запропонована робота є першим повністю опублікованим дослідженням, написаним згідно з планом, який почав вимальовуватися переді мною майже 15 тому. Тоді я був аспірантом, спеціалізувався на теоретичній фізиці, і завершував дисертацію. Та щаслива обставина, що я захоплено прослухав пробний університетський курс з фізики для нефахівців, дала змогу мені вперше отримати певне уявлення про історію науки. На моє повне здивування, знайомство зі старими науковими теоріями і самою практикою наукового дослідження докорінно змінило деякі з моїх основних уявлень про природу науки та причини її досягнень.

Маю на увазі уявлення, що раніше склалися як у процесі наукової освіти, так і через давню непрофесійну зацікавленість філософією науки. Хоч би як там було, незважаючи на їхню можливу користь з педагогічного погляду та їхню загальну вірогідність, ці уявлення анітрохи не були схожими на картину науки, що поставала у світлі історичних досліджень. Та вони були і залишаються підставою для численних дискусій про науку, і, отже, той факт, що в низці випадків вони не є правдоподібними, заслуговує, очевидно, на пильну увагу. Внаслідок всього цього у моїх планах стосовно наукової кар'єри стався рішучий поворот — від фізики до історії науки, а згодом, поступово — від власне історико-наукових проблем знову до питань переважно філософських, що первісно й прилучили мене до історії науки. Якщо не зважати на декілька статей, нинішній нарис є першою з моїх оприлюднених праць, в яких переважають питання, що захоплювали мене на ранніх етапах роботи. Якоюсь мірою це — спроба пояснити самому собі і колегам, як сталося, що моя зацікавленість змістилася від власне науки до її історії насамперед.

Перша можливість заглибитися в розробку деяких ідей, про які йтиметься нижче, з'явилася в мене протягом трьох років мого стажування у Гарвардському університеті. Без цього періоду свободи перехід до нової галузі наукової діяльності був би для мене набагато важчим, а може, й неможливим. У ці роки частину свого часу я присвячував саме вивченню історії науки. З особливою цікавістю вивчав праці А. Койре і вперше відкрив праці Е. Мейерсона, Є. Мецгер і А. Майєр¹.

Виразніше за більшість інших сучасних учених ці автори показали, що означало мислити науково тоді, коли канони наукового мислення надто відрізнялися від сучасних. Хоч я все більше і більше ставлю під сумнів деякі з їхніх приватних історичних інтерпретацій, їхні праці разом із книгою А. Лавджоя «Великий ланцюг буття» були одним із головних стимулів для формування мого уявлення про те, якою може бути історія наукових ідей. Важливішу роль щодо цього відіграли тільки самі тексти першоджерел.

Тоді я витратив, багато часу на розробку галузей, які безпосередньо не стосувалися історії науки, але тим не менше, як тепер з'ясовується, містили проблеми, схожі з проблемами історії науки, що привернули мою увагу. Зноска, на яку я наштовхнувся цілком випадково, привела мене до експериментів Ж. Піаже, за допомогою яких він пояснив як різноманітні типи сприймання на різних стадіях розвитку дитини, так і процес переходу від одного типу до іншого².

Один мій колега запропонував мені прочитати статті з психології сприймання, передовсім з гештальтпсихології; інший познайомив мене з міркуваннями Б. Л. Уорфа про вплив мови на уявлення про світ; У. Куайн відкрив для мене філософські

¹ Великий вплив на мене мали праці: А. Koyré. *Etudes Galiléennes*, 3 vols. Paris, 1939; E. Meyerson. *Identity and Reality*. New York, 1930; H. Metzger. *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle*. Paris, 1923; H. Metzger. *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*. Paris, 1930; A. Maier. *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert // Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik*. Rome, 1949.

² Найважливішими для мене були дві збірки досліджень Ж. Піаже, позаяк вони виявляли поняття і процеси, що виникають також безпосередньо з історії науки: *The Child's Conception of Causality*. London, 1930; *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. Paris, 1946.

загадки відмінності між аналітичними і синтетичними реченнями³. Упродовж цих випадкових занять, поза моїм стажуванням, мені вдалося натрапити на майже невідому монографію Л. Флека «Виникнення і розвиток наукового факту» (*Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*. Basel, 1935), яка наперед визначила численні мої ідеї. Праця Л. Флека разом із зауваженнями іншого стажиста — Френсіса Х. Саттона, спонукали мене усвідомити, що ці ідеї, можливо, слід розглядати в рамках соціології наукового співтовариства. Далі читачі знайдуть мало посилань на ці праці й бесіди, але я багато чим зобов'язаний їм, хоча зараз нерідко вже й не можу повністю усвідомити їхнього впливу.

На останньому році стажування мені запропонували прочитати курс лекцій для Інституту Лоуелла в Бостоні. Відтак я вперше мав нагоду випробувати в студентській аудиторії мої ще не до кінця сформовані уявлення про науку. Результатом була серія з восьми публічних лекцій, прочитаних у березні 1951 року під загальною назвою «В пошуках фізичної теорії» («*The Quest for Physical Theory*»). Наступного року я почав викладати власне вже історію науки. Майже 10 років викладання дисципліни, якою я раніше ніколи систематично не займався, залишали мені обмаль часу для точнішого оформлення ідей, які колись й привели мене до історії науки. На щастя, однак, ці ідеї приховано слугували мені джерелом орієнтації і своєрідною проблемною структурою більшої частини мого курсу. Тому я маю дякувати своїм студентам за неоціненні уроки як щодо розвитку моїх власних поглядів, так і стосовно вміння доступно викладати їх іншим. Ті ж самі проблеми і та сама орієнтація поєднали більшу частину переважно історичних і, на перший погляд, дуже різноманітних досліджень, які я опублікував після закінчення мого гарвардського стажування. Деякі з цих праць було присвячено важливій ролі, яку відіграють ті чи інші метафізичні ідеї в творчому науковому дослідженні. В інших працях досліджується спосіб, за допомогою якого експе-

³ Вже потім статті Б. Л. Уорфа були зібрані Дж. Керролом у книзі: *Language, Thought and Reality — Selected Writings of Benjamin Lee Whorf*. New York, 1956. У. Куайн висловив свої ідеї в статті «*Two Dogmas of Empiricism*», передрукованої в книзі *From a Logical Point of View*. Cambridge, Mass., 1953, pp. 20-46.

риментальний базис нової теорії сприймається і асимілюється прибічниками старої теорії, не сумісної з новою. Водночас в усіх дослідженнях описується той етап розвитку науки, що я далі називаю «виникненням» нової теорії або відкриття. Окрім цього, розглядаються й інші подібні питання.

Завершальна стадія цього дослідження почалася із запрошення провести один рік (1958-1959) в Центрі з досліджень підвищеного типу в галузі наук про поведінку. Тут я знову отримав можливість зосередити всю свою увагу на проблемах, що ми їх обговорюватимемо тут. Але, мабуть, важливіше те, що, пробувши один рік у товаристві, переважно фахівців у галузі суспільних наук, я несподівано зіткнувся з проблемою відміни їхнього співтовариства зі співтовариством учених-природознавців, серед яких я сам навчався. Мене надзвичайно вразили кількість і ступінь відкритих розбіжностей між соціологами з приводу доцільності постановки тих чи інших наукових проблем і методів їхнього розв'язання. Як історія науки, так і особисті знайомства спонукали мене засумніватися в тому, що природодослідники можуть відповісти на подібні питання впевненіше і послідовніше, ніж їхні колеги-соціологи. Однак, хоч би як там було, практика наукових досліджень у галузі астрономії, фізики, хімії чи біології звичайно не дає жодного приводу для того, щоб заперечувати самі основи цих наук, тоді як серед психологів чи соціологів це зустрічається часто-густо. Спроби знайти джерело цієї відмінності привели мене до усвідомлення ролі в науковому дослідженні того, що я згодом почав називати «парадигмами». Під парадигмами я маю на увазі визнані всіма наукові досягнення, що протягом певного часу дають модель постановки проблем і їхніх розв'язок науковому співтовариству. Щойно цю частину моїх труднощів удалося здолати, швидко виник первісний нарис цієї роботи.

Немає необхідності розповідати тут усю наступну історію роботи над цим первісним начерком. Лише декілька слів варто сказати про його форму, яку він зберіг після всіх переробок. Ще до того, як перший варіант був завершений і значною мірою виправлений, я припускав, що рукопис вийде в світ як том у серії «Єдина енциклопедія наук». Редактори цієї першої роботи спершу стимулювали мої дослідження, після цього стежили за їхнім виконанням згідно з програмою і, нарешті,

надзвичайно тактовно і терпеливо очікували на результати. Я багато чим зобов'язаний їм, особливо Ч. Моррису, за те, що він постійно спонукав мене до роботи над рукописом, за корисні поради. Однак рамки «Енциклопедії» змушували викладати мої погляди надто стисло і схематично. Хоча наступний перебіг подій дещо пом'якшив ці обмеження і з'явилася можливість одночасного самостійного видання, ця робота залишається все-таки радше нарисом, аніж повноцінною книгою, якої в остаточному підсумку вимагає заявлена тема.

Позаяк основна моя мета полягає в тому, щоб змінити сприймання та оцінку добре відомих усім фактів, схематичний характер цієї першої праці не повинен викликати осуду. Навпаки, читачі, підготовлені власними дослідженнями до такої зміни орієнтації, необхідність якої я обстоюю у своїй праці, можливо, знайдуть її форму такою, яка значною мірою спонукає до міркувань, і легше сприймається. Проте форма стислого нарису має також і недоліки, їх можна виправдати тим, що я від самого початку показую деякі можливі шляхи розширення меж і поглиблення дослідження, якими сподіваюсь послуговуватися надалі. Можна було б навести значно більше історичних фактів, аніж ті, що я їх наводжу далі. Крім того, з історії біології можна добрати не менше фактичних даних, ніж з історії фізичних наук. Моє рішення обмежитися винятково останніми частково продиктоване бажанням досягнути найбільшої зв'язності тексту, частково прагненням не виходити за рамки своєї компетенції. Крім того, уявлення про науку, що його треба тут розвинути, припускає потенційну плідність безлічі нових видів як історичних, так і соціологічних досліджень. Скажімо, питання про те, яким чином аномалії в науці та відхилення від очікуваних результатів привертають пильнішу увагу наукового співтовариства, потребує детального вивчення, так само, як і виникнення криз, які можуть бути викликані багаторазовими невдалими спробами подолати аномалію. Якщо я правдивий у тому, що кожна наукова революція змінює історичну перспективу для громади, яка переживає цю революцію, то така зміна перспективи повинна впливати на структуру підручників і дослідницьких праць після цієї наукової революції. Один такий наслідок, а саме: зміна в цитуванні спеціальної літератури в науково-дослідних публікаціях — можна вважати можливим симптомом наукової революції.

Потреба вкрай стисло вислову спонукала мене також зректися обговорення низки важливих проблем. Скажімо, я відрізняю допарадигмальні і постпарадигмальні періоди у розвитку науки занадто схематично. Кожна із шкіл, конкуренція між якими характерна для ранішого періоду, керується чимось, що вельми нагадує парадигму; бувають обставини (хоч, гадаю, і досить рідко), за яких дві парадигми можуть мирно співіснувати у пізніший період. Лише володіння парадигмою не можна вважати цілком достатнім критерієм того перехідного періоду в розвитку, про який йдеться у II розділі. Важливіше те, що я нічого не сказав, якщо не враховувати стислих небагатьох відступів, про роль технічних досягнень або зовнішні соціальні, економічні та інтелектуальні умови розвитку наук. Але досить звернутися до Коперніка і способів укладання календарів, щоб упевнитися в тому, що зовнішні умови можуть сприяти перетворенню простої аномалії на джерело гострої кризи. На тому ж самому прикладі можна було б показати, як зовнішні до науки умови можуть впливати на низку альтернатив, що існують у розпорядженні науковця, котрий прагне подолати кризу через пропозиції тієї чи тієї революційної реконструкції знання⁴. Докладніший розгляд такого роду наслідків наукової революції не змінив би, гадаю, головних положень, розвинутих у цій роботі, але він напевне додав би аналітичного аспекту, який має першорядне значення для розуміння прогресу науки.

Нарешті (і можливо, це найважливіше), обмеження, пов'язані з нестачею місця, завадили відкрити філософське значення того історично орієнтованого образу науки, що вимальовується в нинішньому нарисі. Напевне, цей образ має прихований філо-

⁴Ці чинники розглядаються в книзі: T. S. Kuhn. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Cambridge, Mass., 1957, pp. 122-132, 270-271. Інші впливи зовнішніх інтелектуальних і економічних умов на власне науковий розвиток я ілюструю в статтях: *Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery // Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett. Madison, Wis., 1959, pp. 321-356; *Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot // Archives Internationales d'histoire des sciences*, XIII (1960), pp. 247-251; *Sadi Carnot and the Cagnard Engine // Isis*, LII (1961), pp. 567-574. Отже, я вважаю роль зовнішніх чинників мінімальною лише стосовно проблем, що обговорюються в цьому нарисі.

софський сенс, і я як тільки міг постарався вказати на нього і виокремити його основні аспекти. Щоправда, чинячи так, я звичайно утримувався докладніше розглядати різноманітні позиції сучасних філософів при обговоренні відповідних проблем. Мій скептицизм там, де він виявляється, належить радше до філософської позиції взагалі, ніж до якогось із чітко розвинених напрямків у філософії. Відтак у декого, хто добре знає один із цих напрямків і працює в його полі, може скластися враження, що я не врахував його погляду. Гадаю, вони помиляються, але моя праця розрахована не на те, щоб когось переконувати. Для цього потрібно було б написати книгу більшу за обсягом і взагалі зовсім іншу.

Я почав передмову з деяких автобіографічних відомостей, аби показати, чим найбільше зобов'язаний як працям учених, так і установам, що сприяли формуванню мого мислення. Решту пунктів, де я теж вважаю себе боржником, постараюся відобразити в нинішній роботі цитуванням. Але все це може дати тільки слабке уявлення про ту глибоку особисту вдячність багатьом людям, що будь-коли порадою або критикою підтримували або спрямовували мій інтелектуальний розвиток. Минуло занадто багато часу відтоді, як ідеї цієї книги почали набувати більш-менш чіткої форми. Список усіх тих, хто міг би знайти тут відбиток свого впливу, майже збігся б із колом моїх друзів і знайомих. Враховуючи ці обставини, я змушений згадати лише тих, чий вплив такий значний, що його не можна забути навіть за слабкої пам'яті.

Мушу назвати Джеймса Конанта. Тоді він був ректором Гарвардського університету і перший увів мене в історію науки і відтак поклав початок перебудові моїх уявлень про природу наукового прогресу. Вже від самого початку він щедро ділився ідеями, критичними зауваженнями, не шкодував часу, щоб прочитати і внести важливі зміни в первісний варіант мого рукопису. Ще активнішим співрозмовником і критиком протягом тих років, коли мої ідеї почали формуватися, був Леонард К. Неш, з яким я 5 років спільно вів заснований д-ром Конантом курс історії науки. На пізніших стадіях розвитку моїх ідей мені дуже бракувало підтримки Л. К. Неша. На щастя, однак, уже після того як я пішов з Кембриджа, роль стимулятора творчих пошуків взяв на себе мій колега з Берклі Стенлі Кейвелл. Кейвелл, філософ, який цікавився переважно етикою

і естетикою, і прийшов до висновків, які багато в чому співпадають з моїми власними, був для мене постійним джерелом заохочення. Більше того, він був єдиною людиною, яка розуміла мене з півслова. Подібний спосіб спілкування свідчить про таке розуміння, яке давало Кейвеллу можливість вказати мені шлях, на якому я міг би обминати або переборювати численні перешкоди, що зустрічаються в процесі підготовки першого варіанту рукопису.

Після того, як первісний текст був написаний, чимало інших моїх друзів допомогли мені його доопрацювати. Вони, гадаю, вибачать мені, якщо я назву тільки чотирьох, чия участь була найзначнішою і найвирішальнішою: П. Фейєрабенд з Берклі, Е. Нагель з Колумбії, Г. П. Нойєс з Радіаційної лабораторії Лоуренса і мій студент Дж. Л. Хейльброн, який часто працював безпосередньо зі мною в процесі підготовки для друку остаточного варіанту. Я вважаю, що всі їхні зауваження і поради надзвичайно корисні, але у мене немає підстави думати (швидше, є деякі причини сумніватися), що всі, кого я вже згадав, повністю схвалювали рукопис в його остаточному вигляді.

Нарешті, моя подяка моїм батькам, дружині і дітям цілком іншого характеру. По-різному кожний із них також вклав частку свого інтелекту в мою роботу (причому так, що мені якраз найважче це оцінити). Однак вони, також різною мірою, зробили щось іще важливіше. Вони не тільки схвалювали мене, коли я почав працю, а й постійно заохочували моє захоплення нею. Всі, хто боровся за здійснення задуму такого масштабу, усвідомлюють, яких зусиль це вартує. Не знаходжу слів, щоб висловити їм свою вдячність.

Берклі, Каліфорнія
лютий, 1962
Т. С. К.

I. Вступ: роль історії

Історія, якщо її розглядати не просто сховищем анекдотів і фактів, розташованих хронологічно, могла б стати основою для рішучої перебудови тих уявлень про науку, що склалися у нас до тепер. Ці уявлення виникли (навіть у самих учених) переважно на підставі вивчення готових наукових досягнень, уміщених у класичних працях або пізніше в підручниках, за якими кожна нова генерація науковців навчається практиці свого діла. Але, за самим призначенням, метою подібних книг є переконливий і доступний виклад матеріалу. Поняття науки, виведене з них, певне, відповідає істинній практиці наукового дослідження не більше, ніж відомості, почерпнуті з рекламних проспектів для туриста або з мовних підручників, відповідають реальному образу національної культури. В запропонованому нарисі, я спробую показати, що подібні уявлення про науку заводять на узбіччя її магістральних шляхів. Мета нарису полягає в тому, щоб хоч би схематично накреслити цілком іншу концепцію науки, що вимальовується з історичного підходу до самої наукової діяльності.

Однак навіть із вивчення історії нова концепція не виникне, якщо й надалі шукати і аналізувати історичні дані переважно для того, щоб відповісти на запитання в рамках антиісторичного стереотипу, сформованого на основі класичних праць і підручників. З цих праць, скажімо часто напрошується висновок, що зміст науки представлено спостереженнями, законами і теоріями, присутніми тільки на їхніх сторінках. Зазвичай, згадані книги сприймаються так, наче наукові методи просто збігаються з методикою добору даних для підручника та логічними операціями, що їх застосовують для зв'язку цих даних із теоретичними узагальненнями підручника. Відтак виникає така концепція науки, в якій міститься значна частка домислів і упереджених уявлень щодо її природи і розвитку.

Якщо науку розглядати як сукупність фактів, теорій і методів, зібраних у підручниках для щоденного вжитку, то в такому разі вчені — це люди, котрі більш-менш успішно вносять свою

лепту в створення цієї сукупності. За такого підходу розвиток науки — це поступовий процес, в якому факти, теорії і методи складаються у запас досягнень, який все зростає і являє собою наукову методологію і знання. Отже, історія науки стає дисципліною, що фіксує як цей послідовний приріст, так і труднощі накопичення знання. Звідси випливає, що історик, який цікавиться розвитком науки, ставить перед собою два головних завдання. З одного боку, він повинен визначити, хто і коли відкрив або винайшов кожний науковий факт, закон і теорію. З другого — мусить описати і пояснити наявність сили-силенної помилок, міфів і забобонів, які перешкоджали швидшому накопиченню складників сучасного наукового знання. Численні дослідження так і здійснювались, а деякі досі мають це за мету.

Проте в останні роки деяким історикам науки стає все важче й важче виконувати функції, які їм приписує концепція розвитку через накопичення. Перебравши на себе роль реєстраторів процесу накопичення наукового знання, вони виявляють, що чим далі просувається дослідження, тим важче, але аж ніяк не легше, буває відповісти на деякі запитання, наприклад про те, коли був відкритий кисень або хто першим виявив збереження енергії. Поступово у деяких із них посилюється підозра, що такі запитання просто неправильно сформульовані і розвиток науки — це, можливо, зовсім не просте накопичення окремих відкриттів і винаходів. Водночас цим історикам усе важче стає відрізнити «науковий» зміст колишніх спостережень і переконань від того, що їхні попередники з готовністю називали «помилкою» і «забобоном». Чим глибше вони вивчають, скажімо, аристотелівську динаміку або хімію і термодинаміку доби флогістонної теорії, тим виразніше відчують, що ці колись узвичаєні концепції природи не були в цілому ані менш науковими, ані більш суб'єктивістськими, ніж складені нині. Якщо ці застарілі концепції слід назвати міфами, то, виявляється, джерелом останніх можуть бути ті ж самі методи, а причини їхнього існування виявляються такими ж, як і ті, за допомогою яких в наші дні досягається наукове знання. Якщо, з другого боку, їх слід називати науковими, тоді виявляється, що наука включала в себе елементи концепцій, цілком не сумісних із тими, які вона містить нині. Якщо ці альтернативи неминучі, то історикам треба взяти останню. Застарілі теорії засадниче не можна вважати ненау-

ковими тільки на тій підставі, що вони були відкинуті. Але в такому разі навряд чи можна розглядати науковий розвиток як простий приріст знання. Те ж таки історичне дослідження, що вирізняє труднощі у визначенні авторства відкриттів і винаходів, водночас дає ґрунт глибоким сумнівам стосовно того процесу накопичення знань, шляхом якого, як гадали раніше, синтезуються всі індивідуальні внески в науку.

Результатом усіх цих сумнівів і труднощів є зараз революція, яка починається в історіографії науки. Поступово, і часто остаточно не усвідомлюючи цього, історики науки почали ставити інші питання і відстежувати інші напрямки в розвитку науки, причому ці напрямки часто відхиляються від кумулятивної моделі розвитку. Вони не так прагнуть відшукати в колишній науці непроминуці елементи, що збереглися до сучасності, як намагаються розкрити історичну цілісність цієї науки в той період, коли вона існувала. Їх цікавить, наприклад, не питання про ставлення переконань Галілея до сучасних наукових положень, а радше стосунки між його ідеями та ідеями його наукового співтовариства, тобто його вчителями, сучасниками і його безпосередніми наступниками в історії науки. Більше того, вони наполягають на вивченні думок цього та інших подібних співтовариств з погляду (який звичайно надто відрізняється від погляду сучасної науки), що визнає за цими переконаннями максимальну внутрішню узгодженість і максимальну можливість відповідності природі. Наука в світлі праць, породжуваних цим новим поглядом (тут кращим прикладом можуть бути твори Александра Койре), постає як щось цілком інше, ніж схема, що її розглядали вчені з позицій старої історіографічної традиції. У всякому разі ці історичні дослідження наводять на думку про можливість нового образу науки. Цей нарис має за мету хоча б схематично охарактеризувати новий образ науки, виявляючи деякі передумови нової історіографії.

Які аспекти науки вийдуть на перший план внаслідок цих зусиль? По-перше, хоча б попередньо, слід зауважити, що для численних різновидів наукових проблем недостатньо лише самих собою методологічних директив, щоб прийти до однозначного і доказового висновку. Якщо електричні або хімічні явища змусити досліджувати людину, яка не знає цих галузей, але знає, що таке «науковий метод» взагалі, то вона може,

розмірковуючи цілком логічно, прийти до будь-якого з безлічі несумісних висновків. До якого саме з цих логічних висновків вона прийде, ймовірно, визначатиметься її минулим досвідом в інших галузях, які їй доводилося досліджувати раніше, а також індивідуальним складом її розуму. Наприклад, які уявлення про зірки вона добирає для вивчення хімії або електричних явищ? Які саме з численних експериментів, можливих в новій для неї галузі, вона виконає насамперед? І які саме аспекти складної картини, що постане внаслідок цих експериментів, справлять на неї враження особливо перспективних для з'ясування природи хімічних перетворень або сил електричних взаємодій? Принаймні для окремого вченого, а іноді так само й для наукового співтовариства, відповіді на подібні запитання часто вельми істотно визначають розвиток науки. Скажімо, в II розділі ми звернемо увагу на те, що ранні стадії розвитку більшості наук характеризуються постійним суперництвом різноманітних уявлень про природу. Відтак кожне уявлення тією чи іншою мірою виводиться з даних наукового спостереження і приписів наукового методу, а всі уявлення хоча б у загальних рисах не суперечать цим даним. Школи ж відрізняються не окремими приватними недоліками методів, що вони ними послуговуються (адже ж були цілком «науковими»), а тим, що ми називатимемо неспівмірністю способів бачення світу і практики наукового дослідження в цьому світі. Спостереження і досвід можуть і повинні різко обмежити контури тієї галузі, в якій наукове міркування має силу, інакше науки як такої не буде. Але самі собою спостереження і досвід ще не можуть визначити специфічного змісту науки. Формотворним інгредієнтом переконань, що їх дотримується певне наукове співтовариство у певний час, завжди є особисті та історичні чинники — елементи ймовірно випадкові й довільні.

Наявність цього елемента довільності не вказує, однак, на те, що будь-яке наукове співтовариство могло б займатися своєю діяльністю без певної системи узвичаєних уявлень. Не применшує він і ролі тієї сукупності фактичного матеріалу, на якій заснована діяльність співтовариства. Навряд чи будь-яке ефективне дослідження можна почати до того, як наукове співтовариство вирішить, що має обґрунтовані відповіді на такі, скажімо, запитання: які фундаментальні одиниці, з котрих

складається Всесвіт? Як вони взаємодіють одне з одним і з органами чуттів? Які запитання вчений має право ставити стосовно таких суттєвостей і які методи можуть бути використані для їхнього вирішення? Принаймні в розвинутих науках відповіді (або те, що повністю замінює їх) на подібні запитання тривко закладаються в процесі навчання, що готує студентів до професійної діяльності і дає право брати участь у ній. Рамки цього навчання точні та жорсткі, відтак відповіді на означені запитання залишають глибокий слід на науковому мисленні індивідуума. Цю обставину необхідно серйозно враховувати, розглядаючи особливу ефективність нормальної наукової діяльності і визначаючи сучасний напрямок. Розглядаючи в III, IV, V розділах нормальну науку, ми матимемо за мету описати дослідження як завзяту і наполегливу спробу нав'язати природі ті концептуальні рамки, що їх дала професійна освіта. Водночас нас цікавитиме запитання, чи може наукове дослідження обійтися без таких рамок, незалежно від того, який елемент довільності наявний в їхніх історичних джерелах, а іноді і в їхньому наступному розвитку.

Однак цей елемент довільності має місце та істотно впливає на розвиток науки, що ми детально розглянемо в VI, VII і VIII розділах. Нормальна наука, на розвиток якої змушена витрачати майже весь свій час більшість учених, ґрунтується на припущенні, що наукове співтовариство знає, який навколо нас світ. Численні успіхи науки народжуються з прагнення співтовариства захистити таке припущення, і якщо необхідно — то й дуже дорогою ціною. Нормальна наука, приміром, часто придушує фундаментальні нововведення, позаяк вони неминуче руйнують її основні установки. Тим не менше, доти, доки ці установки зберігають в собі елемент довільності, сама природа нормального дослідження гарантує, що ці нововведення не придушуватимуться занадто довго. Іноді проблема нормальної науки, проблема, що її треба розв'язувати за допомогою відомих правил і процедур, не піддається неодноразовим натискам навіть найталановитіших членів групи, до компетенції якої вона належить. В інших випадках інструмент, призначений і сконструйований для цілей нормального дослідження, виявляється неспроможним функціонувати так, як це передбачалося, що свідчить про аномалію, яку, незважаючи на всі зусилля, не вдається узгодити з нормами професійної освіти. Таким чи-

ном (і не тільки таким) нормальна наука весь час збивається на манівці. І коли це відбувається — тобто коли фахівець не може більше уникнути аномалій, які руйнують наявну традицію наукової практики, — починаються нетрадиційні дослідження, які, врешті-решт, приводять усю галузь науки до нової системи приписів (commitments), до нового базису для практики наукових досліджень. Виняткові ситуації, в яких виникає зміна професійних приписів, розглядатимуться в нашій роботі як наукові революції. Вони є доповненнями до зв'язаної традиціями діяльності нормальної науки, — доповненнями, які руйнують традиції.

Найочевидніші приклади наукових революцій являють собою ті відомі епізоди в розвитку науки, за якими вже давно закріпилася назва революцій. Тому в IX і X розділах, де вперше безпосередньо аналізується природа наукових революцій, ми не раз зустрінемося з великими поворотними пунктами в розвитку науки, пов'язаними з іменами Коперніка, Ньютона, Лавуазьє та Ейнштейна. Краще за всі інші досягнення, принаймні в історії фізики, ці поворотні моменти слугують зразками наукових революцій. Кожне з цих відкриттів необхідно зумовлювало відмову наукового співтовариства від тієї чи іншої освяченої століттями наукової теорії на користь іншої теорії, несумісної з попередньою. Кожне з них викликало наступне зрушення в проблемах, які підлягають ретельному науковому дослідженню, і в тих стандартах, за допомогою яких професійний вчений визначав, чи можна вважати доцільною ту чи ту проблему або закономірним те чи інше її розв'язання. І кожне з цих відкриттів змінювало наукову уяву так, що ми, врешті-решт, повинні визнати це перетворенням світу, в якому провадиться наукова робота. Такі зміни разом із дискусіями, що незмінно супроводжують їх, і визначають основні характерні риси наукових революцій.

Ці характерні риси занадто виразно проступають, коли вивчати, скажімо, революцію, здійснену Ньютоном, або революції в хімії. Однак ті самі риси можна знайти (і в цьому полягає одне з основних положень моєї праці), вивчаючи інші епізоди в розвитку науки, які не мають такого явного революційного значення. Для значно вужчих професійних груп, наукові інтереси яких зачепило, скажімо, створення електромагнітної теорії, рівняння Максвелла були не менш революційні, за теорію Ейнштейна, і опір їхньому прийняттю був аж ніяк не слабшим.

Створення інших нових теорій із зрозумілих причин викликає таку саму відповідь фахівців, чію сферу компетенції вони порушують. Для цих фахівців нова теорія припускає зміну в правилах, якими досі керувались учені в практиці нормальної науки. Отже, нова теорія неминуче відбивається на широкому фронті завершеної ними наукової роботи, і через те, хоч би якою спеціальною була галузь її застосування, нова теорія ніколи не являє собою (або, у всякому разі, дуже зрідка являє) простого нарощування вже відомого. Засвоєння нової теорії вимагає перебудови попередньої і переоцінки колишніх фактів, внутрішнього революційного процесу, що зрідка буває під силу одному вченому і ніколи не робиться за один день. Нічого дивного в тому, що історикам науки буває надто важко визначити точно дату цього тривалого процесу, хоч сама їхня термінологія спонукає бачити в цьому процесі якусь ізольовану подію.

Окрім того, створення нових теорій не є єдиною категорією подій в науці, що надихають фахівців на революційні перетворення в галузях, в яких ці теорії виникають. Приписи, що керують нормальною наукою, визначають не тільки ті види суттєвості, які включає в себе Всесвіт, але, неявно, й те, чого в ньому немає. Звідси впливає (хоча ця думка вимагає ширшого обговорення), що відкриття, подібні до відкриття кисню або рентгенівських променів, не просто додають ще якусь кількість знання світові вчених. Зрештою це справді відбувається, але не раніше, ніж співтовариство вчених-професіоналів переоцінить значення традиційних експериментальних процедур, змінить своє поняття про суттєвість, з яким воно давно зріднилось, і в процесі цієї перебудови видозмінить і теоретичну схему, крізь яку воно сприймає світ. Науковий факт і теорія насправді не відгороджуються одне від одного глухим муром, хоч подібний розподіл і можна зустріти в традиційній практиці нормальної науки. Ось чому непередбачені відкриття не є просто введенням нових фактів. З цієї ж таки причини фундаментально нові факти або теорії якісно перетворюють світ ученого в тою мірою, якою кількісно збагачують його.

Надалі ми докладніше зупинимося на цьому розширеному понятті природи наукових революцій. Відомо, що будь-яке розширення поняття робить неточним його звичайне вживання. Тим не менше, я й надалі говоритиму навіть про окремі відкриття як про революційні, позаяк тільки так можна порівняти їхню струк-

туру з тими аспектами, скажімо, коперніканської революції, які й роблять, як я гадаю, це розширене поняття важливим. Попереднє обговорення показує, як будуть розглянуті поняття (які доповнять одне одного) нормальної науки і наукових революцій в дев'яти наступних розділах. В інших частинах праці спробуємо висвітлити ще три кардинальних питання. В XI розділі через обговорення традицій підручників з'ясовується, чому раніше так важко було констатувати настання наукової революції. XII розділ описує суперництво прибічників старих традицій нормальної науки з прибічниками нових, характерне для періоду наукових революцій. Отже, розглядається процес, який міг би якоюсь мірою замінити в теорії наукового дослідження процедури підтвердження або фальсифікації, тісно пов'язані з нашим звичайним образом науки. Конкуренція різноманітних груп наукового співтовариства є єдиним історичним процесом, який ефективно приводить до заперечення якоїсь раніше узвичаєної теорії або до визнання іншої. Насамкінець, в XIII розділі розглянемо питання, яким чином розвиток науки через революції може поєднуватися з безпосередньо сприйнятою єдністю наукового прогресу. Однак цей нарис пропонує не більш ніж основні контури відповіді на поставлене запитання. Ця відповідь залежить від опису основних властивостей наукового співтовариства, для вивчення яких потрібно ще багато додаткових зусиль.

Немає жодного сумніву, що деяких читачів вже цікавило запитання, чи можуть конкретні історичні дослідження сприяти концептуальному перетворенню, яке є метою нашої праці. Розмірковуючи формально, можна дійти висновку, що історичними методами цієї мети не досягнути. Історія, як ми занадто часто говоримо, є чисто описовою дисципліною. А тези, запропоновані вище, більше нагадують інтерпретацію, а іноді мають і нормативний характер. Окрім того, численні з моїх узагальнень стосуються галузі соціології науки або соціальної психології вчених, хоч принаймні декілька з моїх висновків витримані в традиціях логіки або епістемології. Може навіть видатися, що в попередньому викладі я порушив широко визнаний нині розподіл між «контекстом відкриття» і «контекстом обґрунтування». Чи може така мішанина різних галузей науки і наукових інтересів породити що-небудь, крім плутанини?

Відволікаючись у своїй роботі від цього та інших подібних розрізень, я тим не менше цілком усвідомлював їхню важли-

вість і цінність. Протягом багатьох років я вважав, що вони пов'язані з природою пізнання. Навіть зараз вважаю, що при відповідному уточненні вони можуть бути нам корисними. Незважаючи на це, результати моїх спроб застосувати їх, навіть *grosso modo* (в широкому плані) до реальних ситуацій, в яких виробляється, схвалюється і сприймається знання, виявилися надзвичайно проблематичними. Ці розрізнення тепер уявляються мені радше складниками традиційної системи відповідей якраз на ті запитання, що виникли спеціально для цих відповідей. Колишнє уявлення про них, як елементарні логічні або методологічні розрізнення, які мають таким чином передбачити аналіз наукового знання, виявляється менш правдоподібним. Логічне коло, що виникає при цьому, зовсім не знецінює ці розрізнення. Але вони стають частинами якоїсь теорії і тому мають бути ретельно проаналізовані, як це робиться щодо теорій в інших галузях науки. Якщо за змістом вони не просто чисті абстракції, тоді цей зміст треба виявити через розгляд їх стосовно даних, які вони покликані висвітлювати. Хіба тоді історія науки не може розщедритися на матеріал, до якого будуть адекватно застосовувані наші теорії пізнання?

II. Шлях до нормальної науки

У пропонованому нарисі термін «нормальна наука» означає дослідження, яке міцно спирається на одне або кілька колишніх наукових досягнень — досягнень, які протягом якогось часу певне наукове співтовариство визнає основою для розвитку його подальшої практичної діяльності. У наш час такі досягнення викладають, хоча й рідко в їхній первісній формі, підручники — елементарні або підвищеного типу. Ці підручники роз'яснюють суттєвість прийнятої теорії, ілюструють численні або всі її вдалі застосування і порівнюють ці застосування з типовими спостереженнями і експериментами. До того як подібні підручники стали загальнопоширеними, що відбулося на початку XIX ст. (а для нових наук навіть пізніше), аналогічну функцію виконували відомі класичні праці вчених: «Фізика» Аристотеля, «Альмагест» Птолемея, «Начала» і «Оптика» Ньютона, «Електрика» Франкліна, «Хімія» Лавуазьє, «Геологія» Лайєля та багато інших. Тривалий час вони неявно визначали доцільність проблем і методів дослідження кожної галузі науки для наступних генерацій вчених. Це було можливо завдяки двом істотним особливостям цих праць. Їхнє створення було досить безпрецедентним, щоб надовго відвернути вчених від конкуруючих моделей наукових досліджень. Водночас вони були достатньо відкритими, щоб у їхніх рамках нові генерації учених могли знайти для себе будь-які невирішені проблеми.

Досягнення, у межах цих характеристик я називатиму далі «парадигмами» — терміном, тісно пов'язаним із поняттям «нормальної науки». Запроваджуючи цей термін, я мав на увазі, що деякі узвичаєні приклади фактичної практики наукових досліджень — приклади, що включають закон, теорію, їхнє практичне застосування і необхідне обладнання, — в сукупності дають нам моделі, з яких виникають конкретні традиції наукового дослід-

ження, традиції, що їх історики науки описують під рубриками «астрономія Птолемея (або Коперніка)», «аристотелівська (або ньютоніанська) динаміка», «корпускулярна (або хвильова) оптика» і так далі. Вивчення парадигм, в тому числі парадигм значно спеціалізованіших за названі тут мною з метою ілюстрації, є тим, що переважно і готує студента до членства в тому чи тому науковому співтоваристві. Позаяк у такій спосіб він приєднується до людей, які вивчали основи їхньої наукової галузі на тих самих конкретних моделях, його наступна практика в науковому дослідженні не часто розходиться з фундаментальними засадами. Учені, в основі наукової діяльності яких — однакові парадигми, спираються на одні й ті ж самі правила і стандарти наукової практики. Ця спільність настанов і видима узгодженість, яку вони забезпечують, являють собою передумови для нормальної науки, тобто для генези і наступності в традиції того чи того напрямку дослідження.

Позаяк у цьому нарисі поняття парадигми часто замінюватиме собою цілу низку знайомих термінів, необхідно передовсім зупинитися на причинах уведення цього поняття. Чому те чи інше конкретне наукове досягнення як об'єкт професійної прихильності є первинним щодо різноманітних понять, законів, теорій і поглядів, що можуть бути абстраговані з нього? В якому сенсі загально визнана парадигма є основною одиницею виміру для усіх, хто вивчає процес розвитку науки? Причому цю одиницю як певне ціле не можна повністю звести до логічно атомарних компонентів, що могли б функціонувати замість певної парадигми. Коли ми зіткнемося з такими проблемами в V розділі, відповіді на ці та подібні їм запитання виявляться основними для розуміння як нормальної науки, так і пов'язаного з нею поняття парадигми. Однак це абстрактніше обговорення залежатиме від попереднього розгляду прикладів нормальної діяльності в науці або функціонування парадигм. Зокрема, обидва ці пов'язані одне з одним поняття можна з'ясувати з урахуванням того, що може бути вид наукового дослідження без парадигм або принаймні без настільки визначених і обов'язкових парадигм, які уже названі нами. Формування парадигми і поява на її основі езотеричнішого типу дослідження є ознакою зрілості розвитку будь-якої наукової дисципліни.

Якщо історик, заглибившись у час, простежить розвиток наукового знання про будь-яку групу споріднених явищ, то він, певне, зіткнеться з повторенням в мініатюрі тієї моделі, що її ілюструють у нинішньому нарисі приклади з історії фізичної оптики. Сучасні підручники фізики розповідають студентам, що світло — це потік фотонів, тобто квантово-механічних суттєвостей, які виявляють певні хвильові властивості і водночас певні властивості часток. Дослідження відбувається відповідно до цих уявлень або, скоріше, згідно з більш розробленим і математизованим образом, з якого виводиться цей звичайний словесний опис. Таке розуміння світла має, однак, не більш ніж півстолітню історію. До того, як його розвинув Планк, Ейнштейн та інші на початку нашого століття, в підручниках з фізики говорилося, що світло являє собою розповсюдження поперечних хвиль. Це поняття було висновком з парадигми, яка виходить, врешті-решт, від праць Юнга і Френеля з оптики, датованих початком XIX ст. Водночас і хвильова теорія була не першою, яку прийняли майже всі дослідники оптики. Протягом XVIII ст. парадигма в цій галузі ґрунтувалася на «Оптиці» Ньютона, а вона стверджувала, що світло являє собою потік матеріальних часток. Тоді фізики прагнули виявити тиск світлових часток, що вдаряються об тверді тіла; ранні ж прибічники хвильової теорії зовсім не прагнули до цього¹.

Ці перетворення парадигм фізичної оптики є науковими революціями, і послідовний перехід від однієї парадигми до іншої через революцію — звичайна модель розвитку зрілої науки. Однак ця модель не характерна для періоду, що передує працям Ньютона, і нам варто з'ясувати, у чому полягає причина цієї відмінності. Від глибокої давнини до кінця XVII ст. не було такого періоду, щоб його характеризував би якийсь єдиний, узвичаєний погляд на природу світла. Натомість було безліч суперницьких шкіл і школок, більшість яких дотримувала того чи того різновиду епікурейської, аристотелівської або платонівської теорій. Одна група розглядала світло як часточки, які випускають матеріальні тіла; для другої світло було модифікацією середовища, що знаходилось між тілом і оком;

¹ J. Priestley. *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours*. London, 1772, pp. 385-390.

ще одна група пояснювала світло в термінах взаємодії середовища з випромінюванням самих очей. Окрім цих, були інші варіанти і комбінації пояснень. Кожна з відповідних шкіл черпала силу в якихось власних метафізичних міркуваннях, і кожна парадигмальними спостереженнями підкреслювала саме той набір властивостей оптичних явищ, який її теорія могла найкраще пояснити. Інші спостереження мали справу з розробками *ad hoc* (гіпотетичні побудови, спеціально створювані для конкретного випадку) або відкладали невирішені проблеми для подальшого дослідження².

У різні часи всі ці школи зробили значний внесок у сукупність понять, явищ і технічних засобів, з яких Ньютон склав першу більш-менш загальноприйнятну парадигму фізичної оптики. Будь-яке визначення образу вченого, якому не підлягають принаймні найбільш творчо мислячі члени цих різних шкіл, однаково правочинне і щодо їхніх сучасних наступників. Представники цих шкіл були вченими. І все-таки з будь-якого критичного огляду фізичної оптики до Ньютона цілком можна дійти висновку, що, хоча дослідники цієї галузі були вченими, чистий результат їхньої діяльності не повною мірою можна назвати науковим. Не маючи можливості прийняти без доказу бодай якусь загальну основу для своїх наукових переконань, кожний автор відчував необхідність творити фізичну оптику ще раз, починаючи із самих основ. Через це він, на підтримку своїх поглядів, обирав експерименти і спостереження відносно вільно, позаяк не було жодної стандартної системи методів або явищ, яку кожен, хто писав про оптику, мав би застосовувати і пояснювати. За таких умов автори праць з оптики апелювали до представників інших шкіл аж ніяк не менше, аніж до самої природи. Таке становище незрідка зустрічається в багатьох галузях наукової творчості і по сьогодні; в ньому немає нічого такого, що робило б його несумісним із важливими відкриттями і винаходами. Однак це не та модель розвитку науки, що її фізична оптика почала дотримуватися після Ньютона і яка тепер увійшла у вжиток й інших природничих наук.

Історія дослідження електричних явищ у першій половині XVIII ст. дає конкретніший і відоміший приклад того, як розвивається наука, перед тим, як виробить свою першу, всіма визнану, парадигму. Протягом цього періоду щодо природи

² V. Ronchi. Histoire de la lumière. Paris, 1956. chaps. I-IV.

електрики було майже стільки ж думок, скільки і видатних експериментаторів у цій галузі, разом з такими, як Гауксбі, Грей, Деагюльє, Дюфе, Ноллет, Вотсон, Франклін та інші. Всі їхні численні концепції електрики мали щось спільне — певною мірою вони впливали з того чи іншого варіанту корпускулярно-механічної філософії, якою керувалися всі тодішні наукові дослідження. Крім того, всі вони були компонентами справді наукових теорій — теорій, частково народжених експериментом і спостереженням і які почасти самі детермінували вибір та інтерпретацію подальших проблем, що підлягають дослідженню. Незважаючи на те, що всі експерименти були спрямовані на вивчення електричних явищ і більшість експериментаторів була знайома з працями своїх колег, їхні теорії були схожі одна на одну лише вельми загально³.

Одна рання група теорій, наслідуючи практику XVII — XVIII ст., розглядала притягання і електризацію тертям як основні електричні явища. Ця група була схильна тлумачити відштовхування як вторинний ефект, зумовлений певним видом механічної взаємодії, і, крім того, наскільки можливо відкладати як обговорення, так і систематичне дослідження відкритого Греєм ефекту електричної провідності. Інші «електрики» (як вони самі себе називали) розглядали притягання і відштовхування як однаково елементарні вияви електрики і відповідно модифікували свої теорії і дослідження. (Фактично ця група була напрочуд нечисленна; навіть теорія Франкліна ніколи повністю не враховувала взаємного відштовхування двох негативно заряджених тіл.) Але й ці дослідники, як і члени першої групи, стикалися із численними труднощами, аналізуючи і зіставляючи всі (окрім найпростіших) явища, пов'язані з електропровідністю. Однак електропровідність стала вихідною точкою ще й для третьої

³ D. Roller and D. H. D. Roller. The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb // Harvard Case Histories in Experimental Science, Case 8, Cambridge, Mass., 1954; I. B. Cohen. Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof. Philadelphia, 1956, chaps. VII-XII. Деякими деталями аналізу в цьому розділі я зобов'язаний ще неопублікованій статті мого студента Джона Л. Хейлброна. Доки ця робота не побачила світу, докладніше і точніше, ніж тут, виклад того, як виникла парадигма Франкліна, можна знайти в: T. S. Kuhn. The Function of Dogma in Scientific Research, in: A. C. Crombie (ed), Symposium on the History of Science. University of Oxford, July 9-15, 1961. Heinemann Educational Books, Ltd.

групи дослідників, схильної говорити про електрику як про «флюїд», що міг протікати через провідники. Цю думку вони протиставляли уявленню про «витікання», джерелом якого є тіла, що не проводять електрики. Але водночас цій групі теж важко було узгодити свою теорію з низкою ефектів відштовхування і притягання. Тільки завдяки працям Франкліна і його найближчих послідовників була створена теорія, що спромоглася, можна сказати, однаково легко врахувати майже всі без винятку ефекти і, отже, могла забезпечити і справді забезпечила наступну генерацію «електриків» загальною парадигмою для їхніх досліджень.

Якщо не враховувати дисциплін, подібних математиці та астрономії, перші тривкі парадигми яких належать до періоду їхньої передісторії, а також тих дисциплін, які, подібно біохімії, виникають внаслідок розподілу і перебудови вже сформованих галузей знання, ситуації, нами описані, типові в історичному плані. Тому й надалі я використовуватиму це, можливо, й не дуже вдале спрощення, тобто символізувати значну історичну подію з історії науки єдиним і якоюсь мірою довільно обраним ім'ям (наприклад, Ньютон або Франклін). При цьому я вважаю, що фундаментальні розбіжності, на кшталт розглянутих, характеризували, наприклад, вчення про рух до Аристотеля і статику до Архімеда, вчення про теплоту до Блека, хімію до Бойля і Бургаве або історичну геологію до Геттона. В таких розділах біології, як, приміром, вчення про спадковість, перші парадигми з'явилися лише останнім часом; залишається повністю відкритим питання, чи існують такі парадигми в якихось розділах соціології. Історія наводить на думку, що шлях до тривкої згоди в дослідницькій роботі надзвичайно важкий.

Тим не менше історія вказує і на певні причини труднощів на цьому шляху. За браком парадигми або того, що ймовірно може виконати її роль, всі факти, які могли б, здавалося, мати якийсь стосунок до розвитку даної науки, виглядають однаково доречними. Відтак первісне накопичення фактів є діяльністю, що значно частіше наражається на випадковості, ніж діяльність, що стає звичною протягом наступного розвитку науки. Більше того, якщо немає причини для пошуків якоїсь особливої форми спеціальнішої інформації, то накопичення фактів в цей ранній період звичайно обмежується очевидностями. Внаслідок цього процесу утворюється певний фонд фактів, окремі з яких доступні простому спостереженню і експе-

рименту, а інші — езотеричніші — запозичуються з галузей практичної діяльності, що вже раніше існували, таких, як медицина, укладання календарів або металургія. Позаяк ці практичні галузі є легко доступним джерелом фактів, яких не можна виявити поверховим спостереженням, техніка часто відігравала життєво важливу роль у виникненні нових наук.

Але хоч цей спосіб накопичення фактів був істотним для виникнення багатьох важливих наук, кожний, хто ознайомиться, наприклад, з енциклопедичними працями Плінія або природничою «історією» Бекона, написаною в XVII ст., зауважить, що такий спосіб призводив до великої плутанини. Подібну літературу навіть сумнівно називати науковою. Беконівські «історії» теплоти, кольору, вітру, гірської справи і так далі наповнені інформацією, частина якої малозрозуміла. Та головне, факти, які будуть пізніше розтлумачені зовсім інакше (як-от, нагрівання за допомогою змішування), тут поставлені в один ряд з іншими (наприклад, нагрівання купи гною). Тим часом, таке зіставлення певний час залишалося занадто складним, щоб його можна було включити бодай в'яку-небудь цілісну теорію⁴. Крім того, позаяк будь-який опис неминуче неповний, давня природна історія звичайно упускає в своїх неймовірно докладних описах саме ті деталі, в яких пізніше вчені знайдуть ключ до пояснення. Скажімо, навряд чи хоч би одна з ранніх «історій» електрики згадує про те, що дрібні частки, притягнуті натертою скляною паличкою, потім відпадають. Цей ефект спершу здавався механічним, а не електричним⁵. Більше того, позаяк саме збирання випадкових спостережень не залишало часу і не давало приводу для критики, природничі історії часто суміщали описи на кшталт наведених вище з іншими, скажімо, описами нагрівання через антиперистасіс (або охолодження), які тепер нічим не підтверджуються⁶. Лише

⁴ Пор. нарис природної історії теплоти в «Новому Органоні» Бекона: Ф. Бекон. Новый Органон. Государственное социально-экономическое изд-во, М., 1938.

⁵ D. Roller and D. H. Roller. *Op. cit.*, pp. 14, 22, 28, 43. Тільки після праці, що її цитували Роллери на стор. 43, став загальноновизнаним той факт, що ефекти відштовхування мають, без сумніву, електричну природу.

⁶ Ф. Бекон говорить: «Так, ледь тепла вода легше замерзне, ніж зовсім холодна...» (Ф. Бекон. Новый Органон, с. 225). Частковий розгляд ранньої історії цього дивного спостереження див. в: M. Clagett. *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics*, N. Y., 1941, chap. IV.

дуже зрідка, як, наприклад, у випадку античної статичної динаміки і геометричної оптики, факти, зібрані з таким незначним впливом раніше створеної теорії, достатньо певно дають підставу для виникнення початкової парадигми.

Такою є обстановка, в якій створюються школи, характерні для ранніх стадій розвитку науки. Жодну природничу історію не можна інтерпретувати, якщо немає хоч би позірного переплетіння теоретичних і методологічних передумов, засад, які припускають добір, оцінку та критику фактів. Якщо така підстава буде вже явною в зібранні фактів (в цьому разі ми володіємо вже чимось більшим, аніж просто фактами), її треба буде підтримати ззовні, може, за допомогою буденної філософії, або іншої науки, або через настанови особистого чи суспільно-історичного плану. Тому й не дивно, що на ранніх стадіях розвитку будь-якої науки різні дослідники, стикаючись із тими самими категоріями явищ, далеко не завжди ті ж самі специфічні явища описують та інтерпретують однаково. Можна визнати дивним і навіть певною мірою унікальним саме для науки як особливої сфери, що такі первісні розбіжності згодом зникають.

А вони й справді зникають, спершу дуже значною мірою, а потім і остаточно. Більше того, їхнє зникнення звичайно викликане тріумфом однієї з допарадигмальних шкіл, що внаслідок її власних характерних переконань і упереджень наголошує тільки на якійсь особливій стороні дуже великої за обсягом і бідної за змістом інформації. Дослідники електричних явищ, які вважали електрику флюїдом і, отже, над усе наголошували на провідності — чудовий приклад цьому. Концепція, якою вони керувались, навряд чи могла охопити відому до того часу різноманітність ефектів притягання і відштовхування. Деякі з них висували ідею вкласти «електричну рідину» в судину. Безпосереднім результатом їхніх зусиль стало створення лейденської банки, що її винайшли принаймні два дослідники на початку 40-х років XVIII ст. фактично незалежно один від одного — приладу, якого ніколи не зробила б людина, яка досліджує природу наосліп або навмання⁷. Майже від початку досліджень у галузі електрики Франклін особливо зацікавився поясненням цього дивного і багатообіцяючого виду спеціальної апаратури. Його успіх у цьому поясненні дав йому найефективніші аргументи, які зробили його

⁷D. Roller and D. H. Roller. Op. cit., pp. 51-54.

теорію парадигмою, хоч і такою, яка все ще була неспроможною повністю охопити всі відомі випадки електричного відштовхування⁸. Теорія, прийнята у вигляді парадигми, має видаватися кращою, ніж конкуруючі з нею інші теорії, але вона аж ніяк не зобов'язана (і фактично цього ніколи не буває) пояснювати всі факти, які можуть зустрітися на її шляху.

Ту ж таки роль, що її відіграла флюїдна теорія електрики в долі підгрупи вчених, які дотримувалися цієї теорії, відіграла пізніше і парадигма Франкліна в долі всієї групи вчених, які досліджували електричні явища. Завдяки цій теорії можна було заздалегідь припустити, які експерименти слід провадити і які експерименти не могли мати істотного значення, позаяк були спрямовані на вторинні або занадто складні вияви електрики. Тільки парадигма могла зробити працю з добору експериментів ефективнішою. Почасти це пояснюється тим, що припинення безплідних суперечок між різними школами припиняло і безкінечні дискусії з приводу основних принципів. Крім того, певність у тому, що вони на правильному шляху, спонукала вчених до тоншої, езотеричної праці, до дослідження, яке потребувало чимало зусиль і часу⁹. Не відволікаючись на вивчення кожного електричного явища, згуртована група дослідників спромоглася після цього зосередити увагу на детальнішому вивченні обраних явищ. Крім того, вона отримала можливість створювати численні спеціальні прилади і систематичніше, цілеспрямованіше ніж будь-хто з учених раніше їх використовувати. Відповідно зростала ефективність і продуктивність досліджень, які давали цілко-

⁸ Про складні випадки взаємного відштовхування негативно заряджених тіл див.: Cohen. *Op cit.*, pp. 491-494, 531-543.

⁹ Слід відзначити, що прийняття теорії Франкліна не поклато край дискусіям. 1759 року Роберт Саймер запропонував двофлюїдний варіант цієї теорії, і багато років потому дослідники електричних явищ розминалися в поглядах з питання, чи є електрика одно- чи двофлюїдною. Але обговорення цього питання лише потверджує те, що вже йшлося стосовно того, як універсально визнані досягнення науки приводять до об'єднання вчених. Дослідники електрики, звично розходячись у думках із цього питання, швидко дійшли висновку, що не може бути такого експерименту, який міг би розрізнити два варіанта теорії, і отже, вони еквівалентні. Після цього обидві школи отримали і реалізували можливість послуговуватися всіма перевагами теорії Франкліна (*ibid.*, pp. 543-546, 548-554).

виті підстави для проникливого методологічного вислову Френсіса Бекона (хоча Бекон мав на увазі насамперед суспільство): «... Істина все ж таки, скоріше, виникає з помилки, аніж із плутанини...»¹⁰.

Природу цих надзвичайно спрямованих, обгрунтованих на парадигмі досліджень розглянемо в наступному розділі. Та, забігаючи наперед, необхідно хоч би стисло зазначити, як виникнення парадигми впливає на структуру групи, яка розробляє ту чи ту галузь науки. Коли в розвитку природничої науки окремих вчених або група дослідників уперше створюють синтетичну теорію, спроможну переконати більшість представників наступної генерації дослідників, колишні школи поступово зникають. Зникнення цих шкіл частково зумовлене зверненням їхніх членів до нової парадигми. Але завжди залишаються вчені, вірні тій чи тій застарілій думці. Вони просто випадають із подальших спільних зусиль представників їхньої професії, які відтоді ігнорують всі їхні зусилля. Нова парадигма припускає і нове, виразніше визначення галузі дослідження. І ті, хто не бажає або не може пристосувати свою роботу до нової парадигми, повинні перейти до іншої групи, в противному разі вони приречені на ізоляцію¹¹. Історично вони часто так і залишалися в лабіринтах філософії, що свого часу дала життя багатьом спеціальним наукам. Ці міркування наводять на думку, що саме завдяки прийняттю парадигми група, що раніше цікавилася вивченням природи з простої цікавості, стає професійною, а предмет її зацікавлення перетворюється на наукову дисципліну. В науці (щоправда, не в таких галузях, як медицина, технічні науки,

¹⁰ Ф. Бекон. Новый Органон, с. 134.

¹¹ Історія електрики дає чудові приклади, яких можна навести і вдвічі більше, якщо досліджувати діяльність Прістлі, Кельвіна та ін. Франклін повідомляє, що Ноллет, найвпливовіший з континентальних дослідників електрики середини століття, «жив, вважаючи себе останнім у своїй «секті», за винятком містера Б., його кращого і найближчого учня» (M. Fagand (ed.). Benjamin Franklin's Memoirs. Berkeley, Calif., 1949, pp. 384-386). Ще цікавіше спостерігати стійкість цілих шкіл, які все більше й більше ізолюються від професійної науки. Прикладом цього може бути астрологія, яка була колись частиною астрономії. Можна звернути увагу також на продовження наприкінці XVIII — початку XIX ст. колишньої респектабельної традиції «романтичної хімії». Цю тради-

юриспруденція, принципова *raison d'être* (підстава для існування) яких забезпечена соціальною необхідністю) з першим прийняттям парадигми пов'язані створення спеціальних журналів, організація наукових спільнот, вимоги про запровадження спеціального курсу в академічній освіті. Принаймні так склалося протягом останніх півтора століття, відтоді, як наукова спеціалізація вперше почала набувати інституціональної форми, і до сьогодні, коли ступінь спеціалізації став питанням престижу вчених.

Виразніше визначення наукової групи мало й інші наслідки. Коли окремих вчених може приймати парадигму без доказу, йому не потрібно в своїй роботі перебудовувати всю галузь ще раз, починаючи з вихідних принципів, і виправдовувати введення кожного нового поняття. Це можна залишити авторам підручників. Однак за наявності підручника творчо мислячий вчений може почати своє дослідження там, де воно зупинилося, і, таким чином, зосередитися винятково на найтонших і езотеричних явищах природи, які цікавлять його групу. Чинячи так, учений насамперед бере участь у зміні методів, еволюція яких надто мало вивчена, але сучасні результати їхнього використання очевидні для всіх і стримують ініціативу багатьох. Результати його дослідження вже не викладатимуться в книжках, адресованих, подібно до «Експериментів... з електрики» Франкліна або «Походження видів» Дарвіна, будь-кому, хто зацікавиться предметом їхнього дослідження. Натомість вони, зазвичай, виходять у світ у вигляді коротких статей, призначених тільки для колег-професіоналів, тільки для тих, хто, як передбачається, знає парадигму і має змогу читати йому адресовані статті.

У сучасних природничих науках книги — це або підручники, або ретроспективні міркування про той чи той аспект наукового життя. Професійна репутація вченого, який пише книгу, може не зрости, а впасти всупереч його очікуванням.

цію розглядають в: Ch. C. Gillispie. *The Encyclopédie and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences* // *Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett, Madison, Wis., 1959, pp. 255-289; *The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory* // *Archives Internationales d'histoire des sciences*, XXXVII, 1956, pp. 323-338

Лише на ранніх, допарадигмальних стадіях розвитку наук книга, зазвичай, висловлювала таке ставлення до професійних досягнень, яке вона все ще зберігає в деяких галузях творчості. І тільки в тих галузях, де книга разом зі статтями або без них залишається, як і колись, засобом комунікації між дослідниками, шляхи професіоналізації вимальовуються настільки розпливчато, що навіть аматор може лестити себе надією, ніби він стежить за прогресом, читаючи справжні повідомлення вчених-дослідників. У математиці та астрономії дослідницькі повідомлення перестали бути зрозумілими для широкої аудиторії вже за античності. В динаміці дослідження наблизилося до езотеричного типу наприкінці середніх віків і знов набуло більш-менш зрозумілої для всіх форми, (щоправда, не на довго) на початку XVII ст., коли нова парадигма замінила ту парадигму, якою динаміка керувалася в добу середньовіччя. Дослідження електричних явищ потребувало переходу від аматорських до професійних форм до кінця XVIII ст., а більшість інших галузей фізичної науки перестали бути зрозумілими в XIX ст. Протягом тих таки двох століть подібні перетворення можна було спостерігати і в різноманітних розділах біологічних наук. У суспільних науках із ними можна зустрітися й сьогодні. Хоча стають звичними і цілком доречними жалкування з приводу поглиблення прірви, яка все більше розводить професійного вченого і його колег в інших галузях, занадто мало уваги звертають на взаємозв'язок між процесом поглиблення прірви і внутрішніми механізмами розвитку науки.

З доісторичних часів одна наука слідом за іншою перетинали межу між тим, що історик може назвати передісторією даної науки як науки і власне її історією. Ці переходи до стадії зрілості рідко бувають такими раптовими і такими явними, як я показав їх у своєму вимушено схематичному викладі. Але під кутом зору історії вони не були й поступовими і їх не можна розглядати як відповідні за тривалістю до загального розвитку тих галузей науки, в межах яких вони відбуваються. Вчені, які писали про електрику протягом перших чотирьох десятиріч XVIII ст., володіли значно більшою інформацією про електричні явища, ніж їхні попередники в XVI-XVII століттях. Після 1740 року протягом півстоліття до списків цих явищ додалося зовсім небагато даних. Тим не менше у низці важливих момен-

тів праці Кавендіша, Кулона, Вольты з електрики в останній третині XVIII ст. виглядають як передові порівняно з працями Грея, Дюфе і навіть Франкліна, ніж роботи цих першовідкривачів у галузі електрики початку XVIII ст. порівняно з подібними дослідженнями в XVI ст.¹² Десь між 1740 і 1780 роком дослідники електричних явищ уперше змогли прийняти підстави своєї галузі без доказів. З цього моменту вони охочіше зверталися до конкретніших і спеціальніших проблем і все частіше почали публікувати результати своїх досліджень у статтях, призначених для інших дослідників у галузі електрики, віддаючи перевагу такому способу комунікації перед книгами, адресованими широкому колові читачів. Утворивши особливу наукову групу, вони досягли того, чого досягли астрономи античного світу, фахівці у галузі кінематики в середні століття, фізичної оптики наприкінці XVII ст. та історичної геології на початку XIX ст. Інакше кажучи, вони прийшли до парадигми, яка виявилася спроможною спрямовувати дослідження всієї групи в цілому. Важко знайти інший критерій, який би так ясно і безпосередньо потверджував, що дана галузь знань стала наукою. Перевагу може мати лише кут зору, за якого минуле розглядається з позицій сучасності.

¹² Розробка проблем електрики після Франкліна відзначена значним зростанням чутливості приладів для вимірювання величини електричних зарядів, появою і повсюдним розповсюдженням надійних засобів вимірювання зарядів, розвитком поняття місткості і його співвідношенням з іще раз уточненим поняттям електричної напруги, а також кількісним виразом електричної сили. Про усе це див.: D. Roller and D. H. D. Roller. *Op. cit.*, pp. 66-81; W. C. Walker. *The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century // Annals of Science*, I, 1936, pp. 66-100; E. Hoppe. *Geschichte der Elektrizität*. Leipzig, 1884, Part I, chaps. III-IV.

III. Природа нормальної науки

Яка ж тоді природа професійнішого і езотеричнішого дослідження, що стає можливим після прийняття групою вчених єдиної парадигми? Якщо парадигма представляє роботу, зроблену одного разу і для всіх, то виникає запитання, які проблеми вона залишає для наступного розв'язання цією групою? Запитання уявлятимуться іще невідкладнішими, якщо ми вкажемо тепер, як терміни, що ми ними досі послуговувалися можуть призвести до непорозуміння. У своєму усталеному вжитку, поняття парадигми означає прийняту модель або зразок; саме цей аспект значення слова «парадигма», позаяк немає ліпшого, дозволяє мені вживати його тут. Але, як незабаром буде з'ясоване, сенс слів «модель» і «зразок», що передбачають відповідність об'єкту, не повністю вбирає у себе визначення парадигми. В граматиці, наприклад, «*amo, amas, amat*» (люблю, любиш, любить) є парадигмою, бо цю модель можна використовувати як зразок, за яким відмінюється велике число латинських дієслів: наприклад, так само можна утворити форми «*laudo, laudas, laudat*» (хвалю, хвалиш, хвалить) і т. ін. В цьому стандартному застосуванні парадигма функціонує як дозвіл на копіювання прикладів, кожний з яких може в принципі її замінити. В науці ж парадигма рідко є об'єктом копіювання. Натомість, подібно до прийнятого судом рішення в полі загального закону, вона являє собою об'єкт для подальшої розробки і конкретизації в нових або жорстких умовах.

Щоб побачити, як це уможлиблюється, нам належить уявити, якою інколи обмеженою і за охопленням і за точністю може бути парадигма в момент своєї появи. Парадигми набувають свого статусу тому, що їх використання приводить до успіху швидше, ніж застосування конкуруючих з ними способів розв'язання деяких проблем, що їх дослідницька група визнає найгострішими. Однак успіх вимірюється не повною удачею у

розв'язанні однієї проблеми і не значною продуктивністю у розв'язанні багатьох проблем. Успіх парадигми, хай це аристотелівський аналіз руху, розрахунки розташування планет у Птолемея, застосування терезів Лавуазьє або математичний опис електромагнітного поля Максвеллом, спершу являє собою переважно перспективу успіху, який відкривається у розв'язанні низки проблем особливого роду. Заздалегідь невідомо, які саме будуть ці проблеми. Нормальна наука полягає в реалізації цієї перспективи у міру розширення частково наміченого в рамках парадигми знання про факти. Реалізація означеної перспективи досягається також завдяки все ширшому зіставленню цих фактів з передбаченнями на основі парадигми і завдяки подальшій розробці самої парадигми.

Мало хто із фактичних дослідників у річищі зрілої науки, усвідомлюють, як багато такої очисної роботи треба зробити у рамках парадигми і як це зрештою приємно. А це належало б розуміти. Саме порядкуванням і займається більшість учених протягом своєї наукової діяльності. Остання ж і складає те, що я називаю тут нормальною наукою. Як найближче розглядаючи цю діяльність в історичному контексті або в сучасній лабораторії, створюється враження, наче природу намагаються втиснути в парадигму, як у заздалегідь збиту і досить тісну коробку. Мета нормальної науки в жодному разі не вимагає передбачень нових видів явищ; явищ, які не вміщуються в цю коробку, часто, насправді, взагалі не помічають. У річищі нормальної науки вчені не ставлять собі за мету створення нових теорій, до того ж вони звичайно нетерпимі і до створення таких теорій іншим¹. Навпаки, дослідження в нормальній науці спрямоване на розробку тих явищ і теорій, існування яких парадигма заздалегідь припускає.

Можливо, все це варто вважати недоліками. Звичайно, галузі, що їх досліджує нормальна наука, невеликі, і запровадження нормального дослідження, що ми його зараз обговорюємо, надто обмежене. Але обмеження, народжені певністю в парадигмі, виявляються істотними для розвитку науки. Концентруючи увагу на невеликій галузі щодо езотеричних проблем, парадигма спонукає вчених досліджувати певний фрагмент при-

¹ В. Barber. Resistance by Scientists to Scientific Discovery // Science, CXXXIV, 1961, pp. 596-602.

роди детально і глибоко, що було б неможливо за інших обставин. У нормальній науки є власний механізм, і він послабить ці обмеження, що в процесі дослідження щоразу даються знаки, коли парадигма, з якої вони випливають, перестає бути ефективною. З цього моменту учені починають міняти тактику і природа проблем, що вони їх досліджують, теж змінюється. Однак доти, доки парадигма успішно функціонує, професійне співтовариство розв'язуватиме проблеми, які його члени навряд чи могли уявити і в усякому разі ніколи не могли б розв'язати, якби не мали парадигми. Принаймні частина цих досягнень завжди залишається в силі.

Щоб показати ясніше, що являє собою нормальне, тобто засноване на парадигмі, дослідження, я спробую класифікувати та ілюструвати проблеми, які в принципі має на увазі нормальна наука. Для зручності залишу осторонь теоретичну діяльність і почну зі стадії накопичення фактів, тобто з експериментів і спостережень, що їх описують спеціальні журнали, через які учені інформують колег про результати своїх постійних досліджень. Про які аспекти природи вчені звичайно повідомляють? Що визначає їхній вибір? Позаяк більша частина наукових спостережень поглинає чимало часу, грошей і вимагає спеціального оснащення, природно запитати, якої мети прагне вчений, доводячи цей вибір до практичного завершення?

Гадаю, зазвичай, буває тільки три центральних моменти в науковому дослідженні певної сфери фактів; їх неможливо різко виокремити, а іноді вони взагалі нерозривні. Насамперед існує клас фактів, які, як свідчить парадигма, особливо показові для відкриття суті речей. Беручи факти для розв'язання проблем, парадигма породжує тенденцію до їхнього уточнення і розпізнання у все ширшому колі ситуацій. У різні періоди такі значні фактичні уточнення полягали ось у чому: в астрономії — у визначенні розташування зірок і зіркових величин, періодів затемнення подвійних зірок і планет; у фізиці — в обчисленні питомих ваг та стиснення матеріалів, довжин хвиль і спектральних інтенсивностей, електропровідностей і контактних потенціалів; у хімії — у визначенні складу і молекулярних ваг, у встановленні точок кипіння і кислотностей розчинів, у побудові структурних формул і вимірі оптичної активності. Спробами збільшити точність і розширити коло відомих фактів, схожих на названі, рясніє значна частина літератури, при-

свяченої експериментам і спостереженням в науці. З цією метою багато разів створювали складну спеціальну апаратуру, а винахід, конструювання і спорудження цієї апаратури потребували видатних талантів, багато часу і значних фінансових витрат. Синхротрони і радіотелескопи являють собою лише найновіші приклади розмаху, з яким просувається робота дослідників, якщо парадигма гарантує їм значущість фактів, пошуками яких вони зайняті. Від Тихо Браге до Е. О. Лоренца деякі вчені завоювали собі репутацію великих не за новизну своїх відкриттів, а за точність, надійність і широту методів, розроблених ними для уточнення раніше відомих категорій фактів.

Другий, звичайний, але обмеженіший клас фактичних визначень належить до тих фактів, які часто, хоч і не вельми цікаві самі собою, можуть безпосередньо зіставлятися з передбаченнями парадигмальної теорії. Як ми незабаром побачимо, коли перейдемо від експериментальних до теоретичних проблем нормальної науки, існує небагато галузей, в яких наукова теорія, якщо вона має здебільшого математичну форму, може бути безпосередньо зіставлена з природою. Так загальна теорія відносності Ейнштейна має не більше трьох таких галузей². Більше того, навіть у тих галузях, де застосування теорії можливе, часто буває потрібна теоретична апроксимація, що надто обмежує очікувану відповідність. Поліпшення цієї відповідності або пошуки нових галузей, в яких можна продемонструвати повну відповідність, потребують постійного вдосконалення майстерності, збуджують фантазію експериментатора і спостерігача. Спеціальні телескопи для демонстрації передбачення Копер-

² Прецесія перигелію Меркурія за загальним визнанням є єдиною давньою точкою спотикання, що її успішно пояснила теорія відносності. Червоне зміщення в спектрі випромінювання далекої зірки може бути встановлене на підставі простіших міркувань, ніж засади теорії відносності. Те ж саме можливе у тлумаченні відхилення променів світла поблизу Сонця (питання нині дещо суперечливе). У всякому разі дані вимірів останнього явища залишаються сумнівними. Ще одне додаткове утруднення встановили зовсім нещодавно: гравітаційне зміщення випромінювання Мессбауера. Можливо, незабаром з'являться інші проблеми в цій галузі, тепер динамічної, але яка раніше довго перебувала в стані застою. Сучасний широкий огляд розглядуваних проблем див.: L. I. Schiff. A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity // *Physics Today*, XIV, 1961, pp. 42-48.

ніком річного паралакса, машина Атвуда, винайдена майже століття по з'яві «Начал» Ньютона і яка вперше виразно демонструє другий закон Ньютона; прилад Фуко для доказу того, що швидкість світла в повітрі більша, ніж у воді; велетенський сцинтиляційний лічильник, створений для доказу існування нейтрино, — всі ці приклади спеціальної апаратури і безліч подібних ілюструють величезні зусилля і винахідливість, спрямовані на те, щоб привести теорію і природу до тіснішої відповідності³. Ці спроби довести таку відповідність складають другий тип нормальної експериментальної діяльності, і цей тип залежить від парадигми навіть явніше, аніж перший. Існування парадигми наперед припускає, що проблему можна розв'язати. Часто парадигмальну теорію прямо мають на увазі, коли створюють апаратуру, що дозволить розв'язати проблему. Наприклад, без «Начал» виміри, що дозволяє виконати машина Атвуда, не важили б геть нічого.

Щоб вичерпно уявити діяльність з накопичення фактів у нормальній науці, слід вказати, гадаю, і на третій клас експериментів і спостережень. Він являє собою емпіричну працю для розробки парадигмальної теорії з метою вияснення деяких неясностей, що залишалися, і поліпшення розв'язання проблем, раніше порушених лише поверхово. Цей клас є найважливішим з усіх інших, і опис його вимагає аналітичного підходу. В математизованіших науках деякі експерименти, метою яких є розробка парадигми, спрямовані на визначення фізичних констант. Наприклад, праця Ньютона вказувала, що сила притягання між двома одиничними масами при відстані між ними, рівній одиниці, має бути однаковою для всіх видів матерії в будь-якому місці простору. Але власні проблеми, поставлені в книзі Ньютона, могли бути розв'язані навіть без підрахунку величини цю-

³ Про два телескопи для визначення паралаксів див.: A. Wolf. A History of Science, Technology, and Philosophy in the Eighteenth Century. 2d ed. London, 1952, pp. 103-105. Про машину Атвуда див.: N. R. Hanson. Patterns of Discovery. Cambridge. 1958, pp. 100-102, 207-208. Про останні два види спеціальної апаратури див.: M. L. Foukault. Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau. // Comptes rendus... de l'Académie des sciences, XXX, 1850, pp. 551-560; C. L. Cowan, Jr., et al. Detection of the Free Neutrino: A Confirmation // Science, CXXIV, 1956, pp. 103-104.

го притягання, тобто універсальної гравітаційної постійної, і ніхто протягом цілого століття після виходу в світ «Начал» не винайшов приладу, за допомогою якого можна було б визначити цю величину.

Відомий метод визначення, запропонований наприкінці 90-х років XVIII ст. Кавендішем, також не був досконалим. Позаяк гравітаційна постійна займала центральне місце в фізичній теорії, багато видатних експериментаторів не раз спрямовували свої зусилля на уточнення її значення⁴. Як інші приклади роботи в цьому напрямку, можна згадати визначення астрономічних постійних, числа Авогадро, коефіцієнта Джоуля, заряду електрона і т. ін. Дуже небагато з цих ретельно підготовлених спроб могло б здійснитися, і жодна не принесла б плодів без парадигмальної теорії, яка сформулювала проблему і гарантувала існування певного розв'язання.

Зусилля, спрямовані на розробку парадигми, не обмежуються, однак, визначенням універсальних констант. Вони можуть мати за мету, скажімо, відкриття кількісних законів: закон Бойля, що пов'язував тиск газу з його об'ємом, закон електричного притягання Кулона і формула Джоуля, яка пов'язувала теплоту, що випромінює провідник струму, із силою струму і опором, — всіх їх охоплює ця категорія. Ймовірно, той факт, що парадигма є передумовою відкриття подібного типу законів, не достатньо очевидний. Часто доводиться чути, що ці закони відкриваються лише вимірами, зробленими задля самих цих законів без будь-яких теоретичних приписів. Однак історія ніяк не підтверджує застосування такого суто беконівського методу. Експерименти Бойля були б неможливі, доки повітря розглядалося як пружний флюїд, до якого можна застосовувати поняття гідростатики (а якби й можна було б застосувати, то їх би інакше інтерпретували або й не інтерпретували взагалі)⁵. Успіх Кулона

⁴ Д. Пойнтінг розглядає близько двох дюжин спроб виміру гравітаційної постійної в період з 1741 по 1901 рік в: *Gravitation Constant and Mean Density of the Earth* // *Encyclopaedia Britannica*, 11 ed. Cambridge, 1910-1911, XII, pp. 385-389.

⁵ Про повне перенесення понять гідростатики у пневматику див.: *The Physical Treatises of Pascal*. New York, 1937, зі вступом і примітками Ф. Баррі. Вступ аналогії Торрічеллі («ми живемо на дні океану повітряної стихії») зустрічається первісно на стор. 164. Її швидкий розвиток показано у двох основних трактатах.

залежав від створення ним спеціального приладу для виміру сили, що діє на точечні заряди. (Ті, хто до нього вимірював електричні сили, використовуючи для цього звичайні ваги і т. ін., не могли виявити постійної залежності або навіть простої регулярності.) Але конструкція його приладу, своєю чергою, залежала від попереднього визнання того, що кожна частка електричного флюїду впливає на іншу з відстані. Кулон шукав саме таку силу взаємодії між частками, яку можна було б легко уявити як просту функцію від відстані⁶. Експерименти Джоуля також можуть слугувати ілюстрацією того, як кількісні закони виникають внаслідок розробки. Фактично між якісною парадигмою і кількісним законом існує такий загальний і тісний зв'язок, що після Галілея такі закони часто правильно вгадували за допомогою парадигми за багато років до того, як були створені прилади для їх експериментального виявлення⁷.

Нарешті, існує третій вид експерименту, спрямований на розробку парадигми. Він найбільше схожий на дослідження і переважає в ті періоди, коли частіше розглядаються якісні, ніж кількісні аспекти природних закономірностей, при тому в науках, яких цікавлять насамперед якісні закони. Часто парадигма, розвинена для однієї категорії явищ, ставиться під сумнів при розгляді іншої категорії явищ, тісно пов'язаної з першою. Тоді виникає потреба в експериментах для того, щоб серед альтернативних способів застосування парадигми обрати шлях до нової сфери наукових інтересів. Скажімо, теплову теорію використовували у вигляді парадигми, коли вивчали процеси нагрівання і охолодження при змішуванні та зміні стану. Але теплота може випромінюватися і поглинатися і в багатьох інших випадках — наприклад, при хімічному з'єднанні, терті, завдяки стисканню або поглинанню газу, — і до кожного з цих явищ теплову теорію можна прилучити по-різному. Якби вакуум, скажімо, мав тепломісткість, то нагрівання при стискуванні можна було б пояснити як результат змішування газу з порожнечою або зміною питомої тепломісткості газів при зміні тиску. Крім того, є багато

⁶ D. Roller and D. H. D. Roller. The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb // Harvard Case Histories in Experimental Science, Case 8, Cambridge, Mass., 1954, pp. 66-80.

⁷ T. S. Kuhn. The Function of Measurement in Modern Physical Science // Isis, LII, 1961, pp. 161-193.

інших можливостей пояснення. Для ретельного дослідження цих можливих способів і їхньої диференціації запроваджувалося безліч експериментів, причому всі вони виходили з парадигмального характеру теплової теорії і використовували її при розробці експериментів і для інтерпретації їхніх результатів⁸. Щойно встановили факт нагрівання при збільшенні тиску, всі наступні експерименти в цій галузі були підпорядковані парадигмі. Якщо саме явище встановлене, то як ще можна було пояснити вибір даного експерименту?

Звернімося тепер до теоретичних проблем нормальної науки, які виявляються вельми близькими до того кола проблем, що виникають у зв'язку зі спостереженням і експериментом. Частина нормальної теоретичної роботи, хоча і досить невелика, складається лише у використанні наявної теорії для передбачення фактів, що мають значення самі собою. Створення астрономічних ефемерид, розрахунків характеристики лінз, обчислення траєкторії радіохвиль являють собою приклади подібних проблем. Однак учені, взагалі-то, дивляться на розв'язання цих проблем як на буденну працю, залишаючи займатися нею інженерам і технікам. Солідні наукові журнали надто рідко розміщують результати подібних досліджень. Зате ті ж таки журнали надають великого значення обговоренню проблем, що їх звичайно читач мав би, певне, розцінити як прості тавтології. Такі суто теоретичні розробки вживаються не тому, що інформація, яку вони дають, має власну цінність, а тому, що вони безпосередньо змикаються з експериментом. Їхня мета полягає в тому, щоб знайти нове застосування парадигми або зробити вже знайдене застосування точнішим.

Необхідність такої праці зумовлена величезними труднощами в застосуванні теорії до природи. Ці труднощі можна стисло проілюструвати, оглядаючи шлях, пройдений динамікою після Ньютона. В перші роки XVIII ст. вчені, що знайшли парадигму в «Началах», прийняли спільність її висновків без доказу, і мали всі підстави для цього. Жодна інша праця в історії науки не зазнала такого швидкого поширення сфери застосування і такого різкого зростання точності. Вивчаючи небесні явища, Ньютон послуговувався кеплерівськими законами руху планет, а також точно пояснив спостережувані від-

⁸ T. S. Kuhn. The Caloric Theory of Adiabatic Compression // *Isis*, XLIX, 1958, pp. 132-140.

хилення від цих законів в русі Місяця. Для вивчення руху нашої планети він вдався до результатів деяких розрізнених спостережень над коливаннями маятника, спостережень приливів і відливів. За допомогою додаткових, але в певному сенсі довільних (*ad hoc*) припущень йому вдалося також вивести закон Бойля і важливу формулу для швидкості звука в повітрі. За рівня розвитку тодішньої науки успіх його демонстрацій надзвичайно вражав, хоча, враховуючи передбачувану спільність законів Ньютона, слід визнати, що число цих застосувань було порівняно невеликим і що Ньютон не спромігся додати до них майже жодного. Більше того, якщо порівнювати це з тим, що може досягти нині будь-який аспірант-фізик за допомогою тих самих законів, то виявиться, що навіть означені Ньютоном декілька конкретних застосувань його законів не були розроблені з належною точністю. Нарешті, «Начала» були призначені переважно для розв'язання проблем небесної механіки. Було зовсім неясно, як пристосувати їх до вивчення земних процесів, передовсім для руху з урахуванням тертя. Тим більше, що вельми успішні спроби розв'язання «земних» проблем вже були вжиті з використанням цілком інших технічних засобів, створених вперше Галілеєм і Гюйгенсом і ще ширше використаних європейськими вченими протягом XVIII ст., такими, як Бернуллі, Д'Аламбер і багато інших. Цілком певно, що їхні технічні засоби і деякі прийоми, вживані в «Началах», можна було б уявити як спеціальні застосування загальніших формул, але певного часу ніхто не уявляв собі повністю, як це можна реалізувати конкретно⁹.

Звернімося до розгляду проблеми точності. Ми вже ілюстрували її емпіричний аспект. Для того, щоб забезпечити точні дані, що були потрібні для конкретних застосувань парадигми Ньютона, треба було особливе обладнання на зразок приладу Кавендіша, машини Атвуда або вдосконаленого телескопу. З подібними ж труднощами зустрічається і теорія, коли встановлюється її відповідність з природою. Застосовуючи свої закони

⁹ C. Truesdell. A Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason // Archive for History of the Exact Sciences, I, 1960, pp. 3-36; Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's «Principia» // Texas Quarterly, X, 1967, pp. 281-297; T. L. Hankins. The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century // Archives Internationales d'histoire des sciences, XX, 1967, pp. 42-65.

до маятників, Ньютон був змушений прийняти гирю маятника за точку, що має масу гирі, щоб мати точне визначення довжини маятника. Більшість його теорем (небагато винятків було зроблено навздогад і мали попередній характер) ігнорували також вплив опору повітря. Усе це були законні фізичні спрощення. Тим не менше, будучи спрощеннями, вони так або так обмежували очікувану відповідність між передбаченнями Ньютона і фактичними експериментами. Ті ж таки труднощі, навіть ще наявніші, виявляються і в застосуванні теорії Ньютона до небесних явищ. Прості спостереження за допомогою телескопа показують, що планети не цілком підкоряються законам Кеплера, а теорія Ньютона вказує, що цього і слід було очікувати. Щоб вивести ці закони, Ньютон змушений був знехтувати всіма явищами гравітації, окрім тяжіння між кожною окремою планетою і Сонцем. Позаяк планети також тяжіють одна до одної, можна було очікувати лише відносної відповідності між теорією, що застосовується, і телескопічними спостереженнями¹⁰.

Досягнута відповідність, зрозуміло, уявлялася більш ніж задовільною для тих, хто її досягнув. За винятком деяких проблем руху Землі, жодна інша теорія не могла досягти подібної узгодженості з експериментами. Жоден із тих, хто сумнівався в обґрунтованості праці Ньютона, не робив цього через те, що ця праця була недостатньо узгоджена з експериментом і спостереженням. Тим не менше, обмеженість такої відповідності залишала безліч спокусливих теоретичних проблем для послідовників Ньютона. Скажімо, стали потрібними особливі теоретичні методи для тлумачення руху більш ніж двох тіл, що притягаються водночас, і дослідження стабільності орбіт при збуреннях. Подібними проблемами займалися численні кращі європейські мислителі протягом XVIII і початку XIX ст. Ейлер, Лагранж, Лаплас і Гаусс присвятили свої найблискучіші праці вдосконаленню відповідності між парадигмою і спостереженням небесних явищ. Багато мислителів водночас працювали над прикладними проблемами застосування математики в галузях, про які не могли думати ані сам Ньютон, ані його сучасники з континентальної школи механіків. Вони написали силу-силенну праць і розвинули вельми потужний математичний апарат для

¹⁰ Wolf. *Op. cit.*, p. 75-81, 96-101; W. Whewell. *History of the Inductive Sciences*, rev. ed. London, 1847, II, pp. 213-271.

гідродинаміки і для розв'язання проблеми коливання струни. В процесі розв'язання цих прикладних проблем з'явилася, найвірогідніше, найблискупчіша і найтрудомісткіша наукова праця XVIII ст. Інші приклади дає огляд постпарадигмального періоду в розвитку термодинаміки, хвильової теорії світла, електромагнітної теорії або інших галузей науки, в яких фундаментальні закони отримали завершений кількісний вираз. Принаймні в найбільш математизованих науках основна частина теоретичної праці полягала саме в цьому.

Та це не означає, що вся робота мала подібний характер. Навіть у математичних науках існують теоретичні проблеми, пов'язані з глибшою розробкою парадигми. Тоді, коли в науці переважає якісний розвиток, схожі проблеми виходять на перший план. Деякі з цих проблем, як у науках, що ширше послуговуються більш кількісними методами, так і в науках, де переважають здебільшого якісні методи, мають за мету з'ясування суті справи через запровадження нових формулювань. Скажімо, практичне застосування «Начал» не завжди виявлялося легким. Це з одного боку, можна пояснити певними труднощами, неминучими в будь-якому науковому починанні, а з другого — тим, що відносно застосування занадто багато зі змісту цієї праці лише малося на увазі. Для численних застосувань «Начал» до «земних» проблем, методи, розвинені, для іншої галузі континентальними математиками, виявилися набагато сильнішими. Тому, починаючи з Ейлера і Лагранжа в XVIII ст. до Гамільтона, Якобі, Герца — в XIX ст., чимало блискучих європейських фахівців з математичної фізики неодноразово намагалися переформулювати теоретичну механіку так, щоб надати їй форми, яка краще задовольняла б з логічного та естетичного поглядів, не змінюючи її основного змісту. Інакше кажучи, вони хотіли представити явні і приховані ідеї «Начал» і всієї континентальної механіки в логічно зв'язнішому варіанті, в такому, що був би водночас і більш уніфікованим, і менш двозначним в його застосуваннях до новорозроблених проблем механіки¹¹.

Подібні переформулювання парадигм не раз запроваджувалися в усіх науках, але здебільшого вони призводили до істотніших змін у парадигмі, ніж названі нами переформулювання

¹¹ R. Dugas. Histoire de la mécanique. Neuchatel, 1950, Books IV-V.

«Начал». Такі зміни відбуваються внаслідок емпіричного дослідження, описаного вище як прагнення до розробки парадигми. Насправді ж класифікувати такий тип роботи як емпіричний було б занадто довільно. Більш ніж будь-який інший вид нормального наукового дослідження, проблеми розробки парадигми виявляються водночас і теоретичними і емпіричними. Приклади, нами наведені, також добре слугуватимуть і тут. До того, як Кулон спромігся сконструювати свій прилад і з його допомогою зробити виміри, він послуговувався теорією електрики для того, щоб визначити, як його прилад може бути побудований. Результат його вимірів був передбачений в теорії. Або інший приклад: ті ж самі дослідники, котрі, щоб визначити грань між різноманітними теоріями нагрівання, експериментували збільшуючи тиск, були, зазвичай, і тими, хто пропонував різноманітні варіанти для порівняння. Вони працювали, і з фактами і з теоріями, їхня праця давала не просто нову інформацію, точніше парадигму, завдяки вилученню двозначностей, прихованих у первинній формі парадигми, з якої вони працювали. У багатьох дисциплінах більша частка роботи стосовно сфери нормальної науки, полягає саме в цьому.

Ці три класи проблем — встановлення значущих фактів, зіставлення фактів і теорії, розробка теорії — вичерпують, гадаю, поле нормальної науки, як емпіричної, так і теоретичної. Вони, зрозуміло, не вичерпують усю наукову проблематику. Існують також екстраординарні проблеми, і, певне, саме їхнє розв'язання робить наукові дослідження в цілому особливо цінними. Але екстраординарні проблеми не повинні нас занадто хвилювати. Вони виникають лише в особливих випадках, до яких приводить розвиток нормального наукового дослідження. Тому переважна більшість проблем, що їх порушують навіть найвидатніші вчені, звичайно охоплюють названі три категорії. Робота в рамках парадигми не може плинати інакше, а зрештою парадигми, означало б припинити ті наукові дослідження, які вона визначає. Незабаром ми покажемо, що змушує учених зрікатися парадигми. Подібні відмови являють собою такі періоди розвитку, коли спалахують наукові революції. Та перш ніж перейти до вивчення цих революцій, нам треба ширше поглянути на перебіг нормального дослідження, що готує ґрунт для революції.

IV. Нормальна наука як розв'язання головоломок

Можливо, що дивовижніша особливість проблем нормальної науки, з якою ми щойно зіткнулися, полягає в тому, що вони надзвичайно мало орієнтовані на великі відкриття, хай то відкриття нових фактів чи створення нової теорії. Іноді, як у разі виміру довжини хвилі, всі деталі результату, за винятком хіба що найтонших, відомі заздалегідь, так що спектр очікувань виявляється лише трохи ширшим від відомої картини. Виміри Кулона, певне, і не вимагали обов'язкової точної відповідності універсальній квадратичній формі закону; той, хто вивчав нагрівання при збільшенні тиску, часто заздалегідь припускав один із багатьох можливих результатів. До того ж навіть у подібних випадках сфера очікуваних і, отже, сприйманих результатів завжди мала порівняно з тим, що обіцяє уява. І якщо результат проекту не потрапляв до цієї вужчої сфери, то це розглядається звичайно як невдача дослідження, що відбиває не відхилення природи від закону, а лише помилку досліді.

Скажімо, у XVIII столітті мало уваги звертали на експерименти з виміру електричного притягання за допомогою таких приладів, як крутильні ваги. Позаяк подібні експерименти не приносили ані тривких, ані достатньо простих результатів, їх не можна було брати для розробки парадигми, від якої вони відбулися. Отже, вони залишалися *просто* фактами, що не були і не могли бути пов'язаними з безперервним прогресом у дослідженнях з електрики. Тільки ретроспективно, досягнувши наступної парадигми, ми можемо збагнути, на які властивості електричних явищ вони вказували. Звичайно, Кулон і його сучасники теж працювали на засадах цієї (наступної) парадигми або ж парадигми, що обіцяла ті ж самі результати у галузі проблеми притягання. Ось чому Кулону вдалося сконструювати

прилад, що привів до результату, придатного для подальшої розробки парадигми. Але з цієї ж таки причини подібний результат нікого не здивував, і декілька сучасників Кулона змогли в принципі завбачити цей результат. Навіть ті проекти, метою яких є розробка парадигми, зовсім не прагнуть до *неочікуваних відкриттів*.

Але якщо мета нормальної науки не в тому, щоб внести якісь великі, значні нововведення, якщо марна спроба досягти очікуваних результатів або наблизитися до них є звичайно невдачею ученого, то чому все-таки нормальна наука розглядає і розв'язує свої проблеми? Частково ми вже відповіли на це запитання. Для ученого результати наукового дослідження значущі вже принаймні через те, що вони розширюють галузь і підвищують точність у застосуванні парадигми. Однак ця відповідь не пояснює ентузіазму і захопленості, притаманні вченим, що працюють над проблемами нормального дослідження. Ніхто не витрачає роки, скажімо, на створення вдосконаленого спектрометра або на більш точне розв'язання проблеми коливання струни лише внаслідок важливості інформації, при цьому набутої. Дані, одержувані при підрахунку ефемерид або додаткових вимірах за допомогою наявних інструментів, часто такі само значущі, але від подібної діяльності вчені постійно відмовляються з презирством, тому що вона являє собою переважно просто повторення процедури, розробленої раніше. Ця відмова і є відгадкою всієї привабливості проблем нормальної науки. Хоч її результати можна передбачити — причому так детально, що все невідоме, саме собою втрачає інтерес, — самий спосіб отримання результату залишається значною мірою сумнівним. Завершення проблеми нормального дослідження — розробка нового способу передбачення, а вона вимагає розв'язання всіляких складних інструментальних, концептуальних і математичних задач-головоломок. Той, хто досягає успіху в цьому, стає фахівцем такого роду діяльності, і стимулом його подальшої активності слугує спрага розв'язання нових задач-головоломок.

Терміни «задача-головоломка» і «фахівець з розв'язання задач-головоломок» мають першорядне значення для багатьох питань, що будуть в центрі нашої уваги на наступних сторінках. Задачі-головоломки — в найзвичайнісінькому сенсі, що ми їх маємо на увазі в цьому разі, — являють собою особливу кате-

горію проблем, розв'язання яких може бути пробним каменем для перевірки таланту і майстерності дослідника. Словниковими ілюстраціями до слова можуть служити «складена фігура-головоломка» і «головоломка-кросворд». У цих головоломок є характерні риси, загальні з нормальною наукою, риси, що ми їх маємо тепер вирізнити. Про одну з них ми щойно згадували. Але вона не є критерієм доброякісної головоломки, показником того, що її розв'язання може бути саме собою цікавим або важливим. Навпаки, справді нагальні проблеми, скажімо, пошуки засобу проти раку або створення тривалого миру на землі, часто взагалі не є головоломками переважно через те, що їхнього розв'язання може не бути зовсім. Розглянемо «складену фігуру-головоломку», елементи якої взяті навмання з двох різних коробок з головоломками. Позаяк ця проблема, напевне, має таїти в собі непереборні труднощі (хоч їх може й не бути) навіть для найвинахідливіших людей, вона не може слугувати перевіркою майстерності в розв'язанні головоломок. У будь-якому звичайному сенсі її взагалі не можна назвати головоломкою. Хоча власна цінність не є критерієм головоломки, існування розв'язання є таким критерієм.

Та ми вже бачили, що, набуваючи парадигму, наукове співтовариство одержує принаймні критерій для вибору проблем, що в принципі можуть бути розв'язані, доки цю парадигму приймати без доказу. Значною мірою це тільки ті проблеми, які співтовариство визнає науковими або такими, що заслуговують на увагу членів співтовариства. Інші проблеми, включно з тими, що вважалися раніше стандартними, відкидаються як метафізичні, як такі, що належать до компетенції іншої дисципліни або іноді тільки тому, що вони занадто сумнівні, щоб витратити на них час. Парадигма в цьому разі може навіть ізолювати співтовариство від тих соціально важливих проблем, що їх не можна звести до типу головоломок, позаяк їх не можна уявити в термінах концептуального та інструментального апаратів, передбачуваних парадигмою. Ці проблеми розглядаються лише як такі, що відволікають увагу дослідника від справжніх проблем, що дуже унаочнюється різноманітними аспектами беконівського підходу XVII ст. і деякими сучасними суспільними науками. Одна з причин, через яку нормальна наука здається прогресуючою такими швидкими темпами, полягає в

тому, що учені концентрують увагу на проблемах, розв'язати які може їм завадити тільки нестача власної винахідливості.

Однак якщо в цьому сенсі проблеми нормальної науки є головоломками, то відпадає необхідність пояснювати докладніше, чому вчені штурмують їх з такою пристрасстю і захопленням. Наука може бути привабливою для людини з найрізноманітніших поглядів. Серед головних мотивів, що спонукають людину до наукового дослідження, можна назвати бажання досягти успіху, натхнення від відкриття нової галузі, надія знайти закономірність та прагнення до критичної перевірки усталеного знання. Ці та інші мотиви також допомагають ученому визначити і приватні проблеми, якими він планує зайнятися в майбутньому. Більше того, хоч результатом дослідження є іноді аварія надій, цих мотивів цілком достатньо для того, щоб спершу привернути людину, а потім і привабити її назавжди¹. Наукове підприємництво в цілому час від часу доводить свою плідність, відкриває нові галузі, виявляє закономірності та перевіряє давні переконання. Тим не менш *індивідуальне дослідження проблем нормальної науки майже ніколи не дає подібного ефекту ані в жодному з цих аспектів*. Ученого приваблює певність в тому, що якщо він буде досить винахідливий, то йому вдасться розв'язати головоломку, яку до нього не розв'язував ніхто або в розв'язанні якої ніхто не досяг переконливого успіху. Багато з найвидатніших умів віддавали всю свою увагу таким спокусливим головоломкам. В більшості випадків будь-яка одиночна сфера спеціалізації, окрім цих головоломок, не пропонує нічого такого, на чому можна було б випробувати свої сили, але саме цей факт приховує в собі теж своєрідну спокусу.

Тепер повернімося до іншого, важчого і змістовнішого аспекту паралелізму між головоломками і проблемами нормальної науки. Проблема, що класифікується як головоломка, має бути охарактеризована не тільки тим, що вона має гарантоване розв'язання. Повинні існувати також правила, що обмежують як природу прийнятних рішень, так і ті заходи, якими

¹ Розчарування, викликане конфліктом між роллю особистості і загальною моделлю розвитку науки, іноді може бути тим не менше досить серйозним. З цього питання див.: L. S. Kubie. Some Unsolved Problems of the Scientific Career // American Scientist, XLI, 1953, pp. 596-613; XLII, 1954, pp. 104-112.

досягаються ці рішення. Скажімо, вирішити складену картинку-загадку не означає «скласти картинку». Дитина або сучасний митець могли б зробити це, складаючи розкидані, довільно вибрані елементи, як абстрактні форми, на якомусь нейтральному тлі. Отак створена картинка може виявитися набагато кращою і оригінальнішою, ніж та, з якої головоломка була зроблена. Тим не менше така картинка не могла б бути її вирішенням. Щоб отримати справжнє вирішення, треба використати всі фрагменти, їхній плоский бік має бути звернутий донизу, їх треба зібрати всі та без зусиль. Ці правила необхідні, щоб розгадати картинку-головоломку. Подібні обмеження, що накладаються на прийнятні вирішення кросвордів, загадок, шахових задач і т. ін., зникають без зусиль.

Якщо ми надамо значно ширшого сенсу терміну «правило» (що іноді еквівалентний «усталеному погляду» або «передумові»), тоді проблеми, припустимі в даній дослідницькій традиції, мають велику схожість на безліч характеристик головоломки. Учений, створюючи інструмент для визначення довжини світлових хвиль, не повинен задовольнятися такою апаратурою, яка просто зіставляє особливі спектральні лінії та особливі числа. Він не просто досліджує або вимірює. Навпаки, він мусить показати, аналізуючи свою апаратуру на ґрунті створеної основи оптичної теорії, що числа, які дає його прилад, входять до теорії довжинами хвиль. Якщо неясності в теорії або якийсь недосліджений компонент в його апаратурі залишаються і заважають завершити демонстрацію, його колеги можуть легко дійти висновку, що йому не вдалося виміряти нічого взагалі. Наприклад, максимуми в розкиданості електронів, що пізніше були подані як вказівка на довжини хвиль електрона, не мали явного значення, коли вперше були відкриті і зафіксовані. Перед тим, як вони стали показниками чогось взагалі, їх необхідно було співвіднести з теорією, яка підказала хвилеподібну поведінку рухомих часточок. І навіть після того, як цей зв'язок встановлено, апаратура мала бути ще раз сконструйована таким чином, щоб експериментальні результати недвозначно узгодилися з теорією². Доки ж ці умови не задоволені, жодну проблему не можна вважати розв'язаною.

² Стислий розгляд еволюції цих експериментів див. у лекції К. Дж. Девіссона в: *Les prix Nobel en 1937*, Stockholm, 1938, p. 4.

Подібні види обмежень пов'язували прийнятні рішення з теоретичними проблемами. Протягом всього XVIII століття вчені, котрі намагалися вивести спостережуваний рух Місяця з ньютонівських законів руху і тяжіння, постійно зазнавали невдачі. Врешті-решт, деякі з них запропонували замінити універсальний квадратичний закон іншим законом, що відрізнявся від першого тим, що діяв на малих відстанях. Однак для цього слід було змінити парадигму, визначити умови нової головоломки і зректися розв'язання старої. В цьому разі учені зберігали правила доти, доки 1750 року один із них не відкрив, яким чином вони могли бути використані з успіхом³. Інше вирішення питання могла дати лише зміна в правилах гри.

Вивчення традицій нормальної науки розкриває безліч додаткових правил, а вони, своєю чергою, дають безліч інформації про ті приписи, які виводять учені зі своїх парадигм. Що ж можна сказати про основні категорії, що охоплюють ці правила?⁴. Найочевидніші і, певне, найзобов'язуючі правила показані на прикладі тих видів узагальнень, що ми їх щойно відзначили. Це експліцитні твердження про науковий закон, наукові поняття і теорії. Доки вони залишаються визнаними, вони допомагають висувати головоломки і обмежувати прийнятні рішення. Закони Ньютона, наприклад, виконували подібні функції протягом XVIII і XIX століть. Доки вони їх виконували, кількість матерії була фундаментальною онтологічною категорією для учених-фізиків, а сили, що виникають між часточками матерії, були основним предметом дослідження⁵. В хімії закони постійних і певних пропорцій тривалий час мали таку ж саму силу; з їхньою допомогою була поставлена проблема ваги атомів, обмежені прийнятні результати хімічного аналізу і хіміки були поінформовані про те, що являють собою атоми і молекули,

³ W. Whewell. *History of the Inductive Sciences*, rev. ed. London, 1847, II, pp. 101-105; 220-222.

⁴ На це питання мене навів У. О. Гегстром, чия праця у галузі соціології науки де-не-де перегукується з моєю.

⁵ Про ці аспекти теорії Ньютона див.: I. B. Cohen. *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Philadelphia, 1956, chap. VII, особливо на стор. 255-257; 275-277.

сполуки і суміші⁶. Рівняння Максвелла і закони статистичної термодинаміки мають те ж саме значення і функції нині.

Однак правила, подібні цим, не є винятковим і навіть найцікавішим видом правил, відкритих при вивченні історії. Скажімо, на нижчому або конкретнішому, аніж закони і теорії, рівнях, є безліч приписів із приводу найприйнятніших типів інструментарію і способів, що ними ці інструменти можна доцільно використати. Зміна поглядів на роль вогню в хімічному аналізі відіграла життєво важливу роль в розвитку хімії XVII століття⁷. Гельмгольц в XIX столітті нашоувхнувся на сильну протидію з боку фізіологів, котрі вважали, що фізичне експериментування не може допомогти дослідженням у їхній галузі⁸. В тому ж таки столітті надто цікава історія створення хімічної хроматографії ще раз ілюструвала стійкість приписів щодо інструментів, що тою же мірою, як закони і теорії, постачають учених правилами гри⁹. Аналізуючи відкриття рентгенівських променів, ми виявимо підстави для виникнення подібних приписів.

Менш локальними і скороминучими, хоч і не абсолютними, характеристиками науки є приписи вищого рівня; я маю на увазі квазіметафізичні приписи, що їх історичне дослідження постійно виявляє в науці. Скажімо, приблизно після 1630 року і передовсім після появи наукових праць Декарта, що мали надзвичайно великий вплив, більшість учених-фізиків припускала, що універсум складається з мікроскопічних часточок, корпускул, і що всі явища природи можна пояснити в термінах корпускулярних форм, корпускулярних розмірів, рухів і взаємодії. Цей набір приписів виявився і метафізичним і методологічним. Як метафізичний він вказував фізикам, які види суттєвості можуть, а які не можуть бути у Всесвіті: існує лише матерія, що має форму і перебуває в русі. Як методологічний набір приписів він вказував фізикам, якими мають бути остаточні пояснення і фун-

⁶Цей приклад докладно обговорюється наприкінці X розділу.

⁷H. Metzger. *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle*. Paris, 1923, pp. 359-361; Marie Boas. *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry*. Cambridge, 1958, pp. 112-115.

⁸L. Königsberger. *Hermann von Helmholtz*. Oxford, 1906, pp. 65-66.

⁹J. E. Meinhard. *Chromatography: A Perspective // Science*, CX, 1949, pp. 387-392.

даментальні закони: закони повинні визначати характер корпускулярного руху і взаємодії, а пояснення мають зводити будь-яке дане природне явище до корпускулярного механізму, що підкоряється цим законам. Ще важливіше те, що корпускулярне поняття універсуму вказувало вченим на безліч проблем, які підлягають дослідженню. Наприклад, хімік, що згодився, подібно до Бойля, з новою філософією, звертав особливу увагу на реакції, які можна було б розглядати як перетворення речовини. Вони виразніше, ніж інші, виявляли процес корпускулярного перерозподілу, що має бути в основі всіх хімічних перетворень¹⁰. Подібні ознаки впливу корпусуляризму можна спостерігати, вивчаючи механіку, оптику й теплоту.

Зрештою, на ще вищому рівні є інша система приписів, без яких людина не може бути вченим. Учений мусить, наприклад, прагнути зрозуміти світ, розширювати межі сфери пізнання і підвищувати точність, з якою вона має бути впорядкована. Цей припис повинен, своєю чергою, спонукати вченого до ретельного дослідження — як ним самим, так і його колегами — певних аспектів природи з урахуванням безлічі емпіричних деталей. І якщо дослідження виявляє моменти явного порушення порядку, то це має бути для нього заклик до нового вдосконалення приладів спостереження або до подальшої розробки його теорій. Немає жодного сумніву, що є й інші, подібні правила, що ними послуговуються вчені в усі часи.

Існування такої жорстко визначеної мережі приписів — концептуальних, інструментальних і методологічних — є підставою для метафори, що уподібнює нормальну науку до розв'язання головоломок. Оскільки ця мережа дає правила, які вказують досліднику у галузі зрілої науки, що саме являють собою світ і наука, яка вивчає його, постільки він може спокійно зосередити свої зусилля на езотеричних проблемах, що визначаються для нього цими правилами та наявним знанням. Після цього від окремого вченого вимагається лише розв'язати головоломки, котрі ще залишалися. В цьому та іншому стосун-

¹⁰ Про корпусуляризм див.: M. Boas. The Establishment of the Mechanical Philosophy // *Osiris*, X, 1952, pp. 412-541. Про його вплив на хімію Бойля див.: T. S. Kuhn. Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century // *Isis*, XLIII, 1952, pp. 12-36.

ках обговорення головоломок і правил проливає світло на природу нормальної наукової практики, хоч, з другого боку, такий підхід може ввести в оману. Очевидно, існують правила, що їх дотримуються нині всі вчені-професіонали, тим не менше ці правила самі собою не можуть охопити все те загальне, що існує в різноманітних видах нормального дослідження. Нормальна наука — це надзвичайно детермінована діяльність, але зовсім немає необхідності в тому, щоб вона була повністю детермінована певними правилами. Ось чому на початку цієї праці я віддав перевагу введенню у вигляді джерела погодженості в традиціях нормального дослідження принципу узвичаєної парадигми, а не узвичаєних правил, припущень і поглядів. Правила, вважаю, впливають із парадигм, але парадигми самі можуть керувати дослідженням навіть тоді, коли правил немає.

V. Пріоритет парадигм

Щоб розкрити стосунки між правилами, парадигмами і нормальною наукою, подивимось насамперед, яким чином історик науки вирізняє особливі сукупності приписів, котрі щойно були описані як узгоджені правила. Пильне історичне дослідження певної галузі науки сьогодні відкриває ряд повторюваних і типових (quasi-standard) ілюстрацій різноманітних теорій в їхньому концептуальному, дослідницькому та інструментальному застосуваннях. Вони являють собою парадигми того чи того наукового співтовариства, що розкриваються в його підручниках, лекціях і лабораторних працях. Вивчаючи і практично використовуючи їх, члени певного співтовариства оволодівають навичками своєї професії. Зрозуміло, окрім цього, історик науки виявить і неясні сфери, що охоплюють досягнення, статус яких поки що сумнівний, але суть проблеми і технічні засоби для її розв'язання відомі. Незважаючи на поодинокі незрозумілості, парадигми зрілого наукового співтовариства можна визначити порівняно легко.

Проте визначення парадигм, з якими згодилися всі члени співтовариства, ще не означає визначення загальних для них правил. Це вимагає другого зрушення, причому зрушення дещо іншого характеру. Наважуючись на це, історик науки має порівняти парадигми наукового співтовариства і розглянути їх у контексті поточних дослідницьких повідомлень співтовариства. В цьому разі мета історика науки в тому, щоб розкрити, які саме елементи, явні чи неявні, члени даного співтовариства можуть абстрагувати з їхніх загальніших, глобальніших парадигм і послуговуватися ними як правилами у своїх дослідженнях. Будь-хто, хто спробував описати або аналізувати еволюцію тієї чи іншої поодинокі наукової традиції, неодмінно шукатиме узгоджені принципи і правила подібного роду. І, як

показано в попередньому розділі, в цьому його майже незмінно супроводжує принаймні частковий успіх. Але якщо він збагатився досвідом, приблизно таким самим, як мій власний, він дійде висновку, що відшукувати правила — заняття важче і приносить менше задоволення, ніж відкриття парадигми. Деякі узагальнення, до яких він вдається для того, щоб описати переконання, що їх поділяють наукові співтовариства, не викликають сумнівів. Однак інші, в тому числі й ті, що ми їх наводили як ілюстрації, видаватимуться неясними. Так або так, він може уявити, що ці узагальнення майже завжди мали б відкидатися деякими членами групи, яку він вивчає. Тим не менше, якщо узгодженість дослідницької традиції мала бути зрозумілою з правил, необхідно визначити їхню загальну підставу у відповідній галузі. Внаслідок цього пошук основи правил, достатніх для того, щоб встановити якусь традицію нормального дослідження, стає причиною постійного і глибокого розчарування.

Проте усвідомлення цих невдач дає можливість встановити їхнє джерело. Учені можуть погодитися з тим, що Ньютон, Лавуазьє, Максвелл або Ейнштейн, очевидно, більш-менш остаточно розв'язали низку найважливіших проблем, але водночас вони можуть не погодитися, іноді самі не усвідомлюючи цього, з одиничними абстрактними характеристиками, що роблять непересічним значення цих розв'язань. Інакше кажучи, вони можуть погодитися в своїй *ідентифікації* парадигми, не погоджуючись з її повною *інтерпретацією* або *раціоналізацією*, або навіть не докладаючи жодних зусиль у напрямку інтерпретації і раціоналізації парадигми. Брак стандартної інтерпретації або узвичаєної редукції до правил не перешкоджатиме парадигмі спрямовувати дослідження. Нормальна наука може бути детермінована хоча б частково безпосереднім контролем із боку парадигм. Цьому процесу часто сприяють формулювання правил і допущень, але він не залежить від них. Справді, існування парадигми навіть неявно не припускало обов'язкової наявності повного набору правил¹.

¹ М. Полянні блискуче розвинув дуже схожу тему, доводячи, що численні успіхи учених залежать від «прихованого знання», тобто від знання, що визначається практикою і не може бути розроблене експліцитно. Див. його роботу: М. Polanyi. *Personal Knowledge*. Chicago, 1958, передовсім глави V і VI.

Першим наслідком цих положень неминучо є постановка проблем. Що утримує вченого в рамках тієї чи тієї одинокої традиції нормального наукового дослідження, коли немає міцного фундаменту правил? Що може означати фраза: «безпосередній контроль з боку парадигм»? Більш-менш задовільно відповів на подібні запитання, хоч і в цілком іншому контексті, Л. Вітгенштейн у пізній період своїх досліджень. Оскільки контекст його міркувань елементарніший і відоміший, буде легше розглянути насамперед його форму аргументації. Що необхідно знати, запитує Л. Вітгенштейн, щоб недвозначно і без зайвих аргументів вживати такі слова, як «стілець», «листок» або «гра»?².

Запитання зовсім не нове. Звичайно, відповідаючи на нього, говорять, що ми зобов'язані знати, свідомо або інтуїтивно, що саме являє собою стілець, листок або гра. Інакше кажучи, ми повинні мати здатність схоплювати деяку сукупність невід'ємних властивостей, притаманних усім іграм і тільки іграм. Проте Вітгенштейн дійшов висновку, що якщо задано спосіб вживання мови і тип універсуму, до якого ми його застосовуємо, то немає необхідності в такій сукупності характеристик. Хоча обговорення *деяких* з невід'ємних властивостей, притаманних *низці* ігор, стільців або листків, часто допомагає нам навчитися вживати відповідний термін, немає такої низки характеристик, яку можна водночас застосовувати до всіх елементів класу і тільки до них. Замість цього, стикаючись із раніше не знайомими нам діями, ми вживаємо термін «гра», позаяк бачене нами виявляє значну родову схожість на низку дій, що ми ще раніше навчилися називати цим ім'ям. Отже, для Л. Вітгенштейна ігри, стільці і листя складають природні групи, кожна з яких встановлена завдяки мережі властивостей, що частково збігаються, схожі та перетинаються. Існування такої мережі достатньо для того, щоб пояснити наш успіх у визначенні відповідного об'єкта або діяльності. Але якби групи, що ми назвали, перетиналися або поступово зливалися одна з одною, тобто, якби вони не були *природні*, то тільки тоді наш успіх в ідентифікації і найменуванні

² L. Wittgenstein. *Philosophical Investigations*. N. Y., 1953, pp. 31-36. Однак Вітгенштейн майже нічого не говорить про характер діяльності, необхідної для потвердження процедури, яку він описує. Тому позицію, описану далі, лише частково можна приписати йому.

забезпечив б очевидність низки загальних характеристик, відповідних кожному класу імен, що ми використовуємо.

Щось подібне може мати вагу і для різноманітних дослідницьких проблем і технічних засобів, пов'язаних з окремо взятою традицією нормального наукового дослідження. Спільне між ними полягає не в тому, що вони задовольняють якійсь експліцитній або навіть повністю виявленій низці правил і припущень, які визначають характер традиції і зміцнюють її в науковому мисленні. Натомість на підставі схожості або через моделювання їх можна зарахувати до тієї чи тієї частини наукового знання, яку певне наукове співтовариство визнає як одним із встановлених досягнень. У своїй діяльності вчені виходять з моделей, засвоєних в процесі навчання, і з подальшого викладення їх у літературі, часто не знаючи і не відчуючи жодної потреби знати, що характеристики надали цим моделям статус парадигм наукового співтовариства. Завдяки цьому учені не потребують жодної повної системи правил. Узгодженість, виявлена дослідницькою традицією, якої вони дотримуються, може не мати на увазі навіть існування вхідної основи правил і припущень; тільки додаткові філософське або історичне дослідження можуть їх розкрити. Той факт, що учені звичайно не цікавляться і тим, що робить доцільними поодинокі проблеми їх розв'язання, та не обговорюють цього, наводить на думку, що відповідь вони знають принаймні інтуїтивно. Але це можна вважати ознакою того, що ані питання, ані відповідь не є чимось, що безпосередньо стосується їхнього дослідження. Парадигми можуть передувати будь-якому набору правил дослідження, який можна з них однозначно вивести, і бути обов'язковішими або повнішими, ніж цей набір.

Досі цю думку викладали суто теоретично: парадигми *можуть* визначати характер нормальної науки без втручання правил, що їх можна виявити. Дозвольте мені тепер спробувати краще пояснити цю позицію і наголосити на її актуальності показом причин, які дозволять гадати, що парадигма справді функціонує подібним чином. Перша причина, що її вже обговорювали досить повно, полягає в надзвичайних труднощах відкриття правил, якими вчені керуються в рамках окремих традицій нормального дослідження. Ці труднощі нагадують ситуацію, з якою зустрічається філософ, намагаючись з'ясувати,

що загальне мають між собою всі ігри. Друга причина, стосовно якої перша насправді є наслідком, корениться в природі наукової освіти. Вчені (це вже має бути ясно) ніколи не заучують поняття, закони і теорії абстрактно і не вважають це самоціллю. Замість цього всі ці інтелектуальні засоби пізнання від початку вже існують в якомусь раніше складеному історично і в процесі навчання контексті, що дозволяє виявити їх завдяки і в процесі їхнього застосування. Нову теорію разом з її застосуваннями завжди зараховують до якогось конкретного розряду природних явищ. В протилежному разі вона не могла б навіть претендувати на визнання. Після того, як це визнання завойоване, ці самі або інші прикладання теорії супроводжують її в підручниках, за якими нова генерація дослідників засвоюватиме свою професію. Прикладання не просто окраса теорії і виконують не тільки документальну роль. Навпаки, процес ознайомлення з теорією залежить від вивчення прикладання, заразом із практикою розв'язання проблем як з олівцем і папером, так і з приладами в лабораторії. Скажімо, якщо студент, що вивчає динаміку Ньютона, коли-небудь відкриє для себе значення термінів «сила», «маса», «простір» і «час», то йому допоможуть в цьому не так неповні, хоч загалом корисні, визначення в підручниках, як спостереження і застосування цих понять при розв'язанні проблем.

Навчання через практичні роботи супроводжує весь процес прилучення до професії ученого. У міру того як студент проходить шлях від першого курсу до докторської дисертації і далі, проблеми, що пропонуються йому, стають все складнішими та безпрецедентнішими. Але значною мірою їх по-давньому модулюють попередні досягнення, так само як і взагалі проблеми, якими він звичайно переймається протягом подальшої самостійної наукової діяльності. Нікому не заборонено думати, що на цьому шляху вчений іноді послуговується ним самим інтуїтивно виробленими правилами гри, але підстав для того, щоб вірити в це, занадто мало. Хоча багато вчених говорять впевнено і легко про власні індивідуальні гіпотези, що складають основу тієї чи іншої конкретної ділянки наукового дослідження, вони характеризують усталений базис їхньої галузі дослідження, її правомірні проблеми і методи лише не набагато краще за будь-якого дилетанта. Про те, що вони взагалі засвоїли цей базис, свідчить переважно їхнє уміння домагатися успіху в дослідженні.

Однак цю здатність можна зрозуміти і не звертаючись до передбачуваних правил гри.

Вказані наслідки наукової освіти мають зворотній бік, що служить підставою для третьої причини, яка дозволяє припустити, що парадигми спрямовують наукове дослідження як завдяки безпосередньому моделюванню, так і за допомогою абстрагованих від них правил. Нормальна наука може розвиватися без правил лише доти, доки відповідне наукове співтовариство приймає без сумніву вже досягнуті розв'язання якихось поодиноких проблем. Правила, отже, поступово мають набувати принципового значення, а характерна байдужість до них має зникати щоразу, коли втрачається певність у парадигмах або моделях. Цікаво, що саме це й відбувається. Для допарадигмального періоду особливо характерні серйозні суперечки про правомірність методів, проблем і стандартних вирішень, хоч вони слугують радше розмежуванню шкіл, ніж досягненню згоди. Ми вже звертали увагу на такі суперечки в оптиці і теорії електрики. Ще серйознішу роль вони відігравали в розвитку хімії в XVII сторіччі і геології на початку XIX ст.³ Крім того, суперечки, подібні до цих, не вщухають назавжди з появою парадигми. Майже неістотні протягом періоду нормальної науки, вони регулярно спалахують знов безпосередньо в процесі назрівання і розгортання наукових революцій, тобто в такі періоди, коли парадигми першими приймають бій і стають об'єктом перетворень. Перехід від ньютонівської до квантової механіки викликав багато суперечок як навколо природи, так і навколо стандартів фізики, причому деякі з цих суперечок все ще тривають⁴. Ще живі ті, хто, можливо, пам'ятає подібні дискусії, породжені електромагнітною теорією Максвелла і статистичною

³ Про розвиток цієї тези стосовно хімії див.: Н. Metzger. *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle*. Paris, 1923, pp. 24-27, 146-149; М. Boas. *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry*. Cambridge, 1958, chap. II. Про розвиток тієї ж таки тези стосовно геології див.: W. F. Cannon. *The Uniformitarian-Catastrophist Debate // Isis*, LI, 1960, pp. 38-55; С. С. Gillispie. *Genesis and Geology*. Cambridge, Mass., 1951, chaps. IV-V.

⁴ Про суперечки в квантовій механіці див.: J. Ullmo. *La crise de la physique quantique*. Paris, 1950, chap. II.

механікою⁵. А ще раніше сприйняття механіки Галілея і Ньютона викликало особливо відому серію суперечок з аристотеліанцями, картезіанцями і послідовниками Лейбніца про доцільність в науці стандартів⁶. Коли вчені сперечаються про те, чи були розв'язані фундаментальні проблеми в їхній галузі, пошуки правил набувають такого значення, якого вони звичайно не мали. Проте доки парадигми залишаються в силі, вони можуть функціонувати без всякої раціоналізації і незалежно від того, чи пробують їх раціоналізувати.

Ми можемо підбити підсумок цього розділу, вказавши на четверту причину для визнання за парадигмами пріоритету первинності стосовно узвичаєних правил і допущень. У вступі до цієї праці ми припустили, що революції в науці можуть бути великими і малими, що деякі революції зачіпають тільки членів вузької професійної підгрупи і що для таких підгруп навіть відкриття нового і несподіваного явища може бути революційним. У наступному розділі розглянемо окремі революції цього типу, а досі далеко не ясно, як вони можуть виникати. Якщо нормальна наука є такою жорсткою і якщо наукові співтовариства згуртовані так тісно, як малося на увазі вище, то як може зміна парадигми коли-небудь зачепити тільки маленьку підгрупу? Сказане досі може навести на думку, що нормальна наука є монолітом та уніфікованим підприємництвом, яке му- сить встояти або впасти разом із будь-якою з її парадигм або з усіма разом. Але в науці, мабуть, рідко буває щось подібне або й взагалі не буває. Якщо розглядати всі галузі науки разом,

⁵ Про статистичну механіку див.: R. Dugas. *La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes*. Neuchâtel, 1959, pp. 158-184; 206-219. Для уявлення про праці Максвелла див.: M. Planck. *Maxwell's Influence in Germany* // James Clerk Maxwell: A Commemorative Volume, 1831-1931, Cambridge, 1931, pp. 45-65, передовсім стор. 58-63; S. P. Thompson. *The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*. London, 1910, II, pp. 1021-1027.

⁶ Приклад бою з аристотеліанцями див.: A. Koyré. *A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton* // *Transactions of the American Philosophical Society*, XLV, 1955, pp. 329-395. Про суперечки з картезіанцями і послідовниками Лейбніца див.: P. Brunet. *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle*. Paris, 1931; A. Koyré. *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore, 1957, chap. XI.

то вона часто здається радше хиткою спорудою зі слабкою узгодженістю різноманітних ланок. Однак усе сказане не слід вважати суперечністю з цим добре відомим спостереженням. Навпаки, заміна парадигм на правила має полегшити розуміння розподілу між науковими галузями і спеціальностями. Експліцитні правила, якщо вони існують, виявляються звичайно загальними для вельми великої наукової групи, але для парадигм це зовсім не обов'язково. Дослідники в надто далеких одна від одної галузях науки, скажімо, в астрономії і таксономічній ботаніці, отримують освіту на основі цілком різних досягнень, викладених у дуже різних книгах. І навіть учені, що працюють в тих самих або близько суміжних галузях, приступаючи до вивчення одних і тих самих підручників і досягнень, в процесі професійної спеціалізації скоріше всього, набудуть різноманітних парадигм.

Як один із можливих прикладів розглянемо досить велике і різнобарвне співтовариство, до якого належать всі вчені-фізики. Сьогодні кожний член цієї групи вивчає, скажімо, закони квантової механіки і більшість з них користується цими законами в процесі дослідження або викладання. Але не всі вони вивчають одні й ті ж самі застосування цих законів, і, отже, не всі вони в своїх поглядах будуть однаково враженими впливами від змін у квантово-механічних дослідженнях. На шляху до професійної спеціалізації деякі з учених-фізиків зустрічаються тільки з основними принципами квантової механіки. Інші детально вивчають парадигмальні застосування цих принципів до хімії, а дехто — до фізики твердого тіла і т. ін. Те, що означає квантова механіка для кожного з них, залежить від того, які курси він прослухав, які підручники читав і які журнали вивчав. З цього випливає, що, хоча зміна в квантово-механічних законах є революційною для кожної з цих груп, зміна, яка відбиває тільки те чи те парадигмальне застосування квантової механіки, виявиться революційною тільки для членів однієї професійної підгрупи. Для інших же представників цієї професії і тих, хто займався дослідженнями в інших фізичних науках, ця зміна взагалі не обов'язково має бути революційною. Коротше кажучи, хоч квантова механіка (або динаміка Ньютона, або електромагнітна теорія) є парадигмою для численних наукових груп, вона не є парадигмою однаково для всіх. Отже, вона водночас може визначати різно-

манітні традиції нормальної науки, що частково накладаються одна на одну, хоч і не збігаються в часі та просторі. Революція в межах однієї з традицій, зовсім не обов'язково однаково охоплює інші.

Одна стисла ілюстрація наслідків спеціалізації може дати цьому міркуванню сили. Дослідник, котрий сподівався дізнатися дещо про те, як учені уявляють теорію атома, запитав у видатного фізика і знаного хіміка, чи є один атом гелію молекулою чи ні. Обидва відповіли без вагання, але їхні відповіді були різними. Для хіміка атом гелію був молекулою, тому що він поведився як молекула в кінетичній теорії газів. Навпаки, для фізика атом гелію не був молекулою, позаяк він не давав молекулярного спектра⁷. Вочевидь, обидва вони говорили про ту саму частку, але розглядали її через власні дослідницькі навички і практику. Їхній досвід у розв'язанні проблеми підказав їм, що повинна являти собою молекула. Без сумніву, їхні досвіди мали багато спільного, але в цьому разі вони не дали фахівцям однозначної відповіді. Надалі ми будемо досліджувати, наскільки важливі наслідки можуть іноді мати відмінності такого роду, що стосуються парадигм.

⁷ Цим дослідником був Джеймс К. Сеньор, якому я вдячний за усне спілкування. Деякі подібні питання розглянуті в його статті: J. K. Senior. *The Vernacular of the Laboratory // Philosophy of Science*, XXV, 1958, pp. 163-168.

VI. Аномалія і виникнення наукових відкриттів

Нормальна наука, з розв'язування головоломок, яку ми щойно розглянули, це — надзвичайно кумулятивне підприємство, напрочуд успішне в досягненні своєї мети, тобто в постійному розширенні меж наукового знання і його уточненні. В усіх цих аспектах вона вельми точно відповідає найрозповсюдженішому уявленню про наукову роботу. Проте один із стандартних видів продукції наукового підприємства тут упущено. Нормальна наука не ставить за мету знайдення нового факту або теорії, і успіх в нормальному науковому дослідженні полягає зовсім не в цьому. Тим не менше нові явища, про існування яких ніхто не підозрював, знов і знов відкриваються науковими дослідженнями, а радикально нові теорії знов і знов винаходяться ученими. Історія навіть наводить на думку, що наукове підприємство створило винятково потужну техніку для того, щоб підносити подібні сюрпризи. Якщо цю характеристику науки потрібно узгодити зі сказаним, тоді дослідження, яке використовує парадигму, має бути особливо ефективним стимулом для зміни тієї ж таки парадигми. Саме це й роблять нові фундаментальні факти і теорії. Їх створюють неумисно упродовж гри за одним набором правил, але їхнє сприймання вимагає розробки іншого набору правил. Після того як вони стали елементами наукового знання, наука, принаймні в тих одиночних галузях, яким належать ці нововведення, ніколи не залишається тією ж самою.

Тепер нам слід з'ясувати, як виникають подібні зміни, розглядаючи вперше зроблені відкриття або нові факти, а після цього винаходи або нові теорії. Однак ця відмінність між відкриттям і винаходом або між фактом і теорією на перший погляд може видатися надзвичайно штучною. Тим не менше її штучність дає важливий ключ до декількох основних тез пропонуваної праці. Розглядаючи у цьому розділі окремі відкрит-

тя, ми дуже швидко дійдемо висновку, що вони є не ізольовані події, а тривалі епізоди зі структурою, що регулярно повторюється. Відкриття починається з усвідомлення аномалії, тобто зі встановлення того факту, що природа якось порушила навіяні парадигмою очікування, які спрямовують розвиток нормальної науки. Це й приводить до більш-менш розширеного дослідження сфери аномалії. І цей процес завершується тільки тоді, коли парадигмальна теорія пристосовується до нових обставин таким чином, що аномалії самі стають очікуваними. Засвоєння теорією нового виду фактів вимагає чогось більшого, ніж просто додаткового пристосування теорії; доки це пристосування повністю не завершено, тобто доки учений не навчиться бачити природу в іншому світлі, новий факт не можна вважати взагалі фактом, цілком науковим.

Щоб побачити, як тісно переплітаються фактичні і теоретичні нововведення в науковому відкритті, розглянемо особливо відомий приклад — відкриття кисню. Принаймні три людини мають законне право претендувати на це відкриття. Окрім них, ще декілька хіміків на початку 70-х років XVIII ст. здійснювали збагачування повітря в лабораторних посудинах, хоч самі не знали про цей бік своїх дослідів¹. Прогрес нормальної науки, в цьому разі хімії газів, дуже ретельно підготував для цього ґрунт. Найпершим претендентом, котрий отримав відносно чисту пробу газу, був шведський аптекар К. В. Шеєле. Тим не менше, ми можемо ігнорувати його працю, бо вона не була опублікована доти, доки про повторне відкриття кисню не заявили в іншому місці, відтак його праця ніяк не відбилася на історичній моделі, що цікавить нас насамперед². Другим заявив про відкриття англійський учений і богослов Джозеф Прістлі, котрий зібрав газ, виділений при нагріванні червоного окису ртуті, як вхідний ма-

¹ З приводу дискусії про відкриття кисню, що вважається класичною досі, див.: A. N. Meldrum. *The Eighteenth-Century Revolution in Science — the First Phase*. Calcutta, 1930, chap. V. Нещодавній огляд, що не викликає заперечень, разом з розглядом попередніх суперечок, дав М. Дома: M. Dumas. *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*. Paris, 1955, chaps. II-III. Повніший аналіз і бібліографію див. також: T. S. Kuhn. *The Historical Structure of Scientific Discovery* // *Science*, CXXXVI, June 1, 1962, pp. 760-764.

² Про іншу оцінку ролі Шеєле див.: Uno Bocklund. *A Lost Letter from Scheele to Lavoisier* // *Lychnos*, 1957-1958, pp. 39-62.

теріал для наступного нормального дослідження «повітрів», що виділяються великою кількістю твердих речовин. 1774 року він ототожнив газ, отриманий таким чином, із закисом азоту, а 1775 року, здійснюючи подальші перевірки, — з повітрям взагалі, яке мало меншу, ніж звичайно, дозу флогістону. Третій претендент, Лавуазьє, почав роботу, що привела його до відкриття кисню, після експерименту Прістлі в 1774 році і, можливо, завдяки натяку з боку Прістлі. На початку 1775 року Лавуазьє повідомив, що газ, одержуваний після нагрівання червоного окису ртуті, являє собою «власне повітря без змін [за винятком того, що]... воно виявляється чистішим, придатнішим для дихання³. До 1777 року, чи не без другого натяку Прістлі, Лавуазьє дійшов висновку, що це був газ особливого різновиду, один з основних компонентів, що складають атмосферу. Сам Прістлі з таким висновком ніколи не зміг би погодитися.

Ця схема відкриття порушує питання, дотичне до кожного нового явища, усвідомленого вченими. Хто перший відкрив кисень: Прістлі, Лавуазьє чи хтось іще? Хоч би як там було, виникає інше запитання: коли відкрили кисень? Останнє запитання було б доречне навіть у тому разі, якби існував тільки один претендент. Самі собою питання пріоритету і моменту часу нас, взагалі кажучи, не цікавлять. Тим не менше прагнення знайти відповідь на них освітлює природу наукового відкриття, позаяк немає очевидної відповіді на подібне запитання. Відкриття не належить до числа тих процесів, стосовно яких питання пріоритету є повністю адекватним. Той факт, що воно поставлене (питання про пріоритет у відкритті кисню не раз порушувалося з 80-х років XVIII ст.), — це симптом якогось викривлення образу науки, що відводить відкриттю таку фундаментальну роль. Ще раз повернімося до нашого прикладу. Претензії Прістлі з приводу відкриття кисню ґрунтувалися на його пріоритеті в отриманні газу, який пізніше визнали особливим, не відомим досі видом газу. Але проба Прістлі не була чистою, і якщо отримання кисню з домішками вважати його відкриттям, тоді те саме в принципі можна сказати про всіх тих, хто будь-коли вміщував у посудину атмосферне повітря. Крім

³ J. V. Conant. The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789 // Harvard Case Histories in Experimental Science, Case 2. Cambridge, Mass., 1950, pp. 23. Ця дуже корисна брошура відтворює багато необхідних документів.

того, якщо Прістлі був першим винахідником, то коли в такому разі зроблено відкриття? 1774 року він вважав, що отримав закис азоту, тобто уже знайомий йому різновид газу. 1775 року він вважав, що отриманий газ є дефлогістованим повітрям, але ще не киснем. Для хіміка, що дотримується теорії флогістону, це був цілком невідомий вид газу. Претензії Лавуазьє ґрунтовніші, але й вони порушують ті ж самі проблеми. Якщо ми не віддаємо пальму першості Прістлі, то ми не можемо присудити її і Лавуазьє за роботу 1775 року, в якій він доходить висновку про ідентичність газу із «власне повітрям». Певне, більше схожі на відкриття роботи 1776 і 1777 років, в яких Лавуазьє не просто вказує на існування газу, а й показує, що являє собою цей газ. Однак і цей результат можна було б піддати сумніву. Річ у тім, що і 1777 року і до кінця свого життя Лавуазьє наполягав на тому, що кисень — це атомарний «елемент кислотності», що кисень як газ утворюється тільки тоді, коли цей «елемент» з'єднується з теплородом, з матерією теплоти⁴. Чи можемо ми на цій підставі говорити, що кисень в 1777 році ще не був відкритий? Подібна спокуса може виникнути. Та елемент кислотності вигнали з хімії тільки після 1810 року, а поняття теплороду помирало ще до 60-х років ХІХ століття. Кисень почали розглядати звичайною хімічною речовиною ще до цих подій.

Очевидно, потрібен новий словник і нові поняття для того, щоб аналізувати події, подібні до відкриття кисню. Хоч речення «кисень був відкритий», напевне, правильне, воно вводить в оману, викликаючи думку, що відкриття чогось — це простий одиничний акт, порівняний з нашим звичайним (і також не занадто вдалим) поняттям бачення. Ось чому ми так охоче погоджуємося із тим, що процес відкриття, подібно до зору або дотику, так само, напевне, має бути приписаний окремій особистості і певному моменту часу. Але відкриття ніколи не можна приурочити до певного моменту; часто його не можна і точно датувати. Ігноруючи Шесле, ми можемо впевнено сказати, що кисень не був відкритий до 1774 року. Ми могли б, мабуть, також сказати, що його відкрили до 1777 року або трохи пізніше. Але в цих межах або подібних, будь-яка спроба датувати відкриття неминуче мала бути довільною, позаяк відкриття нового виду явищ являє собою необхідно складну подію. Воно

⁴ H. Metzger. *La philosophie de la matière chez Lavoisier*, Paris, 1935; Daumas, *Op. cit.*, chap. VII.

також припускає усвідомлення того, *що* відбулося, і того, *як* воно виникло. Зауважимо, наприклад, що якщо кисень є для нас повітрям з меншою часткою флогістону, то ми, не вагаючись повинні стверджувати, що першим винахідником його був Прістлі, хоча ще й не знаємо, коли було зроблене відкриття. Але якщо з відкриттям нерозривно пов'язане не тільки спостереження, а й концептуалізація, відкриття самого факту і засвоєння його теорією, тоді відкриття є процес і має бути тривалим у часі. Тільки якщо всі відповідні концептуальні категорії підготовлені заздалегідь, відкриття *чогось* і визначення, *що це таке*, легко здійснюється спільно і водночас (але в такому разі не можна було б говорити про явище нового виду).

Уявімо тепер, що відкриття припускає тривалий, хоч і не обов'язково дуже тривалий, процес концептуального засвоєння. Чи можемо ми також сказати, що воно тягне за собою зміну парадигми? На це запитання не можна дати загальної відповіді, але в такому разі відповідь має бути принаймні стверджувальною. Те, про що писав Лавуазьє в своїх статтях починаючи з 1777 року, було не так відкриттям кисню, як кисневою теорією горіння. Ця теорія була ключем для перебудови хімії, причому такої ґрунтовної, що її звичайно називають революцією в хімії. Справді, якби відкриття кисню не було безпосередньою ланкою процесу виникнення нової парадигми в хімії, то питання про пріоритет, з якого ми почали, ніколи не здавалося б таким важливим. В цьому разі, як і в інших, визначення того, чи має місце нове явище, і, таким чином, встановлення його першовідкривача змінюється залежно від нашої оцінки того ступеня, яким це явище не виправдало сподівань, що впливають з парадигми. Зауважимо, однак (бо це буде важливо надалі), що відкриття кисню саме собою не було причиною зміни хімічної теорії. Задовго до того, як Лавуазьє зіграв свою роль у відкритті нового газу, він був впевнений, що в теорії флогістону щось було невірним і що тіла, які горять, поглинають якусь частину атмосфери. Численні міркування з цього питання він залишив у нотатнику, відданому на зберігання до Французької Академії 1772 року⁵. Робота Лавуазьє над питанням про існування кисню

⁵ Найавторитетніший виклад причин незадоволення Лавуазьє було вже Н. Guerlac. Lavoisier — the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772. Ithaca, N. Y., 1961.

додатково сприяла зміцненню його колишньої думки, що десь було допущено прорахунок. Вона підказала йому те, що він уже готовий був відкрити, — природу речовини, яка при окисленні поглинається з атмосфери. Це чіткіше усвідомлення труднощів, мабуть, було головним, що спонукало Лавуазьє побачити в експериментах, подібних до експериментів Прістлі, газ, якого сам Прістлі виявити не спромігся. І навпаки, для того, щоб побачити те, що вдалося побачити Лавуазьє, треба було ґрунтовно переглянути парадигму, яка виявилася засадничою причиною того, що Прістлі до кінця свого життя не спромігся побачити кисень.

Два інших, значно стисліших приклади потвердять чимало зі сказаного. Водночас вони дозволять нам перейти від з'ясування природи відкриттів до розуміння обставин, за яких вони виникають у науці. Намагаючись уявити головні шляхи, якими можуть виникати відкриття, ми обрали ці приклади так, щоб вони відрізнялися як один від одного, так і від відкриття кисню. Перший — відкриття рентгенівських променів — являє собою класичний приклад випадкового відкриття. Цей тип відкриття зустрічається значно частіше, ніж можна уявити на підставі сухих стандартних повідомлень. Історія відкриття рентгенівських променів починається з того дня, коли фізик Рентген перервав нормальне дослідження катодних променів, бо помітив, що екран, вкритий платиносинеродистим барієм, на деякій відстані від приладу, що екранує, світився під час розряду. Подальше дослідження (воно тривало сім виснажливих тижнів, протягом яких Рентген рідко залишав лабораторію) показало, що причиною світіння є прямі промені, які виходять від катодно-променевої трубки, що випромінювання дає тінь, що його не можна відхилити за допомогою магніту та багато іншого. До того, як Рентген оголосив про своє відкриття, він упевнився, що цей ефект зумовлений не катодними променями, а випромінюванням, яке дещо нагадує світло⁶.

Навіть такий стислий виклад суті справи показує різючу схожість із відкриттям кисню: до експериментів з червоним окисом ртуті Лавуазьє провадив експерименти, що не підтверджували передбачення з погляду флогістонної парадигми. Відкриття Рентгена почалося з відкриття світіння екрана, коли цього

⁶ L. W. Taylor. *Physics, the Pioneer Science*. Boston, 1941, pp. 790-794; T.W.Chalmers. *Historic Researches*. London, 1949, pp. 218-219.

не можна було очікувати. В обох випадках усвідомлення аномалії, тобто явища, до сприймання якого парадигма не підготувала дослідника, стало головним у підготовці ґрунту для розуміння нововведення. Але знов-таки в обох випадках відчуття того, що не все йде, як задумано, було лише прелюдією до відкриття. Ані відкриття кисню, ані відкриття рентгенівських променів не вчинялися без подальшого процесу експериментування і засвоєння. Наприклад, в якому пункті роботи Рентгена можна сказати, що рентгенівські промені справді вже відкриті? В будь-якому разі це відкриття сталося не на першому етапі, коли Рентген помітив лише світіння екрана. Принаймні ще один дослідник спостерігав це світіння і нічого нового не виявив, що згодом викликало його досаду⁷. Так само — і це цілком очевидно — момент відкриття не можна було наблизити і протягом останнього тижня досліджень, коли Рентген вивчав властивості нового випромінювання, яке він уже відкрив. Ми можемо сказати лише, що рентгенівські промені були відкриті у Вюрцбурзі в період між 8 листопада і 28 грудня 1895 року.

Однак, якщо взяти третю із нами перерахованих категорій фактів, то тут наявність важливих аналогій між відкриттям кисню і рентгенівських променів далеко не така очевидна. На відміну від відкриття кисню, відкриття рентгенівських променів, принаймні протягом наступних 10 років, не викликало жодної явної зміни в науковій теорії. В такому разі виникає запитання: в якому сенсі можна говорити, що сприймання цього відкриття вимагало зміни парадигми? Привід для заперечення цієї зміни надто серйозний. Зрозуміло, парадигми, визнані Рентгеном і його сучасниками, не можна було використовувати для передбачення рентгенівських променів. Електромагнітну теорію Максвелла ще не прийняли повсюдно, а партикулярна теорія катодних променів була лише однією з численних поширених спекулятивних побудов. Але жодна з цих парадигм, принаймні в будь-якому відомому сенсі, не накладала заборону на існування рентгенівських променів, позаяк теорія флогістону не забороняла інтерпретацію отриманого Прістлі газу в тлумаченні Ла-

⁷ E. T. Whittaker. A History of the Theories of Aether and Electricity, I, 2d ed. London, 1951, p. 358, n. 1. Джордж Томсон повідомив мені про другий прикрий прорахунок. Якби Вільям Крукс був уважнішим до дивно засвіченої фотопластики, він також став б на шлях відкриття.

вуазьє. Навпаки, 1895 року прийняті наукові теорії і практика наукових досліджень припускали низку різноманітних типів випромінювання видимого, інфрачервоного і ультрафіолетового світла. Чому б, запитаємо, не вважати рентгенівські промені ще однією формою добре відомого класу явищ природи? Скажімо, чому їх не визнали так, як визнають відкриття нових хімічних елементів? Нові елементи, що заповнюють порожні клітини в періодичній таблиці, розшукували і виявляли у часи Рентгена. Їх пошук був типовим проектом для нормальної науки, а успіх був лише приводом для поздоровлень, але не для здивування.

Однак відкриття рентгенівських променів було не тільки дивним, а й таким, що вразило. Лорд Кельвін спершу назвав їх ретельно розробленою містифікацією⁸. Інші ж, хоч і не сумнівалися в очевидності, були явно приголомшені відкриттям. Якщо наявність рентгенівських променів явно і не суперечила теорії, що встановилася, все-таки вони порушували глибоко укорінені очікування. Ці очікування, як на мене, були приховано присутні в проведенні та інтерпретації відпрацьованих лабораторних процедур. До 90-х років XIX ст. установками для отримання катодних променів була оснащена безліч лабораторій в Європі. Якщо установка Рентгена дозволяла одержувати рентгенівські промені, то, ймовірно, чимало інших експериментаторів, протягом певного часу одержували ці промені, але самі цього не знали. Можливо, ці промені могли мати такі само інші невідомі джерела і, отже, були в інших явищах, пояснених раніше без допомоги рентгенівських променів. Принаймні деякі види добре відомих приладів слід було відтоді постачати свинцевими екранами. Тепер заздальгідь виконану за проектами нормальної науки роботу необхідно було зробити ще раз, позаяк досі вченим не вдавалося дізнатися і проконтролювати відповідні змінні величини. Рентгенівські промені, зрозуміло, відкрили нову галузь і таким чином поширили потенційну сферу нормальної науки. Але найважливіше полягало в тому, що вони внесли зміни в ті галузі, що вже існували, а відтак — відібрали у колишніх парадигмальних типів інструментарію право на цей титул.

Отже, рішення використовувати особливий вид апаратури і експлуатувати його особливим чином тягне за собою, свідомо

⁸ S. P. Thompson. The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs. London, 1910, II, p. 1125.

чи ні, припущення, що матимуть значення тільки певні види умов. Очікування бувають як інструментальні, так і теоретичні, і вони часто відігравали вирішальну роль у розвитку науки. Одним із таких очікувань є, скажімо, історія відкриття кисню. Використовуючи стандартний спосіб перевірки повітря на «доброякісність», і Прістлі, і Лавуазьє змішували два об'єми виявленого ними газу з одним об'ємом окису азотистої кислоти, струшували суміш у присутності води і вимірювали об'єм газу, що залишався. Попередній досвід, на основі якого була встановлена ця стандартна процедура, гарантував їм, що для атмосферного повітря залишок має дорівнювати одному об'єму і що для будь-якого іншого газу (або для неочищеного повітря) він має бути більше. В експерименті з киснем і Прістлі, і Лавуазьє виявили залишок, наблизений до одного об'єму, і згідно з цим ідентифікували газ. Тільки значно пізніше і певною мірою випадково Прістлі відкинув стандартну процедуру і спробував змішувати окис азотистої кислоти з газом в іншій пропорції. Тоді він і виявив, що з більшим у чотири рази об'ємом окису азотистої кислоти залишку взагалі майже не спостерігається. Його приписи відносно вхідної процедури контрольного експерименту — процедури, санкціонованої великим попереднім досвідом, — був водночас приписом заперечувати існування газів, що могли поводитися так, як кисень»⁹.

Подібні ілюстрації можна множити, звертаючись, наприклад, до причин того, чому так пізно правильно зрозуміли поділ урану. Одна з причин, чому ця ядерна реакція виявилася заважкою для розпізнання, полягала в тому, що вчені, які знали, чого можна очікувати при бомбардуванні урану, віддавали перевагу хімічним способам перевірки, спрямованим переважно на елементи верхнього ряду періодичної системи елементів¹⁰. Чи мо-

⁹ Conant. *Op. cit.*, pp. 18-20.

¹⁰ К. К. Darrow. Nuclear Fission // *Bell System Technical Journal*, XIX. 1940, p. 267-289. Криптон, один з основних продуктів поділу, не можна було виявити хімічним способом доти, доки реакцію правильно не зрозуміли. Барій, другий продукт, майже виявили хімічно на пізній стадії дослідження, позаяк виявилось, що елемент, який приєднується до радіоактивного розчину, осаджує важкий елемент, задля якого хіміки затівали експеримент. Невдачі відокремлень зв'язаного барію від радіоактивного продукту, врешті-решт привели (після того, як реакцію не один раз досліджували протягом майже п'яти

жемо ми, спостерігаючи за тим, як часто такі інструментальні приписи призводять до помилок, дійти висновку, що наука має зректися стандартних перевірок і стандартних інструментів? Це могло б спричинити безладдя у методі дослідження. Процедури парадигми і її застосування потрібні науці так само, як парадигмальні закони і теорії, і слугують тій самій меті. Вони неминухо звужують сферу явищ, доступну тепер для наукового дослідження. Усвідомлюючи це, ми водночас можемо бачити той суттєвий момент, згідно з яким відкриття, подібні до відкриття рентгенівських променів, унеобходнюють зміну парадигми — і, отже, зміну як процедур, так і очікувань — для певної частини наукового співтовариства. В результаті ми можемо також зрозуміти, як відкриття рентгенівських променів могло видатися численним ученим відкриттям нового дивного світу і могло так ефективно брати участь у кризі, яка призвела до фізики ХХ ст.

Наш останній приклад наукового відкриття — створення лейденської банки — належить до класу, що його можна характеризувати як відкриття, «індуційовані теорією» (theory-induced). На перший погляд, цей термін може видатися парадоксальним. Багато із сказаного досі, викликало думку, що відкриття, передбачені теорією заздалегідь, є частинами нормальної науки, внаслідок чого в рамках цих відкриттів *нові види фактів* не існуватимуть. Вище я торкався, скажімо, відкриттів нових хімічних елементів у другій половині ХІХ ст. як прикладів діяльності нормальної науки. Але не всі теорії є парадигмальними. І протягом допарадигмального періоду, і протягом криз, що призводять до великомірної зміни парадигми, учені звичайно розробляють багато спекулятивних і туманних теорій, що можуть самі собою вказати шлях до відкриття. Однак часто таке відкриття не є відкриттям, що повністю було передбачене

років) до такого висновку: “Як хіміки ми повинні прийти через це дослідження... до зміни всіх найменувань у попередній схемі реакції і, отже, писати Ва, La, Се замість Ra, Ac, Th. Але, як “ядерні хіміки” з фізичним ухилом, ми не можемо стрибнути, що спростувало б увесь попередній досвід атомної фізики. Можливо, наші результати є оманливими внаслідок серії дивних випадковостей” (O. Hahn and F. Strassman. *Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle* // *Die Naturwissenschaften*, XXVII, 1939, S. 15).

спекулятивними спробними гіпотезами. Тільки коли експеримент і спробна теорія відповідають одне одному, виникає відкриття, і теорія стає парадигмою.

Створення лейденської банки виявляє всі означені і навіть додаткові риси, що ми їх розглядали. Коли це відбулося, для дослідження електрики не було єдиної парадигми. Замість цього була ціла низка теорій, виведених з дослідження порівняно доступних і конкуруючих явищ. Жодна з них не досягла мети в упорядкуванні всієї різноманітності електричних явищ. Ця невдача стає джерелом деяких аномалій, що стимулювали винахід лейденської банки. Одна зі шкіл, що суперничають між собою, розглядала електрику як флюїд, і ця концепція привела чимало дослідників до спроби зібрати флюїд за допомогою склянки з водою, що тримали в руках, а вода через провідник контактувала з електрогенератором, що працював. Відсуваючи банку від машини і торкаючись води (або провідника, з'єднаного з нею) вільною рукою, кожний дослідник відчував різкий удар струмом. Однак ці перші експерименти ще не привели дослідників електрики до створення лейденської банки. Її проєкт визрівав дуже поволі. І знов не можна точно сказати, коли її відкрили. Перші спроби зібрати електричний флюїд виявилися успішними тільки тому, що дослідники тримали склянку в руках, а самі стояли на землі. До того ж дослідники електрики мали ще переконатися, що банка потребує зовнішнього і внутрішнього покриття, яке є провідником, і що флюїд насправді, взагалі кажучи, не заповнює банку. Коли це виявилось в процесі досліджень (а вони виявили і деякі інші аномалії), виник прилад, названий лейденської банкою. Крім того, експерименти, що спричинили її появу і багато з яких здійснив Франклін, вимагали рішучого перегляду флюїдної теорії, і, відтак, забезпечували першу повноцінну парадигму для вивчення електрики¹¹.

Більшою або меншою мірою (відповідно до сили потрясіння від непередбачених результатів) спільні риси, притаманні трьом наведеним прикладам, характеризують всі відкриття нових видів

¹¹ Про різні етапи еволюції лейденської банки див.: I. V. Cohen. *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*. Philadelphia, 1956, pp. 385-386, 400-406, 452-467, 506-507. Останню стадію описував Віттакер: Whittaker. *op. cit.*, pp. 50-52.

явищ. Ці характеристики включають: попереднє усвідомлення аномалії, поступове або миттєве її визнання — як дослідне, так і понятійне, і наступну зміну парадигмальних категорій і процедур, що часто зустрічає опір. Можна навіть стверджувати, що ті ж самі характеристики внутрішньо притаманні самій природі процесу сприйняття. У психологічному експерименті, що заслуговує на значно більшу увагу непсихологів, ніж це має місце, Дж. Брунер і Л. Постмен просили випробуваних у стислий і фіксований час розпізнати серію гральних карт. Більшість карт були стандартними, але деякі були змінені, наприклад, червона пікова шістка і чорна чирвова четвірка. Кожний експериментальний цикл полягав в тому, що випробуваному показували одну за одною цілу серію карт, причому час показу карт поступово зростає. Після кожного сеансу випробуваній мав сказати, що він бачив, а цикл тривав доти, доки випробуваній двічі називав повністю правильно всю серію показуваних карт¹².

Навіть за найкоротших показів більшість випробуваних розпізнавали значну частину карт, а після невеликого збільшення часу подання всі випробувані називали всі карти. З нормальними картами розпізнання, зазвичай, відбувалося гладко, але замінені карти майже завжди без помітного вагання або затримки ототожнювалися з нормальними. Чорну чирвову четвірку, наприклад, могли розпізнати як пікову четвірку або як чирвову четвірку. Без будь-яких особливих ускладнень випробуваній миттєво пристосовувався до однієї з концептуальних категорій, підготовлених попереднім досвідом. Навіть не можна з певністю сказати, що випробувані бачили щось відмінне від того, що вони ідентифікували. Та коли експозиції змінених карт збільшували, випробувані починали вагатися і виявляли усвідомлення аномалії. Наприклад, бачачи червону пікову шістку, деякі говорили: «Це — пікова шістка, але тут щось не так — чорне має червоні обриси». Подальше збільшення експозиції викликало ще більший сумнів і зняковіння доти, доки врешті-решт, іноді цілком зненацька, більшість випробуваних починала ідентифікувати правильно. Крім того, після подібної процедури з двома або трьома аномальними картами випробувані надалі мали менше труднощів з іншими картами. Однак виявилось, що деякі випро-

¹² J. S. Bruner and L. Postman. On the Perception of Incongruity: A Paradigm // *Journal of Personality*, XVIII, 1949, pp. 206-223.

бувані так і не спромоглися належно відкоригувати свої категорії. Навіть коли час показу збільшили в сорок разів проти середньої тривалості експозиції, необхідної для розпізнання нормальної карти, понад 10 відсотків аномальних карт вони не розпізнали ними правильно, причому випробувані, яким не вдавалося виконати завдання, часто гірко досадували. Один із них вигукнув: «Я не можу визначити жодної масті. Вона навіть не схожа на карту. Я не знаю, якої масті вона зараз: пікова чи чирвова. Я не певен зараз, як виглядають піки. Боже мій!»¹³. В наступному розділі ми упевнимосся у тому, що й учені поведуться іноді так само.

Незалежно від того, чи вважати зіставлення з подібними експериментами метафоричними чи такими, що відбивають природу розуму, ці психологічні експерименти дають напрочуд просту і переконливу схему процесу наукового відкриття. В науці, як і в експерименті з гральними картами, відкриття завжди супроводжується ускладненнями, стверджується всупереч опору основних принципів, на яких засноване очікування. Спершу сприймається тільки очікуване і звичайне навіть за обставин, за яких пізніше все-таки виявляється аномалія. Однак подальше ознайомлення приводить до усвідомлення деяких похибок або до знаходження зв'язку між наслідком і тим, що з попереднього привело до помилки. Таке усвідомлення аномалії відкриває період, коли концептуальні категорії підганяються доти, доки отримана аномалія не стає очікуваним результатом. У цьому пункті процес відкриття закінчується. Я вже наголошував, що з цим процесом або з якимось надто подібним йому пов'язане виникнення всіх наукових відкриттів. Дозвольте мені зараз звернути увагу на те, що, усвідомлюючи цей процес, ми можемо, нарешті, зрозуміти, чому нормальна наука, не прагнучи безпосередньо до нових відкриттів і спершу маючи намір навіть придушити їх, тим не менше, може бути постійно ефективним інструментом, що породжують ці відкриття.

У розвитку будь-якої науки перша узвичаєна парадигма звичайно вважається цілком прийнятною для більшості спостережень і експериментів, доступних фахівцям у даній галузі.

¹³ Ibid., p. 218. Мій колега Постмен сказав, що, знаючи все про карти і їхній показ заздалегідь, він тим не менше, дивившись на недолугі карти, відчував великі незручності.

Тому подальший розвиток, що звичайно потребує створення ретельно розробленої техніки, є розвиток езотеричного словника й майстерності та уточнення понять, схожість яких з їхніми прототипами, що взяті зі сфери здорового глузду, безупинно зменшується. Така професіоналізація, з одного боку, призводить до значного обмеження поля зору ученого і наполегливого опору всіляким змінам у парадигмі. Наука стає все точнішою. З другого боку, всередині сфер, на які парадигма спрямовує зусилля групи, нормальна наука призводить до накопичення докладної інформації і уточнення відповідності між спостереженням і теорією, якого неможливо було б досягнути якимось інакше. Крім того, така детальна розробка і уточнення відповідності мають цінність, що перевищує інтерес (звичайно незначний) до власне внутрішнього змісту цієї роботи. Без спеціальної техніки, що створюється переважно для очікуваних явищ, відкриття нових фактів не відбувається. І навіть коли така техніка існує, першим винахідником виявляється той, хто, *точно* знаючи, на що він очікує, здатний розпізнати те, що відхиляється від очікуваного результату. Аномалія з'являється тільки на тлі парадигми. Чим точніша і розвиненіша парадигма, тим вона — чутливіший індикатор у викритті аномалії, що тим самим призводить до зміни в парадигмі. В нормальній моделі відкриття навіть опір зміні корисний. Це питання ми значно повніше розробимо в наступному розділі. Гарантуючи, що парадигма не буде відкинута занадто легко, опір водночас гарантує, що увагу вчених не можна легко відволікати і що до зміни парадигми приведуть тільки аномалії, які пронизують наукове знання до самого осердя. Той факт, що важливі наукові нововведення так часто пропонували водночас декілька лабораторій, вказує на значною мірою традиційну природу нормальної науки і на повноту, з якої ця традиційність послідовно готує шлях до власної зміни.

VII. Криза і виникнення наукових теорій

Усі відкриття, що ми їх розглянули в VI розділі, були або причинами змін у парадигмі, або сприяли цим змінам. Крім того, всі зміни, що призвели до цих відкриттів, були настільки ж деструктивними, наскільки і конструктивними. Після того, як відкриття усвідомили, учені отримують можливість пояснювати ширшу сферу природних явищ або точніше розглядати деякі раніше відомі явища. Але цей прогрес досягали тільки відкиданням певних колишніх стандартних переконань або процедур, а також заміною компонентів попередньої парадигми іншими. Подібні зміни, як я прагнув показати, пов'язані з усіма відкриттями, що їх досягає нормальна наука, за винятком тих порівняно тривіальних відкриттів, які хоч у загальних рисах можна було б передбачати і заздалегідь. Однак відкриття не є єдиними джерелами деструктивно-конструктивних змін у парадигмі. В цьому розділі ми почнемо розглядати подібні, але звичайно набагато більші зміни, що є результатом створення нових теорій.

Ми вже показали, що в науках факт і теорія, відкриття і дослідження не поділені категорично й остаточно. Відтак може бути, що цей розділ чимось повторюватиме попередній. (Не можна стверджувати, що Прістлі перший відкрив кисень, а Лавуазьє після цього створив кисневу теорію горіння, хоч би якою привабливою була така точка зору. Отримання кисню вже розглядалося як відкриття. Ми незабаром ще повернемося до нього, розглядаючи його вже як створення кисневої теорії горіння.) Аналізуючи виникнення нових теорій, ми неминухо розширимо також наше розуміння процесу відкриття. Однак частковий збіг не ідентичність. Типи відкриттів, наведені в попередньому розділі, не були (принаймні, кожний зокрема) відповідальні за такі

зміни парадигми, як коперніканська, ньютонівська, хімічна і ейнштейнівська революції. Вони не відповідають навіть за вузькоспеціальні і тому не такі значні зміни в парадигмі, викликані хвильовою теорією світла, динамічною теорією теплоти або електромагнітною теорією Максвелла. Як теорії, подібні до названих, можуть бути результатом нормальної науки, діяльність якої більше спрямована на те, що впливає з відкриттів, аніж на пошуки цих теорій?

Якщо усвідомлення аномалії має значення у виникненні нового виду явищ, то зовсім не дивно, що подібне, але глибше усвідомлення є передумовою всіх визнаних змін теорії. Наявні історичні щодо цього, гадаю, цілком певні. Положення астрономії Птолемея було скандальним ще до відкриттів Коперніка¹. Вклад Галілея у вивчення руху значною мірою ґрунтувався на ускладненнях, викритих в теорії Аристотеля критикою схоласти². Нова теорія світла і кольору Ньютона виникла з відкриттям, що жодна з наявних парадигмальних теорій не може врахувати довжину хвилі в спектрі. А хвильова теорія, що замінила теорію Ньютона, з'явилася у розпалі зростаючого інтересу до аномалій, що порушують дифракційні і поляризаційні ефекти теорії Ньютона³. Термодинаміка народилася зі зіткнення двох фізичних теорій XIX століття, а квантова механіка — з безлічі труднощів навколо тлумачення випромінювання чорного тіла, питомої тепломісткості і фотоелектричного ефекту⁴. Крім того, в усіх цих випадках, виключаючи приклад із Ньютоном, усвідомлення ано-

¹A. R. Hall. *The Scientific Revolution, 1500-1800*. London, 1954, p. 16.

²M. Clagett. *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison, Wis., 1959, Parts II-III. А. Койре виявив низку моментів, що їх запозичував Галілей у середньовічних мислителів, в своїй роботі «*Etudes Galiléennes*». Paris, 1939; передовсім, том I.

³Про Ньютона див.: T. S. Kuhn. *Newton's Optical Papers*, in: *Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy*, ed. I. B. Cohen. Cambridge, Mass., 1958, pp. 27-45. Про вступ до хвильової теорії див.: E. T. Whittaker. *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I, 2d ed. London, 1951, pp. 94-109; W. Whewell. *History of the Inductive Sciences*, rev. ed. London, 1847, II, pp. 396-466.

⁴Про термодинаміку див.: S. P. Thompson. *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*. London, 1910, I, pp. 266-281. Про квантову теорію див.: F. Reiche. *The Quantum Theory*. London, 1922, chaps. I-II.

малій тривало так довго і проникало так глибоко, що можна з повною підставою охарактеризувати заторкнуті ними сфери як такі, що перебувають у стані кризи, що зростає. Позаяк це вимагає перегляду парадигми у великому масштабі і значного прогресу в проблемах і технічних засобах нормальної науки, то виникненню нових теорій, зазвичай, передує період різко вираженої професійної невпевненості. Мабуть, таку невпевненість породжує постійна неспроможність нормальної науки розв'язувати її головоломки тою мірою, якою вона має це робити. Банкрутство чинних правил означає прелюдію до пошуку нових.

Насамперед розглянемо один з найвідоміших випадків зміни парадигми — виникнення коперніканської астрономії. Її попередниця — система Птолемея, — що сформувалася протягом останніх двох століть до нової ери і перших двох нової ери, мала надзвичайний успіх у передбаченні змін розташування зірок і планет. Жодна інша антична система не давала таких гарних результатів; для вивчення розташування зірок астрономію Птолемея все ще широко використовують і нині як технічну апроксимацію; для передбачення розташування планет теорія Птолемея була не гірша за теорію Коперніка. Та якщо наукова теорія досягає блискучих успіхів, це ще не означає, що вона повністю адекватна. Щодо розташування планет і прецесії, то їх передбачення, одержувані за допомогою системи Птолемея, ніколи повністю не відповідали найвдалішим спостереженням. У подальшому прагненні позбавитися цих незначних розбіжностей для численних послідовників Птолемея постало багато засадничих проблем нормального дослідження в астрономії — так само, як спроба узгодити спостереження небесних явищ і теорію Ньютона породила нормальні дослідницькі проблеми для послідовників Ньютона у XVIII сторіччі. Але якийсь час астрономи мали повну підставу припускати, що ці спроби можуть бути настільки ж успішними, як і ті, що привели до системи Птолемея. Якщо й була якась розбіжність, то астрономам незмінно вдавалося усувати її, вносячи деякі поодинокі поправки до системи концентричних орбіт Птолемея. Та час минав, і учений, поглянувши на корисні результати, досягнуті нормальним дослідженням завдяки зусиллям багатьох астрономів, міг побачити, що плутанина в астрономії зростала набагато швидше, ніж її точність, і що корегування розбіжності в одному

місці тягнуло за собою появу розбіжності в іншому⁵.

Через те, що астрономічну традицію багато разів порушували ззовні, а також за браком друкарства, комунікація між астрономами була обмежена. Ці труднощі усвідомлювалися дуже поволі, але так або інакше їх усвідомили. В XIII сторіччі Альфонс X міг заявити, що якби Бог, створюючи світ, порадився з ним то почув би непогану пораду. В XVI столітті колега Коперніка Доменіко де Новара дійшов висновку, що жодна система, така громіздка і помилкова, як система Птолемея, не може претендувати на вираження істинного знання про природу. І сам Копернік у передмові до «*De revolutionibus*» писав, що астрономічна традиція, ним успадкована, врешті-решт, породила тільки псевдонауку. На початку XVI століття більшає число чудових астрономів в Європі, які усвідомлюють, що парадигма астрономії зазнає невдачі, якщо застосовувати її до розв'язання власних традиційних проблем. Це усвідомлення було передумовою відмови Коперніка від парадигми Птолемея і основою для пошуків нової парадигми. Його чудова передмова до «*De revolutionibus*» досі є зразком класичного опису кризової ситуації⁶.

Неспроможність впоратися з технічними завданнями, що виникають в розвитку нормальної науки з розв'язання головоломки, звичайно, не була єдиним складником кризи в астрономії, з якою зіткнувся Копернік. При докладнішому розгляді слід зважити і на соціальну вимогу реформи календаря, що зробило розгадку прецесії особливо нагальною. Крім того, повніше пояснення має врахувати критику Аристотеля в середні віки, піднесення неоплатонізму в добу Відродження та інші, окрім сказаного, важливі історичні деталі. Але ядром кризи все-таки залишається неспроможність впоратися із технічними завданнями. В зрілій науці — астрономія стала такою ще за античності — зовнішні чинники, подібні наведеним, є засадниче важливими при визначенні стадій занепаду. Завдяки їм також легко розпізнати занепад нормальної науки і визначити галузь, в якій цей занепад намітився вперше. Ця обставина заслуговує на особливу увагу. Але хоча ці чинники і надзвичайно важливі, предмет

⁵ J. L. E. Dreyer. *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2d. ed. N. Y., 1953, chaps. XI-XII.

⁶ T. S. Kuhn. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass., 1957, pp. 135-143.

обговорення такого роду виходить за рамки нашої праці.

Позаяк приклад з коперніканською революцією достатньо ясний, перейдемо від нього до іншого, в ряді моментів відмінному за значенням прикладу кризи, що передував появі кисневої теорії горіння Лавуазьє. До 70-х років XVIII століття цілий комплекс чинників спричинив кризу в хімії, але не всі історики дійшли згоди щодо її природи та важливості тих чи інших чинників її виникнення. Однак два чинники звичайно вважаються найзначнішими: виникнення хімії газів і порушення питання про вагові співвідношення. Історія хімії газів починається у XVII столітті зі створення повітряного насоса і його застосування в хімічному експерименті. Протягом наступного століття, застосовуючи насос та інші пневматичні прилади, хіміки незабаром доходять висновку, що повітря, мабуть, є активним інгредієнтом в хімічних реакціях. Але за рідкісними винятками — такими сумнівними, що їх можна було б не згадувати взагалі, хіміки і надалі вірять, що повітря — лише вид газу. До 1756 року, коли Джозеф Блек показав, що «важке повітря» (CO_2) точною процедурою можна отримати зі звичайного повітря, вважалось, що дві проби газу можуть вирізнитися лише завдяки різноманітному змісту забруднюючих домішок⁷.

Після праці Блека дослідження газів прискорилося, передовсім завдяки Кавендішу, Прістлі і Шеєле, які розробили ряд нових приладів, що дали змогу відрізнити одну пробу газу від іншої. Всі дослідники, починаючи від Блека і до Шеєле, вірили в теорію флогістону і часто послуговувалися нею проводячи та інтерпретуючи експеримент. Шеєле фактично перший отримав кисень за допомогою ретельно розробленої послідовності експериментів, маючи намір дефлогістувати теплоту. До того ж спільним результатом, отриманим унаслідок їхніх експериментів, була безліч проб газу і властивостей газу, отриманих у такий спосіб, що теорія флогістону практично не «вписувалася» в проведення лабораторного дослідження. Хоча жоден із названих хіміків не припускав думки, що теорію треба замінити, вони не могли застосовувати її постійно. До часу, коли Лавуазьє на початку 70-х років XVIII ст. почав свої експерименти з повітрям, було майже стільки ж варіантів теорії флогістону, скільки було

⁷ J. R. Partington. A Short History of Chemistry, 2d ed. London, 1951, pp. 48-51, 78-85, 90-120.

хіміків-пневматиків⁸. Таке швидке множення варіантів теорії є дуже звичайним симптом її кризи. В передмові до своєї праці Копернік також висловлював невдоволення подібною обставиною.

Проте зростання невизначеності і зменшення придатності теорії флогістону для пневматичної хімії не було єдиним джерелом кризи, з яким зіткнувся Лавуазьє. Він також сильно занепокоївся тим, як пояснити збільшення у вазі, що спостерігалось у більшості речовин при спалюванні або розпеченні, а ця проблема теж має велику передісторію. Принаймні декілька арабських хіміків знали, що окремі метали важчають в процесі розпечення. В XVII ст. деякі дослідники цього факту дійшли висновку, що при розпеченні металу відбувається поглинання якогось інгредієнта з атмосфери. Але тоді такий висновок більшості хіміків не здавався необхідним. Якщо хімічні реакції могли змінювати об'єм, колір і щільність інгредієнтів, то чому, зрештою, вони не можуть так само змінювати і вагу? Вагу не завжди розглядали як міру кількості матерії. Крім того, збільшення у вазі при розпеченні залишалося ізольованим явищем. Більшість природних речовин (наприклад, деревина) легшають при розпеченні, як і мало бути згідно з пізнішим варіантом теорії флогістону.

Однак протягом XVIII ст. відповіді учених на проблему зміни ваги, що задовольняли їх раніше, викликають усе серйозніші ускладнення. Частково внаслідок того, що вбги все частіше були необхідним експериментальним засобом для хіміка, а частково внаслідок того, що розвиток пневматичної хімії зробив можливим та бажаним збереження газоподібного продукту реакцій, хіміки відкривали все більше і більше випадків збільшення ваги при розпеченні. Водночас поступове впровадження теорії тяжіння Ньютона навело хіміків на думку, що збільшення у вазі має означати збільшення кількості матерії. Ці висновки не є наслідком відмови від теорії флогістону, бо її багатьма різноманітними способами можна було узгодити з такими висновками. Скажімо, можна було припустити, що флогістон має негативну вагу, або частки вогню чи чогось іще проникають у розпечу-

⁸ Багато потрібного матеріалу міститься у праці: J. R. Partington and D. McKie. Historical Studies on the Phlogiston Theory // *Annals of Science*, II, 1937, pp. 361-404, III, 1838, pp. 1-58, 337-371; IV, 1939, pp. 337-371, хоча в ній розглядається переважно пізніший період.

вану речовину, як тільки флогістон залишає її. Були й інші пояснення. Але якщо проблема прирощення ваги не призводила до відмови від теорії флогістону, то все-таки вона стала спонукою до багатьох спеціальних досліджень, де ця проблема ставала основною. Одне з них, озаглавлене «Флогістон як субстанція, що має вагу і [що аналізується] на підставі зміни ваги, створюваної флогістоном у речовинах у процесі його з'єднання із ними», було озвучене як доповідь на засіданні Французької Академії на початку того самого 1772 року, наприкінці якого Лавуазьє передав свою знамениту запечатану записку в Академію. До того, як ця записка була написана, проблема, така гостра для хіміків, багато років залишалася нерозв'язаною головоломкою⁹, аби впоратися з нею, розробили багато різноманітних версій теорії флогістону. Подібно до проблем пневматичної хімії, проблеми змін у вазі все більше і більше ускладнювали розуміння того, що власне являє собою теорія флогістону. Все ще будучи такою, що її визнають і сприймають засобом дослідження, тим не менше парадигма хімії XVIII ст. поступово втрачала свій статус як єдиний спосіб пояснення цих явищ. Чим далі, тим більше дослідження, що спрямовувалося нею, нагадувало дослідження, що провадилося під контролем конкуруючих шкіл допарадигмального періоду. Це було ще одним типовим наслідком кризи.

Як третій і завершальний приклад розглянемо тепер кризу у фізиці кінця XIX ст., що підготувала шлях для виникнення теорії відносності. Одне джерело кризи можна простежити наприкінці XVII ст., коли деякі натурфілософи, передовсім Лейбніц, критикували Ньютона за збереження, хоча і в модернізованому варіанті, класичного поняття абсолютного простору¹⁰. Вони досить точно, хоч і не завжди повно, спромоглися показати, що абсолютний простір і абсолютний рух не несли жодного навантаження в системі Ньютона взагалі. Більше того, вони висловили здогад, що повністю релятивістське поняття простору і руху, до речі, відкрите пізніше, мало би більшу естетичну привабливість. Але їхня критика була суто логічною. Як ранні прибічники Ко-

⁹ H. Guerlac. Lavoisier — the Crucial Year. Ithaca, N. Y., 1961. Вся ця книга документує еволюцію і перше усвідомлення кризи; щоб уявити ситуацію, що стосується Лавуазьє, див. стор. 35.

¹⁰ M. Jammer. Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics. Cambridge, Mass., 1954, pp. 114-124.

перніка, котрі критикували Аристотелеві докази непорушності Землі, вони навіть не мислили про те, що перехід до релятивістської системи може мати спостережувані наслідки. Ані в жодному пункті вони не узгодили свої погляди з тими проблемами, що виникали внаслідок застосування теорії Ньютона до природних явищ. В результаті їхні погляди померли із ними разом упродовж перших десятиріч XVIII ст. і знову воскресли лише в останні десятиріччя XIX ст., коли набули зовсім іншого стосунку до практики фізичних досліджень.

Технічні проблеми, з якими релятивістська філософія простору, зрештою, мала бути узгоджена, почали проникати в нормальну науку з визнанням хвильової теорії світла приблизно після 1815 року, хоч вони й не викликали жодної кризи аж до 90-х років XIX ст. Якщо світло є хвильовим рухом, що розповсюджується в механічному ефірі і підпадає під закони Ньютона, тоді й спостереження небесних явищ, і експеримент у земних умовах дають потенційні можливості для відкриття «ефірного вітру». З небесних явищ тільки спостереження за аберацією зірок обіцяли бути достатньо точними для отримання надійної інформації, і відкриття «ефірного вітру» за допомогою виміру аберацій стає загальновизнаною проблемою нормального дослідження. Однак подібні виміри, незважаючи на значну кількість спеціально сконструйованих приладів, не виявили жодного спостережуваного «ефірного вітру», і відтак проблема від експериментаторів і спостерігачів перейшла до теоретиків. У середині століття Френель, Стокс та інші, аби пояснити невдачі в спостереженні «ефірного вітру», розробили чимало варіантів теорії ефіру. Кожний з цих варіантів припускав, що рухоме тіло захоплює за собою часточки ефіру. І кожний з варіантів досить успішно пояснював негативні результати не тільки спостереження небесних явищ, а й експериментів на землі, заразом зі знаменитим експериментом Майкельсона і Морлі¹¹. Та конфлікту все ще не було, якщо не брати до уваги суперечки навколо різноманітних тлумачень. До того ж за браком відповідної експериментальної техніки ці суперечки ніколи не були гострими.

Ситуація знову змінилася тільки завдяки поступовому прийняттю електродинамічної теорії Максвелла в останні два десяти-

¹¹ J. Larmor. *Aether and Matter... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena*. Cambridge, 1900, pp. 6-20, 320-322.

річчя XIX ст. Саме Максвелл був ньютоніанцем і вірив, що світло і електромагнетизм взагалі зумовлені мінливими переміщеннями часток механічного ефіру. Його найраніші варіанти теорії електрики і магнетизму були спрямовані на використання гіпотетичних властивостей, якими він наділяв певне середовище. Він проігнорував ці властивості в остаточному варіанті теорії, але все ще вірив, що його електромагнітна теорія сумісна із якимось варіантом механічного погляду Ньютона¹². Від нього і його послідовників вимагалось відповідно чітко сформулювати цей погляд. Та на практиці, як це не раз траплялося в розвитку науки, ясне формулювання теорії зустрілося з надзвичайними труднощами. Так само, як астрономічний план Коперніка, незважаючи на оптимізм автора, породив зростаючу кризу наявних тоді теорій руху, теорія Максвелла всупереч своєму ньютоніанському походженню, відповідно створила кризу парадигми, з якої вона вийшла¹³.

Дослідження Максвеллом електромагнітної поведінки рухомих тіл не зачепило питання про опір ефірного середовища, і ввести цей опір у його теорію виявилось надзвичайно важко. Отже, сталося так, що ціла низка раніших спостережень з метою виявити «ефірний вітер» вказували на аномалію. Тому період після 1890 року був відзначений тривалою серією спроб — як експериментальних, так і теоретичних — визначити рух щодо ефіру і впровадити в теорію Максвелла уявлення про опір ефіру. Експериментальні дослідження скрізь були марними, хоч деякі учені визнали результати непевними. Що ж до теоретичних спроб, передовсім дослідження Лоренца і Фіцджеральда, то вони дали чимало багатообіцяючих імпульсів, але водночас вказали і на інші труднощі; зрештою відбулося таке саме множення теорій, яке, як ми виявили раніше, супроводжує кризу¹⁴. Все це суперечить твердженням істориків, що спеціальна теорія відносності Ейнштейна виникла в 1905 році.

¹² R. T. Glazebrook. *James Clerk Maxwell and Modern Physics*, London, 1896, chap. IX. Про остаточну думку Максвелла див. його книгу: *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3d ed, Oxford, 1892, p. 470.

¹³ Про роль астрономії в розвитку механіки див.: Т. Кун. *Op. cit.*, chap. VII. Крім того, пункт, в якому криза розгорілася дужче, був пов'язаний якраз зі щойно розглянутими проблемами — проблемами руху щодо ефіру.

¹⁴ Whittaker, *Op. cit.*, I, pp. 386-410; II, London, 1953, pp. 27-40.

Ці три приклади майже цілком типові. Щоразу, нова теорія виникла тільки після виразних невдач у діяльності з нормального розв'язання проблем. Більше того, за винятком прикладу зі становленням геліоцентричної теорії Коперніка, де стосовно науки зовнішні чинники відігравали особливо велику роль, названі невдачі і множення теорій, що є симптомом близької аварії колишньої парадигми, тривали протягом одного або двох десятиліть до формулювання нової теорії. Нова теорія постає як безпосередньою реакцією на кризу. Зауважимо також, хоч це, можливо, і не настільки типово, що всі проблеми, щодо яких визначається початок кризи, бувають саме того типу, що його давно вже усвідомили. Попередня практика нормальної науки дала всі підстави вважати їх розв'язанням або майже розв'язанням. І це допомагає пояснити, чому почуття невдачі, коли воно настає, буває таким гострим. Невдача з новим видом проблем часто розчаровує, але ніколи не дивує. Ані проблем, ані головоломок не розв'язують, зазвичай, з першої спроби. Нарешті, усім цим прикладам властива ще одна ознака, що підкреслює важливу роль криз: вихід із кризи в кожному з них був, принаймні частково, передбачений протягом періоду, коли у відповідній науці не було жодної кризи, але за браком кризи ці передбачення ігнорували.

Єдине повне передбачення, яке також і найвідоміше, — передбачення Коперніка Аристархом в III ст. до н. е. Часто говорять, що якби грецька наука була не такою дедуктивною і менше дотримувалася догм, то геліоцентрична астрономія могла почати свій розвиток на вісімнадцять століть раніше, ніж це сталося насправді¹⁵. Але говорити так, значить ігнорувати весь історичний контекст події. Коли Аристарх висловив своє припущення, значно прийнятніша геоцентрична система задовольняла всі потреби, для яких могла б передбачувано знадобитися геліоцентрична система. В цілому розвиток птолемеївської астрономії, її тріумф і падіння, відбувається після висунення Аристархом своєї ідеї. Крім того, не було очевидних підстав

¹⁵ Про праці Аристарха Самоського див.: T. L. Heath. *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus*. Oxford, 1813, Part II. Про крайнє вираження традиційної позиції зневаги до досягнень Аристарха Самоського див.: A. Koestler. *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*. London, 1959, p. 50.

приймати ідеї Аристарха серйозно. Навіть ретельніше розроблений проект Коперніка не був ані простішим, ані точнішим, ніж система Птолемея. Вірогідні перевірки за допомогою спостереження, як ми краще побачимо далі, не забезпечували жодної підстави для вибору між ними. За цих обставин одним із чинників, що привів астрономів до коперніканської теорії (і не міг свого часу привести до ідеї Аристарха), стала усвідомлена криза, якою насамперед було зумовлене створення нової теорії. Астрономія Птолемея не розв'язала своїх проблем, і настав час надати шанс конкуруючій теорії. Два інших наших приклади не виявляють настільки ж повних передбачень, проте, поза сумнівом, що одна з причин, через яку теорії горіння, (розвинені в XVII сторіччі Реєм, Гуком і Майовом), яке пояснюють поглинанням кисню з атмосфери, не отримали належного розповсюдження, полягала в тому, що вони не встановлювали жодного зв'язку з проблемами нормальної наукової практики, які становили труднощі¹⁶. Та й те, що учені XVIII-XIX століть довго нехтували критикою Ньютона релятивістськи налаштованими авторами, сильно пов'язане з подібною неспроможністю до зіставлення різноманітних думок.

Філософи науки багато разів показували, що на одному і тому ж наборі даних завжди можна звести більше, аніж один теоретичний конструкт. Історія науки свідчить, що, передовсім на ранніх стадіях розвитку нової парадигми, не дуже важко створювати такі альтернативи. Але подібний винахід альтернатив — це якраз той спосіб, до якого вчені, якщо не зважати на періоди допарадигмальної стадії їхнього наукового розвитку і надто спеціальних випадків протягом їхньої подальшої еволюції, вдаються рідко. Доки способи, надані парадигмою, дозволяють успішно розв'язувати проблеми, породжені нею, наука просувається найуспішніше і проникає у найглибший рівень явищ, впевнено використовуючи ці способи. Причина цього відома. Як на виробництві, у науці зміна обладнання — крайній захід, до якої вдаються лише в разі доконечної необхідності. Значення криз полягає саме в тому, що вони свідчать про вчасність переустаткування.

¹⁶ Partington. *Op. cit.*, pp. 78-85.

VIII. Реакція і криза

Припустимо тепер, що кризи є необхідною передумовою виникнення нових теорій, і подивимось після цього, як учені реагують на їхнє існування. Часткову відповідь, таку ж очевидну, як і важливу, можна мати, розглянувши перш за все те, чого вчені ніколи не роблять, стикаючись навіть із потужними і тривалими аномаліями. Хоча вони вже з цього моменту мали б поступово втрачати довіру до колишніх теорій і після цього замислюватись про альтернативні виходи з кризи, тим не менше вони ніколи легко не відмовляються від парадигми, що втягнула їх у кризу. Інакше кажучи, вони не розглядають аномалії як контрприклад, хоча в словнику філософії науки вони є саме такими. Частково це наше узагальнення являє собою просто констатацію історичного факту, що ґрунтується на прикладах, подібних до уже наведених нами і докладніших, про які йтиметься. Якоюсь мірою це дає уявлення про те, що в нашому подальшому вивченні відмови від парадигми буде розкрито повніше: досягнувши ~~одного~~ статусу парадигми, наукова теорія оголошується недійсною тільки в тому разі, якщо альтернативний варіант придатний до того, щоб посісти її місце. Немає ще жодного процесу, відкритого вивченням історії наукового розвитку, що в цілому нагадував би методологічний стереотип спростування теорії її безпосереднім зіставленням з природою. Це твердження не означає, що учені не зрікаються наукових теорій або що досвід і експеримент не важливі для такого процесу спростування. Але це означає (зрештою названий момент є центральною ланкою), що винесення вироку, який призводить ученого до відмови від раніше прийнятої теорії, завжди ґрунтується на чомусь більшому, чим зіставлення теорії із довідками. Рішення зректися парадигми завжди водночас є рішенням прийняти іншу парадигму, а висновок, що призводить до такого

рішення, включає як зіставлення обох парадигм із природою, так і порівняння парадигм одна з одною.

Крім того, є друга причина засумніватися в тому, що учений зрікається парадигми внаслідок зіткнення з аномаліями або контрприкладми. Розвиток цього мого аргументу випереджає тут інша теза, одна з основних для цієї праці. Згадані причини сумнівів будуть чисто фактуальними, тобто вони самі собою були контрприкладми щодо широко розповсюдженої епістемологічної теорії. Самі собою ці контрприкладми, якщо кут зору правильний, можуть у кращому разі допомогти виникненню кризи або, точніше, посилити кризу, що вже давно намітилася. В чистому вигляді вони не спроможуться спростувати цю філософську теорію, позаяк її захисники будуть робити те, що ми вже бачили в діяльності учених, коли вони боролись із аномалією. Вони винаходять силу-силенну інтерпретацій і модифікацій їхніх теорій *ad hoc*, для того щоб елімінувати явну суперечність. Багато відповідних модифікацій і застережень уже фактично зустрічаються в літературі. Відтак, якщо епістемологічні контрприкладми мають стати чимось більшим за слабкий додатковий стимул, то це може статися тому, що вони сприяють виникненню нового і цілком іншого аналізу науки, у межах якого вони не викликають більше приводу для неспокою. Крім того, якщо типова модель, яку ми пізніше спостерігатимемо в науковій революції, застосовувана тут, то ці аномалії не вже видаватимуться простими фактами. З погляду нової теорії наукового пізнання вони, навпаки, можуть бути дуже схожими на тавтології, на твердження про ситуації, які неможливо осмислювати інакше.

Скажімо, часто можна було спостерігати, як другий закон руху Ньютона, хоча потрібні були століття упертих фактуальних і теоретичних досліджень, щоб сформулювати його, стає для тих, хто використовує теорію Ньютона, переважно, суто логічним твердженням, яке не можуть спростувати жодні спостереження¹. У X розділі ми побачимо, що хімічний закон кратних відношень, який до Дальтона на експериментальному рівні випадково і сумнівно потверджувався, після роботи Дальтона зробився складником визначення хімічного складу, що його

¹ Див., зокрема: N. R. Hanson. *Patterns of Discovery*. Cambridge, 1958, p. 99-105.

жодна експериментальна робота сама собою не спростує. Щось надто схоже відбудеться і з узагальненням, що ученим не вдається відкинути парадигми, коли вони стикаються з аномаліями і контрприкладми. Вони не можуть так вчинити і тим не менше залишитися ученими.

Деякі вчені, хоч історія навряд чи збереже їхні імена, без сумніву, були змушені залишити науку, бо не могли впоратися з кризою. Як і мистці, учені-творці мусять іноді бути здатними пережити тяжкі часи в світі, який розладнується, — в іншому місці я описав цю необхідність як «необхідну напругу», додану до наукового дослідження². Але така відмова від науки на користь іншої професії, гадаю, є одиничною формою відмови від парадигми, до якої можуть призвести контрприкладми самі собою. Щойно вхідна парадигма, що була засобом пізнання природи, знайдена, жодне дослідження стає неможливим за браком парадигми, і відмова від будь-якої парадигми без одночасної заміни її іншою означає відмову від науки взагалі. Але цей акт позначається не на парадигмі, а на вченому. Колеги неминухо засудять його як «поганого теслю, що в своїх невдачах винуватить інструменти».

Той самий погляд можна сформулювати найменше так само ефективно і в протилежному варіанті: не існує жодного дослідження без розгляду контрприкладів. Справді, що відрізняє нормальну науку від науки в стані кризи? Звичайно, не те, що нормальна наука не зустрічається з контрприкладми. Навпаки, те, що ми раніше назвали головоломками, розв'язання яких і визначали нормальну науку, існує тільки тому, що жодна парадигма, що забезпечує базис наукового дослідження, повністю ніколи не розв'язує всіх його проблем. Дуже нечисленні (парадигми, стосовно яких це немов би мало місце (наприклад, геометрична оптика), швидко припиняли породжувати дослідницькі проблеми взагалі і замість цього ставали засобами інженерних дисциплін. За винятком проблем, суто інструментальних,

²T. S. Kuhn. The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research, in: The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent, ed. Calvin W. Taylor, Salt Lake City, 1959, pp. 162-177. Для порівняння про подібне явище в мистецтві див.: F. Barron. The Psychology of Imagination // Scientific American, CXCIX, September, 1958, pp. 151-166, esp. 160.

кожна проблема, яку нормальна наука вважає головоломкою, може бути розглянута під іншим кутом зору як контрприклад і, отже, бути джерелом кризи. Копернік мав за контрприклади те, що послідовники Птолемея в більшості своїй вважали головоломками, які вимагають встановлення відповідності між теорією і спостереженням. Лавуазьє вважав контрприкладом те, що Прістлі знаходив успішно розв'язаною головоломкою в розробці теорії флогістону. А Ейнштейн — те, що Лоренц, Фіцджеральд та інші вважали головоломками в розробці теорій Максвелла і Ньютона. Крім того, навіть наявність кризи сама собою не перетворить головоломку в контрприклад. Між ними не існує такого виразного вододілу. Замість цього за рахунок швидкого збільшення варіантів парадигми криза послаблює правила нормального розв'язання головоломок таким чином, що, врешті-решт, дає можливість виникнути новій парадигмі. Гадаю, є лише дві альтернативи: або жодна наукова теорія ніколи не стикається з контрприкладами, або всі подібні теорії завжди наштовхуються на контрприклади.

Чи можна таку ситуацію уявляти інакше? Таке запитання обов'язково приводить до історичного і критичного аналізу філософських проблем, розгляд яких не входить у завдання нинішнього дослідження. Однак ми можемо відзначити принаймні дві причини того, чому наука здається такою переконливою ілюстрацією до загального правила, що істина і неправда виявляються певно і недвозначно тоді, коли твердження зіставляються з фактом. Нормальна наука може і повинна безперестану прагнути привести теорію і факт до повної відповідності, а таку діяльність може легко розглядати як перевірку або пошук ствердження або спростування. Замість цього її метою є розв'язання головоломки, для самого існування якої має бути допущена обгрунтованість парадигми. Якщо виявляється, що розв'язання немає, то це дискредитує тільки вченого, але не теорію. Тут ще справедливіше згадане раніше прислів'я: «Поганий той тесля, що в своїх невдачах винуватить інструменти». До того ж спосіб, в який у процесі навчання заплутують питання про сутність теорії відсиленням до її застосування, допомагає посилити теорію підтверджуваності (*confirmation-theory*), отриману свого часу зовсім з інших джерел. Людина, що читає підручник, може, не маючи на те ані найменших підстав, легко сприйняти засто-

сування теорії за її доказ, за причини, чому їй слід довіряти. Але, вивчаючи науку, теорії сприймають завдяки авторитету вчителя або підручника, а не внаслідок її доказу. Які альтернативи у них є або які можливості? Застосування науки, дані в підручниках, залучаються не для доказу, а тому, що їхнє вивчення складає частину вивчення парадигми на основі постійної практики. Якби застосування пропонувалися у вигляді доказу, тоді невдачу підручників запропонувати альтернативні інтерпретації або обговорити проблеми, для яких ученим не вдається створити парадигмальні рішення, слід пояснювати крайніми упередженнями авторів підручників. Насправді ж в дійсності немає що найменшої підстави для такого обвинувачення.

Тоді, якщо повернутися до первісного запитання, як реагують учені на усвідомлення аномалії у відповідності між теорією і природою? Те, про що щойно йшлося, вказує на той факт, що навіть незмірно більші розбіжності, ніж ті, що виявлялися в інших застосуваннях теорії, не вимагають якоїсь глибокої зміни парадигми. Якісь розбіжності є завжди. Навіть найнепіддатливіші розбіжності, зрештою приводять звичайно до відповідності з нормальною практикою наукового дослідження. Дуже часто учені віддають перевагу чеканню, передовсім якщо в інших розділах даної галузі дослідження багато проблем, доступних для розв'язання. Ми вже відзначили, наприклад, що протягом 60 років після вхідних розрахунків Ньютона зрушення, що передбачалися в перигеї Місяця, складала за величиною лише половину від спостережуваних. В міру того, як чудові європейські фахівці з математичної фізики надалі марно боролися з добре відомою розбіжністю, іноді висувалися пропозиції модифікувати універсальний квадратичний закон Ньютона. Але до жодної з цих пропозицій не ставилися серйозно, і на практиці завзяття стосовно до цієї значної аномалії виявилися виправданими. 1750 року Клеро спромігся показати, що помилковим був тільки математичний апарат застосувань, а саму теорію Ньютона можна залишати якою вона є³. Навіть там, де не може бути жодної явної помилки (мабуть тому, що використання математичного апарату є заходом більш простішим, звичнішим і таким, що скрізь виправдовує себе),

³ W. Whewell. History of the Inductive Sciences. London, 1847, II, pp. 220-221.

тривка і усвідомлена аномалія не завжди породжує кризу. Ніхто серйозно не сумнівався в теорії Ньютона, хоч давно знали про розбіжність між передбаченнями, виведеними з цієї теорії, і спостереженнями над швидкістю звуку і рухом Меркурія. Перша розбіжність, зрештою, (і цілком несподівано), була розв'язана експериментами, що належали до теорії теплоти, вжитими зовсім для іншої мети; друге — зникло з виникненням загальної теорії відносності після кризи, у виникненні якого воно не зіграло жодної ролі⁴. Мабуть, ані перша, ані друга розбіжності не виявилися такими фундаментальними, аби викликати ускладнення, що призвело б до кризи. Їх могли визнати за контрприкладди і залишити поки що осторонь для наступної розробки.

Отже, якщо аномалія має викликати кризу, то вона, зазвичай, має означати щось більше, за просту аномалію. Завжди є якісь труднощі у встановленні відповідності парадигми з природою; більшість з них рано чи пізно усувається, часто завдяки процесам, яких не можна було передбачати. Учений, котрий перериває свою роботу, щоб аналізувати кожну помічену ним аномалію, рідко домагається значних успіхів. Тому ми повинні запитати, що саме у виниклій аномалії робить її такою, що заслуговує на зосереджене дослідження, і на це запитання, гадаю, немає достатньо загальної відповіді. Випадки, що ми їх вже розглянули, характерні, але навряд чи повчальні. Іноді аномалія явно піддаватиме сумніву експліцитні та фундаментальні узагальнення парадигми, як у разі з проблемою ефірного опору для тих, хто прийняв теорію Максвелла. Або, як у разі коперніканської революції, аномалія без видимого ґрунтового приводу може викликати кризу, якщо застосувння, яким вона перешкоджає, мають особливу практичну значущість, як це було при створенні календаря всупереч засадам астрології. Або, як це сталося з хімією XVIII ст. розвиток нормальної науки може перетворити аномалію — спершу тільки прикру халепу — на джерело кризи: проблема вагових відношень мала цілком інший статус після розвитку засобів пневматичної хімії.

⁴Про питання про швидкість звуку див.: T. S. Kuhn. *The Caloric. Theory of Adiabatic Compression* // *Isis*, XLIV, 1958, pp. 136-137. З питання про вікову зміну в перигелії Меркурія див.: E. T. Whittaker. *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II. London, 1953, pp. 151, 179.

Мабуть, є й інші обставини, що можуть робити аномалію особливо активною, коли звичайно декілька обставин комбінуються. Скажімо, ми вже відзначали, що одним із джерел кризи, з яким зіткнувся Копернік, була просто тривалість періоду, протягом якого астрономи марно боролися за зменшення нездоланих розбіжностей, що залишалися в системі Птолемея.

Коли внаслідок цих або інших, подібних їм підстав, аномалія виявляється чимось більшим, ніж просто ще одна головоломка нормальної науки, починається перехід до кризового стану, до періоду екстраординарної науки. Тепер у колі професійних учених все ширшого визнання набуває думка, що вони мають справу саме з аномалією як відступом від шляхів нормальної науки. До неї тепер прикута все пильніше з боку все більшого числа найвидатніших представників певної галузі дослідження. Якщо аномалію довго не вдається подолати (що звичайно буває рідко), багато вчених займаються нею, як самостійним предметом дослідження. Для них сфера дослідження виглядатиме вже інакше, ніж раніше. Частина явищ цієї сфери, що відрізняються від звичних, виявляється просто внаслідок зміни позиції наукового дослідження. Ще важливіше джерело зміни полягає в різноманітній природі множини одиничних рішень, що з'явилися завдяки загальній увазі до проблеми. Спершу спроби розв'язати цю проблему безпосередньо впливають з правил, що їх визначає парадигма. Та якщо проблема не піддається розв'язанню, подальші атаки на неї міститимуть більш-менш значні доопрацювання парадигми. Звичайно, в цьому натиску кожна спроба не схожа на інші, кожна з них приносить свої плоди, але жодна не виявляється спершу настільки задовільною, щоб її наукове співтовариство прийняло за нову парадигму. Внаслідок цього множення полярних розробок парадигми, (які все частіше і частіше виявляються пристроями *ad hoc*) невизначеність правил нормальної науки має тенденцію до зростання. Хоч парадигма все ще зберігається, мало дослідників доходять згоди з питання про те, що вона собою являє. Навіть у тих розв'язаннях проблем, що раніше здавалися звичними, тепер сумніваються.

Коли ситуація стає гострою, її так чи інакше, усвідомлюють причетні до неї вчені. Копернік скаржився на те, що сучасні йому астрономи були так «непослідовні в своїх [астрономічних] дослідженнях..., що не могли навіть пояснити або спостерігати

постійну тривалість річного періоду». «Із ними, — писав далі Копернік, — відбувається щось подібне до того, коли скульптор збирає руки, ноги, голову та інші елементи для своєї скульптури з різноманітних моделей; кожна частина чудово зліплена, але не належить одному й тому ж тілу, і тому вони не можуть бути узгоджені між собою, внаслідок чого виходить радше потвора, ніж людина⁵. Ейнштейн, котрий жив у добу, для якої була характерна не така яскрава мова, сказав так: «Відчуття було таке, мов земля захиталася, і ніде не видно твердого ґрунту, на якому можна було б будувати⁶. А Вольфганг Паулі за місяць до статті Гейзенберга про матричну механіку, яка вказала шлях до нової квантової теорії, писав своєму другові: «Нині фізика знову страшенно заплутана. У всякому разі вона занадто важка для мене; я віддав би перевагу написанню сценаріїв для кінокомедій або щось на це схоже й ніколи не чути про фізику». Цей протест надзвичайно виразний, якщо порівняти його зі словами Паулі, сказаними майже п'ять місяців згодом. «Гейзенберґівський тип механіки знову вселяє в мене надію і радість життя. Безумовно, він не пропонує повного вирішення загадки, але я певний, що знову можна просуватися вперед⁷.

Такі відверті зізнання перелому в науці надзвичайно рідкісні, але наслідки кризи не залежать повністю від її свідомого сприйняття. Що можна сказати про ці наслідки? З них тільки два здаються нам універсальними. Будь-яка криза починається зі сумніву в парадигмі й подальшого розхитування правил нормального дослідження. Щодо дослідження під час кризи має дуже багато схожого з дослідженням в допарадигмальний період, за винятком того, що в першому випадку важких проблем дещо менше і вони точніше визначені. Всі кризи закінчуються одним із трьох можливих результатів. Іноді нормальна наука, зрештою, доводить свою спроможність розв'язати проблему, що породжує кризу,

⁵ Див.: T. S. Kuhn. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass., 1957, p. 138.

⁶ A. Einstein. *Autobiographical Note*, in: *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed. P. A. Schilpp, Evanston, Ill., 1949, p. 45.

⁷ R. Kronig. *The Turning Point*, in: *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, ed. M. Fierz and V. F. Weisskopf. N. Y., 1960, pp. 22, 25-26. Багато з цих статей описують кризу в квантовій механіці в період, що безпосередньо передує 1925 року.

незважаючи на відчай тих, хто розглядав її як кінець наявної парадигми. В інших випадках не поліпшують становища навіть явно радикально нові підходи. Тоді учені можуть прийти до висновку, що при положенні речей, яке склалося в їхній галузі дослідження, розв'язання проблеми не передбачається. Проблеми навішують відповідний ярлик, її відкладають у спадщину майбутній генерації в надії на її розв'язання за допомогою досконаліших методів. Нарешті, можливий випадок, що нас найдужче цікавитиме, коли криза завершується з виникненням нового претендента на місце парадигми і подальшою боротьбою за його визнання. Останній спосіб завершення кризи ми розглянемо докладно в наступних розділах, але повинні передбачити частину з того, про що говоритимемо надалі, з тим щоб підбити підсумок цим зауваженням про еволюцію і анатомію кризової ситуації.

Перехід від парадигми в кризовий період до нової парадигми, від якої може народитися нова традиція нормальної науки, являє собою процес далеко не кумулятивний і не такий, що його можна було б здійснити виразнішою розробкою або розширенням старої парадигми. Цей процес радше нагадує реконструкцію галузі на нових підставах, реконструкцію, що змінює деякі найелементарніші теоретичні узагальнення в певній галузі, а також численні методи і застосування парадигми. Протягом перехідного періоду спостерігаємо великий, але ніколи не повний збіг проблем, які можна розв'язати за допомогою і старої і нової парадигм. Тим не менше існує разюча відмінність у способах розв'язання. До того часу, коли перехід закінчується, учений-професіонал вже змінить свій погляд на сферу дослідження, її методи і цілі. Один спостережливий історик, що розглянув класичний випадок переорієнтації внаслідок зміни парадигми, нещодавно писав, що для цього треба «дотягнутися до другого кінця палиці», позаяк це процес, що включає «тлумачення того самого набору даних, що був і раніше, але тепер їх треба розмістити в новій системі зв'язків, змінюючи всю схему⁸. Інші історики, що відзначали цей момент наукового розвитку, наголошували на його схожості зі зміною цілісного зорового образу — гештальта: «Штрихи на папері, що, як здавалося раніше, зображають птаха, побачені вдруге, нагадують

⁸ H. Butterfield. *The Origins of Modern Science, 1300-1800*. London, 1949. pp. 1-7.

антилопу, або навпаки⁹. Однак ця аналогія може бути оманливою. Учені не бачать щось, як щось інше, навпаки, вони просто бачать це щось. Ми вже торкалися деяких проблем, які виникли із твердження, що Прістлі вважав кисень дефлогістованим повітрям. Крім того, учений не володіє свободою свавільно «переключати» зоровий образ між різноманітними способами сприймання. Тим не менше зміна образу — особливо тому, що сьогодні вона так добре знайома, — корисний елементарний прототип того, що відбувається, коли парадигма значно змінюється.

Попередні міркування можуть допомогти нам усвідомити кризу як відповідну прелюдію до виникнення нових теорій, передовсім, після того, як ми, обговорюючи відкриття, вже розглянули в малому масштабі ту ж саму кризу. Виникнення нової теорії пориває з однією традицією наукової практики і вводить нову, запроваджувану через інші правила і в іншій сфері міркування. Напевне, це станеться тільки тоді, коли перша традиція остаточно заводиться у глухий кут. Однак це зауваження не більш ніж прелюдія до вивчення ситуації кризи, і, на жаль, питання, до яких вона приводить, належить радше до компетенції психологів, ніж істориків. Що являє собою екстраординарне дослідження? Як аномалія стає доцільною? Як чинять учені, коли усвідомлять, що їхні теорії у своїй основі помилкові на тому рівні, на якому їм нічим не може допомогти отримана ними освіта? Ці запитання треба вивчити глибше, і тут знайдеться робота не лише історику. Подальші міркування, з необхідності будуть радше пробними і не такими повними, аніж раніше.

Часто нова парадигма виникає, принаймні в зародку, до того, як криза зайшла занадто далеко або була явно усвідомлена. Робота Лавуазьє являє собою якраз такий випадок. Його запечатані нотатки зберігалися у Французькій Академії менше року після досконалого вивчення співвідношення ваги в теорії флогістону і до того, як публікації Прістлі показали в повному обсязі кризу в пневматичній хімії. Знов-таки перші розрахунки у хвильовій теорії світла Томас Юнг зробив на дуже ранній стадії розвитку кризи в оптиці, коли ця криза була майже непомітною,

⁹ Hanson. *Op. cit.*, chap. I.

якщо не брати до уваги того, що — без жодної допомоги Юнга — криза переросла в міжнародний науковий скандал протягом 10 років після його першої публікації. У таких випадках можна сказати тільки те, що незначного перетворення в парадигмі та перших симптомів невизначеності в правилах нормальної науки буває іноді достатньо для впровадження нового способу розгляду певної сфери дослідження. Те, що відбувається між першим відчуттям неспокою і розпізнанням наявної альтернативи, має відбуватися значною мірою несвідомо.

Однак в інших випадках (наприклад, теорій Коперніка, Ейнштейна і сучасної теорії атома) минає тривалий час між першим усвідомленням аварії старої і виникненням нової парадигми. Коли це стається, історик може вловити принаймні деякі натяки на те, що являє собою екстраординарна наука. Зіткнувшись із загальноновизнаною фундаментальною аномалією в теорії, вчений спершу намагається увиразнити її точніше і отримати її структуру. Хоча він і усвідомлює, що правила нормальної науки не можуть бути тепер цілком правильним, він намагатиметься впровадити їх наполегливіше, ніж раніше, щоб уявити, де саме і наскільки вони можуть допомогти в його роботі з огляду на труднощі. Водночас він шукатиме способи посилення кризи старої парадигми, намагаючись зробити цю кризу повнішою і, можливо, також, продуктивнішою, ніж вона була тоді, коли виявлялася в експериментах, результат яких вважався заздалегідь відомим. І в цьому прагненні, більш ніж в будь-який інший період постпарадигмального розвитку науки, вчений виглядатиме в повній відповідності з переважним в уяві кожного з нас образом ученого. В такому разі він, по-перше, видаватиметься людиною, котра шукає навмання, і, експериментуючи, намагається побачити те, що відбудеться; вона шукатиме явища, природу яких не може повністю розгадати. Водночас, позаяк жоден експеримент не мислимий без певної теорії, вчений у період кризи постійно намагатиметься створити спекулятивні теорії, що в разі успіху можуть відкрити шлях до нової парадигми, а в разі невдачі можуть бути відкинуті без глибокого жалю.

Повідомлення Кеплера про його тривалу боротьбу за правильне уявлення про рух Марса і опис Прістлі його реакції на швидке збільшення числа знов описаних газів дають класичні приклади досліджень більш стохастичного типу, створюваних

усвідомленням аномалії¹⁰. Та, мабуть, найкращі ілюстрації можна побачити у сучасних дослідженнях з теорії поля і вивчення елементарних часток. Якби не було кризи, що змусила побачити межі доцільності правил нормальної науки, хіба могли б здаватися виправданими величезні зусилля, витрачені на відкриття нейтрона? Або якщо правила не були б явно порушені в якомусь вразливому місці, хіба були б запропоновані і перевірені радикальні гіпотези незбереження парності? Подібно до багатьох інших дослідженням у фізиці протягом останнього десятиріччя, ці експерименти частково мають метою локалізувати і визначити джерело все ще розпорошеної множини аномалій.

Цей вид екстраординарного дослідження часто, хоч і не завжди, супроводжується іншим видом. Як на мене, буває передовсім у періоди усвідомлення криз, коли вчені звертаються до філософського аналізу як засобу для розкриття загадок в їхній галузі. Вчені у своєму загалі не зобов'язані і не хочуть бути філософами. Справді, нормальна наука звичайно тримається від творчої філософії на шанобливій відстані, і, певне, для цього є підстави. Тією мірою, якою нормальну дослідницьку роботу можна виконувати за рахунок використання парадигми як моделі, зовсім не обов'язково, щоб правила і допущення були висловлені експліцитно. В V розділі ми відзначали, що повного набору правил, якого домагається філософський аналіз, не існує. Але це не означає, що пошуки припущень (навіть тих, яких немає) не можуть бути ефективним способом послаблення влади старих традицій над розумом і висунення підстави для нової традиції. Зовсім не випадково, що появи фізики Ньютона в XVII ст., а теорії відносності і квантової механіки в XX ст. передували і супроводжували фундаментальні філософські дослідження сучасної їм наукової традиції¹¹. Не випадково й те,

¹⁰ Про дослідження Кеплера щодо Марса див.: J. L. E. Dreyer. *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2d ed., N. Y., 1953, pp. 380-393. Незначні помилки не заважають стислому викладу Дрейєра бути матеріалом, необхідним у цьому разі. Про Прістлі див. його власну роботу: J. Priestley. *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*. London, 1774-1775.

¹¹ Про філософські суперечливі тенденції, які супроводжували розвиток механіки XVII ст., див.: R. Dugas. *La mécanique au XVII^e siècle*. Neuchatel, 1954, передовсім гл. XI. Про подібні епізоди в XIX ст. див. ранішу книгу того ж таки автора: R. Dugàs. *Histoire de la mécanique*. Neuchatel, 1950, pp. 419-443.

що в обидва ці періоди так званий уявний експеримент відіграв вирішальну роль у процесі дослідження. Як я вже показав в іншому місці, аналітичний уявний експеримент, що складає істотну основу праць Галілея, Ейнштейна, Бора та інших, повністю розрахований на те, щоб накласти стару парадигму на чинні способи, що дозволять розкрити самий корінь кризи з наочністю, недосяжною в лабораторії¹².

Із розвитком цих екстраординарних процедур, кожної зокрема і всіх разом, може відбутися й таке. Внаслідок того, що вчені концентрують увагу на вузькій сфері труднощів, і внаслідок підготовки наукового мислення до усвідомлення експериментальних аномалій такими, як вони є, криза часто сприяє множенню нових відкриттів. Ми вже відзначали, чим відрізняється праця Лавуазьє про кисень від праці Прістлі за ступенем усвідомлення кризи; але кисень був не єдиним новим газом, про існування якого хіміки, знаючи про аномалію, змогли дізнатися з роботи Прістлі. Іншим прикладом можуть бути нові відкриття у галузі оптики, зроблені незадовго до виникнення хвильової теорії світла і в процесі її оформлення. Деякі з цих відкриттів, як поляризація при відбиванні, були результатом випадковостей, що давали можливість зосередити роботу на сфері труднощів. (Малюс, що відкрив поляризацію, представив на конкурс Академії працю про подвійну рефракцію, тобто з питання, незадовільний стан справ в якому був широко відомий.) Інші, подібно до відкриття світлової плями в центрі тіні від круглого диску, були передбачені за допомогою нової гіпотези, сприяли перетворенню цієї гіпотези в парадигму для подальшої роботи. Були й такі, на зразок відкриття забарвлення поверхонь товстих і тонких пластин, що мали справу з явищами, що їх часто спостерігали і зрідка передбачуваними заздалегідь, але як і відкриття кисню Прістлі, сприймалися такими, що існують в одному плані з уже добре відомими ефектами і розглядалися в ракурсі, що заважає побачити в них те, що належало б¹³. Схожу оцінку можна дати

¹² T. S. Kuhn. A Function for Thought Experiments, in: *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton and I. B. Cohen. Hermann, Paris, 1964.

¹³ Про нові оптичні відкриття взагалі див.: V. Ronchi. *Histoire de la lumière*. Paris, 1956, chap. VII. Про пояснення цих ефектів див.: J. Priestley. *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*. London, 1772, pp. 498-520.

численним відкриттям, які приблизно з 1895 року постійно супроводжували виникнення квантової механіки.

До того ж, екстраординарне дослідження повинно мати інші вияви і наслідки, але в цій галузі ми щойно почали себе запитувати з тим, щоб згодом відповідати. Однак, можливо, нині в цьому й немає необхідності. Попередні зауваження мали бути достатньо показати, як криза розхитує стереотипи наукового дослідження і водночас збільшує кількість даних, необхідних для фундаментальної зміни в парадигмі. Іноді форму нової парадигми передбачують у структурі, яку екстраординарне дослідження накладає на аномалію. Ейнштейн писав, що до того, як він отримав бодай яку заміну класичної механіки, він спромігся побачити зв'язок між відомими аномаліями: випромінюванням абсолютно чорного тіла, фотоелектричним ефектом і питомими тепломісткостями речовин¹⁴. Частіше, однак, жодну таку структуру не розглядали свідомо заздалегідь. Навпаки, нова парадигма або зручний для неї варіант, що забезпечує подальшу розробку, виникає завжди відразу, іноді серед ночі, в голові людини, глибоко зануреної у кризу. Яка природа цієї кінцевої стадії — як індивід відкриває (або приходить до висновку, що він відкрив) новий спосіб упорядкування даних, які всі тепер виявляються об'єднаними, — це питання потрібно залишити тут відкритим, і, можливо, назавжди. Відзначимо лише один момент, що стосується цього питання. Майже завжди люди, які успішно здійснюють фундаментальну розробку нової парадигми, були або дуже молодими, або новачками в тій галузі, парадигму якої вони перетворювали¹⁵. Можливо, цей пункт не потребує роз'яснення, позаяк, очевидно, вони, будучи мало зв'язані

¹⁴ A. Einstein. *Loc. cit.*

¹⁵ Це узагальнення про роль молодості у фундаментальному науковому дослідженні таке загальновідоме, що перетворилося на штамп. Більше того, досить поглянути бодай в будь-який список фундаментальних досягнень в науковій теорії, щоб це враження посилилося. Тим не менше це узагальнення дуже потребує систематичного дослідження. Г. Леман (H. C. Lehman. *Age and Achievement*. Princeton, 1953) наводить багато цікавих даних, але він не намагається в своїй праці назвати дослідників, що брали участь в концептуальному переозброюванні науки. Крім того, в своїх працях він не розглядає особливих обставин, якщо вони все-таки є, які сприяють продуктивності учених у старшому віці.

попередньою практикою з традиційними правилами нормальної науки, більш всього можуть бачити, що правила більше не придатні, і починають добирати іншу систему правил, що може замінити попередню.

В результаті, перехід до нової парадигми є науковою революцією — тема, до якої ми на довгому шляху нарешті готові безпосередньо перейти. Однак спершу відзначимо один останній і, можливо, важковловимий аспект, для сприймання якого матеріал останніх трьох розділів підготував ґрунт. Аж до VI розділу, де поняття аномалії було введено вперше, терміни «революція» і «екстраординарна наука» могли видаватися тождесними. Ще більш важливіше те, що жоден із цих термінів не може означати більше, ніж термін «ненормальна наука». В цьому існує своєрідне порочне коло, за що мені могли б дорікати принаймні деякі читачі. Насправді ж хвилюватися нічого. Ми побачимо, що подібне коло становить характерну рису наукових теорій. Хоч би як ми до нього ставилися, залишати його без розгляду не можна. Цей розділ і два попередніх розвивали численні критерії аварії нормальної наукової діяльності, критерії, що в цілому не залежать від того, чи настане за цією аварією революція в науці. Зіткнувшись з аномалією або кризою, вчені займають різноманітні позиції щодо існуючих парадигм, а відповідно до цього змінюється і природа їхнього дослідження. Збільшення конкуруючих варіантів, готовність випробувати будь-що ще, вияв явного незадоволення, звернення по допомогу до філософії і обговорення фундаментальних засад — усе це симптоми переходу від нормального дослідження до екстраординарного. Саме на існування цих симптомів більшою мірою, ніж на революції, спирається поняття нормальної науки.

ІХ. Природа і необхідність наукових революцій

Ці зауваження, нарешті дозволяють нам розглянути проблеми, до яких нас зобов'язує сама назва цього нарису. Що таке наукові революції і яка їхня функція в розвитку науки? Більшість відповідей на ці запитання була передбачена в попередніх розділах. Зокрема, попереднє обговорення показало, що наукові революції – це такі некумулятивні епізоди розвитку науки, під час яких стара парадигма заміщується цілком або частково новою парадигмою, несумісною зі старою. Однак цим сказано не все, істотний момент того, що слід зазначити ще, міститься в наступному запитанні. Чому зміну парадигми треба назвати революцією? Якщо враховувати широку, істотну відмінність між політичним і науковим розвитком, який паралелізм може виправдати метафору, що знаходить революцію і в тому і в іншому?

Один аспект аналогії має бути вже очевидним. Політичні революції починаються зі зростання усвідомлення (часто обмеженою якоюсь частиною політичного співтовариства), що чинні інститути перестали адекватно реагувати на проблеми, середовища, яке вони ж таки почасти створили. Наукові революції багато в чому так само починаються зі зростання усвідомлення, знов-таки часто обмеженого вузьким підрозділом наукового співтовариства, що наявна парадигма перестала адекватно функціонувати у дослідженні того аспекту природи, до якого сама ця парадигма раніше проклала шлях. І в політичному і в науковому розвитку усвідомлення порушення функції, що може призвести до кризи, складає передумову революції. Крім того, хоч це, видно, вже буде зловживанням метафорою, аналогія існує не тільки для великих змін парадигми, як ті, що їх, здійснили Лавуазьє і Копернік, а й також для не таких значних змін, пов'язаних із засвоєнням нового виду явища, чи то кисень

чи рентгенівські промені. Наукові революції, як ми відзначали в кінці V розділу, слід вважати справді революційними перетвореннями лише стосовно тієї галузі, чию парадигму вони зачіпають. Непосвяченим вони можуть, подібно до революцій на Балканах на початку XX ст., здаватися звичайними атрибутами процесу розвитку. Скажімо, астрономи могли прийняти рентгенівські промені як просте нарощування знань, позаяк їхніх парадигм не порушувало існування нового випромінювання. Але для таких учених, як Кельвін, Крукс і Рентген, чії дослідження мали справу з теорією випромінювання або з катодними трубками, відкриття рентгенівських променів неминучо порушувало одну парадигму і породжувало іншу. Ось чому ці промені могли бути відкриті вперше тільки завдяки тому, що нормальне дослідження якимось чином зайшло в глухий кут.

Цей генетичний аспект порівняння політичного і наукового розвитку не підлягає жодному сумніву. Та воно має другий, глибший аспект, від якого залежить значення першого. Політичні революції спрямовані на зміну політичних інститутів способами, що їх ці інститути самі собою забороняють. Відтак успіх революцій примушує частково зректися якихось інститутів на користь інших, а в проміжку інститути взагалі керують суспільством неповністю. Первинно саме криза послаблює роль політичних інститутів, так само, як ми вже бачили, вона послаблює значення парадигми. Зростає число особистостей, що все більше й більше уникають політичного життя, а якщо й не уникають, то в його рамках їхня поведінка стає все дивнішою. Згодом, коли криза посилюється, чимало цих особистостей об'єднуються для створення якогось конкретного плану перетворення суспільства на нову інституціональну структуру. Вони поділяють суспільство на ворогуючі табори або партії; одна партія намагається обстоювати старі соціальні інститути, інші намагаються встановити якісь нові. Коли така поляризація відбулася, *політичний вихід із становища, яке склалося виявляється неможливим*. Позаяк різноманітні табори розходяться в питанні про форму, в якій політична зміна буде успішною і розвиватиметься, і позаяк вони не визнають жодної понадінституціональної структури для примирення розбіжностей, які призвели до революції, партії, що вступають в революційний конфлікт, мусять, зрештою, звернутися до засобів масового впливу, часто застосовуючи й силу. Хоч революції грали життєво важливу роль у перетворенні

політичних інститутів, ця роль частково залежить від позаполітичних і позаінституціональних подій.

Решта матеріалу нинішнього нарису присвячена тому, щоб показати, що історичне вивчення парадигмальної зміни розкриває в еволюції наук характеристики, дуже схожі із зазначеними. Так само, як між конкуруючими політичними інститутами, вибір між конкуруючими парадигмами виявляється вибором між несумісними моделями життя співтовариства. Внаслідок вибору такого характеру, він не детермінований і не може бути детермінований просто оціночними характеристиками процедур нормальної науки. Останні залежать частково від окремо взятої парадигми, а ця парадигма і є якраз об'єктом розбіжностей. Коли парадигми, як це й має бути, потрапляють у річище суперечок про вибір парадигми, питання про їхнє значення обов'язково потрапляє в замкнуте коло: кожна група використовує свою власну парадигму, щоб аргументувати захист цієї ж таки парадигми.

Це логічне коло саме собою, звичайно, ще не робить аргументи помилковими або й неефективними. Дослідник, котрий використовує парадигму як вихідну посилку, коли висуває аргументи на її захист, може, тим не менше, увиразнити практику наукового дослідження для тих, хто засвоює новий погляд на природу. Така демонстрація може бути надзвичайно переконливою, а часто й незаперечною. Однак природа циклічного аргументу, хоч би яким привабливим він був, така, що він звертається не до логіки, а до переконання. Ані за допомогою логіки, ані за допомогою теорії ймовірності, не переконаєш тих, хто відмовляється увійти в коло. Логічні посилки і цінності, загальні для обох таборів у суперечках про парадигми, не досить широкі для цього. Як у політичних революціях, так і у виборі парадигми немає інстанції вищої, ніж згода відповідного співтовариства. Щоб розкрити перебіг, наукових революцій, ми розглядатимемо не тільки вплив природи і логіки, а й ефективність техніки переконання у відповідній групі, яку утворить співтовариство учених.

Щоб розкрити, чому питання вибору парадигми ніколи не можна розв'язати винятково логікою і експериментом, треба зупинитися на природі відмінностей, що відділяють захисників традиційної парадигми від їхніх революційних наступників. Це становить основний предмет цього розділу і наступного. Ми

вже зауважували безліч прикладів такої відмінності, і ніхто не сумніватиметься, що історія може запропонувати багато інших. Радше можна засумніватися не в їхньому існуванні, а в тому, що такі приклади повідомляють про природу науки надто важливе, і це, треба розглянути насамперед. Нехай ми визнаємо, що відмова від парадигми є історичним фактом; але чи свідчить це про щось іще, окрім легковажності людини і незрілість її знань? Чи є внутрішні мотиви, внаслідок яких сприймання нового виду явища або нової наукової теорії має вимагати заперечення старої парадигми?

Спершу відзначимо, що якщо такі підстави є, то вони впливають не з логічної структури наукового знання. Засадничо, нове явище можна виявити не руйнуючи якогось елементу колишньої наукової практики. Хоч відкриття життя на Місяці сьогодні було б руйнівним для наявних парадигм (позаяк вони повідомляють нам про Місяць, те, що здається несумісним з існуванням життя на цій планеті), відкриття життя в деяких мало вивчених частинах галактики не було б таким руйнівним. За тими ж самими ознаками нова теорія не має суперечити жодній попередній їй. Вона може стосуватися винятково не відомих раніше явищ; так квантова механіка (але лише значною мірою, а не винятково) має справу з субатомними феноменами, не відомими до ХХ ст. Або нова теорія може бути просто теорією вищого рівня, ніж теорії, відомі раніше, — теорією, що зв'язує воедино групу теорій нижчого рівня, відтак її формування протікає без істотної зміни бодай одної із них. Нині теорія збереження енергії забезпечує саме такі зв'язки між динамікою, хімією, електрикою, оптикою, теорією теплоти і т. ін. Можна уявити ще й інші можливі зв'язки між старими і новими теоріями, що не призводять до їх несумісності. Кожна зокрема і всі разом можуть бути прикладом історичного процесу, який призводить до розвитку науки. Якби всі зв'язки між теоріями були такі, то й розвиток науки був би по-справжньому кумулятивним. Нові види явищ могли б просто розкривати упорядкованість в якомусь аспекті природи, де до цього її ніхто не помічав. В еволюції науки нове знання приходило б на зміну неосвіченості, а не знанню іншого і несумісного з колишнім видом.

Звичайно, наука (або якесь інше підприємство, можливо, не таке ефективне) за якихось умов може розвиватися таким геть кумулятивним чином. Багато людей були впевнені, що справа є

саме такою, а більшість усе ще, певне, припускає, що просте накопичення знання є принаймні те, що, мабуть, здійснилося б в історичному розвитку, якби тільки воно так часто його не викривляла людська суб'єктивність. Є вагомі підстави вірити в це. В X розділі ми покажемо, як міцно погляд на науку як кумулятивний процес переплітається з панівною епістемологією, що вважає знання конструкцією, яку розум зводить безпосередньо на безпосередніх почуттях. А в XI розділі ми торкнемося підтримки цієї історіографічної схеми засобами ефективною викладацької діяльності, тим не менше, попри значну правдоподібність такого ідеального уявлення, є вагомі підстави сумніватися — чи може це уявлення бути образом *науки*. Після того, як допарадигмальний період закінчився, асиміляція всіх нових теорій і майже всіх нових видів явищ фактично вимагала зруйнування вхідної парадигми і викликала черговий конфлікт між конкуруючими школами, наукового мислення. Кумулятивне накопичення непередбачених нововведень у науці виявляється майже не існуючим винятком у закономірності її розвитку. Той, хто серйозно розглядає історичні факти, повинен мати на увазі, що наука не прагне до ідеалу, що його підказують наші уявлення про кумулятивність розвитку. Можливо, це характерно не для науки, а для якогось іншого виду діяльності.

Та, якщо ми й далі не відхилятимемося від упертих фактів, тоді на повторній перевірці сфери, яку ми вже охопили, можна припустити, що кумулятивне придбання нововведень не тільки фактично трапляється зрідка, але в принципі неможливе. Нормальне дослідження, яке є кумулятивним, своїм успіхом зобов'язане вмінню вчених постійно збирати проблеми, які можна розв'язати завдяки концептуальному і технічному зв'язкам з уже наявними проблемами. (Ось чому надмірна зацікавленість у прикладних проблемах без стосунку до їхнього зв'язку зі знанням і технікою може так легко загальмувати науковий розвиток.) Якщо людина прагне вирішувати проблеми наявного рівня розвитку науки і техніки, то це означає, що вона не просто озирється навсебіч. Вона знає, чого хоче досягнути і відповідно створює інструменти та спрямовує своє мислення. Непередбачувані нововведення, нові відкриття можуть виникати тільки тою мірою, якою її передбачення, що стосовно як можливостей її інструментів, так і природи, виявляються помилковими. Часто важливість зробленого відкриття буде пропорційною мірі і силі

аномалії, що передбачало відкриття. Відтак має, очевидно, виникнути конфлікт парадигми, що виявляє аномалію, з парадигмою, що пізніше робить аномалію закономірністю. Приклади відкриттів, пов'язані із зруйнуванням парадигми і розглянуті в IV розділі, це не просто історичні випадковості. Навпаки, жодного іншого ефективного шляху до наукового відкриття немає.

Так само аргументують створення нових теорій. В принципі є тільки три типи явищ, що їх може охоплювати нова теорія. Перший складається з явищ, добре пояснюваних уже під кутом зору вже наявних парадигм; ці явища зрідка являють собою причину або відправну точку для створення теорії. Якщо ж вони все-таки породжують теорію — як було з трьома відомими передбаченнями, розглянутими наприкінці VII розділу, — то результат рідко коли виявляється прийнятним, тому що природа не дає жодної підстави для того, щоб віддавати перевагу новій теорії перед старою. До другого типу явищ належать ті, природа яких вказана наявними парадигмами, але їхні деталі можна зрозуміти лише в подальшій розробці теорії. Це явища, дослідження яких учених віддає багато часу, але його дослідження в цьому разі спрямовані на розробку наявної парадигми, а не на створення нової. Тільки коли спроби в розробці парадигми зазнають невдачі, вчені переходять до вивчення третього типу явищ, до усвідомлених аномалій, характерною рисою яких є завзятий опір поясненню їх наявними парадигмами. Тільки цей тип явищ і дає підставу для виникнення нової теорії. Парадигми визначають для всіх явищ, виключаючи аномалії, відповідне місце в теоретичних побудовах дослідницької сфери вченого.

Але якщо виникнення нових теорій виникає з потреби розв'язання аномалій щодо теперішніх теорій в їхньому зв'язку з природою, тоді успішна нова теорія має припускати передбачення, що відрізняються від передбачень, які виводяться з попередніх теорій. Такої відмінності могло б і не бути, якби обидві теорії були логічно сумісні. В процесі своєї асиміляції друга теорія мусить замінити першу. Навіть теорія, подібна до теорії збереження енергії, що сьогодні здається логічною суперструктурою, яка узгоджується з природою тільки через незалежно встановлені теорії, історично розвивалася через зруйнування парадигми. Більше того, вона виникла із кризи, істотним інгредієнтом якої була несумісність динаміки Ньютона і деяких пізніше сформульованих наслідків флогістонної теорії теплоти.

Тільки після того, як від флогістонної теорії відмовилися, теорія збереження енергії спромоглася стати частиною науки¹. І лише тоді, коли ця теорія стала частиною науки і залишалася такою протягом певного часу, вона спромоглася постати як теорія логічно вищого рівня, що не суперечить іншим теоріям, які їй передували. Дуже важко передбачити, як могли б виникнути нові теорії без цих деструктивних змін в переконаннях, що стосуються природи. Хоч логічне включення однієї теорії в іншу залишається допустимим варіантом щодо наукових теорій, що йдуть одна за одною, з погляду історичного дослідження це неправдоподібно.

Століття тому, гадаю, можна було б на цьому і зупинитися, розглядаючи питання про необхідність революцій. Але нині, на жаль, цього робити не можна, позаяк неможливо обстояти розвинену вище думку на предмет, якщо прийняти найрозповсюдженішу сьогодні інтерпретацію природи і функцій наукової теорії. Ця інтерпретація, міцно пов'язана з раннім логічним позитивізмом і яку не відкинули повністю його послідовники, звичайно обмежує рівень і значення прийнятої теорії так, щоб остання не мала можливості суперечити попередній теорії, що формувала приписи стосовно тих самих явищ природи. Найвідомішим і найяскравішим прикладом, пов'язаним з таким обмеженим розумінням наукової теорії, є аналіз стосунку між сучасною динамікою Ейнштейна і старими рівняннями динаміки, що випливали з «Начал» Ньютона. З погляду нинішньої праці ці теорії цілком несумісні в тому ж сенсі, в якому була показана несумісність астрономії Коперніка і Птолемея: теорію Ейнштейна можна прийняти лише в разі визнання теорії Ньютона помилковою. Але сьогодні прибічники цього погляду залишаються в меншості². Тому нам треба розглянути найрозповсюдженіші заперечення проти неї.

Суть заперечень можна звести до такого. Релятивістська динаміка не може показати, що динаміка Ньютона помилкова, бо динамікою Ньютона все ще успішно послуговується більшість інженерів і, в деяких застосуваннях, чимало фізиків. Крім того, правильність використання старої теорії можна показати тієї

¹ S. P. Thompson. *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*. London, 1910, I, pp. 266-281.

² Див., наприклад, нотатки П. П. Вінера в: *Philosophy of Science*, XXV, 1958, p. 298.

самою теорією, що в інших застосуваннях замінила її. Теорію Ейнштейна можна використати для того, щоб показати, що передбачення, одержувані за допомогою рівнянь Ньютона, мають бути настільки надійними, наскільки дозволяють наші вимірювальні засоби в усіх застосуваннях, що задовольняють обмаль обмежувальних умов. Скажімо, якщо теорія Ньютона забезпечує задовільне близьке рішення, то відносні швидкості розглядуваних тіл мають бути непорівняно меншими, аніж швидкість світла. Згідно з цими і деякими іншими умовами, теорію Ньютона уявляють наслідком із теорії Ейнштейна, її поодиноким випадком.

Але ж знову і знову розмірковують прибічники цього погляду, жодна теорія не може суперечити жодному зі своїх одиничних випадків. Якщо ейнштейнівська наука свідчить про помилковість динаміки Ньютона, то це тільки тому, що деякі ньютоніанці були досить нерозважливими, що заявляли, буцімто теорія Ньютона дає цілком точні результати і може бути застосовувана до дуже великих відносних швидкостей. Позаяк вони не спромоглися чим-небудь захистити такі заяви, то, роблячи їх, вони зраджували вимогам науки. Тою мірою, якою теорія Ньютона була завжди правдивою науковою теорією, яка спирається на обґрунтовані дані, вона все ще залишається такою. Ейнштейн міг показати помилковість тільки екстравагантних теоретичних претензій — претензій, що ніколи не були власне елементами науки. Очищену від цих суто людських екстравагантностей, ньютонівську теорію ніколи не могли заперечити і ніколи не заперечать.

Подібної аргументації цілком достатньо, аби зробити будь-яку теорію, що нею послуговується велика група компетентних учених, несприятливою до будь-яких нападок. Скажімо, зневажена теорія флогістону, все-таки упорядкувала довгу низку фізичних і хімічних явищ. Вона пояснила, чому тіла горять (бо ж багаті на флогістон) і чому метали мають набагато більше спільних властивостей, ніж їхні руди (метали повністю складаються з різноманітних елементарних земель, поєднаних з флогістоном, а позаяк флогістон міститься в усіх металах, то й він створює спільність властивостей). Крім того, теорія флогістону пояснила низку реакцій отримання кислоти при окисленні речовин, подібних до вуглецю і сірки. Вона також пояснила зменшення об'єму, коли окислення відбувалося в обмеженому обсязі повітря, — флогістон вивільнювався при нагріванні, що «псує пру-

жність повітря, що вбирає в себе флогістон», саме так, як вогонь «псує пружність сталеві пружини»³. Якби перераховані факти були єдиними явищами, якими теоретики флогістону обмежували свою теорію, то в ній ніколи не засумнівалися б. Подібне обґрунтування підійде і для будь-якої іншої теорії, яку будь-коли успішно застосовували до якої-небудь низки явищ взагалі.

Але, щоб так зберігати теорії, потрібно обмежити сферу їхнього застосування тими явищами і такою точністю спостереження, з якою вже наявні експерименти мають справу⁴. Якщо виникає спокуса ступити далі хоч би крок (а його навряд чи можна уникнути, якщо перший крок зроблено), то таке обмеження забороняє вченому говорити в «науковому» плані про будь-які ще не спостережені явища. Навіть у сучасних формах обмеження не дозволяє вченому покладатися у дослідженні на теорію, якщо це дослідження розкриває нову галузь або прагне досягнути ступеня точності, безпрецедентної для попереднього застосування теорії. Такі заборони логічно виключити неможливо. Та якщо згодитися з ними, треба припинити дослідження, що рухає науку далі.

Донині це питання було тавтологічним. Без приписів парадигми не може бути жодної нормальної науки. Більше того, припис має розповсюджуватися на такі сфері і рівні точності, для яких немає повного прецеденту. Якщо це не так, то парадигма не спроможеться запропонувати жодної головоломки, досі не розв'язаної. Крім того, не тільки нормальна наука залежить від приписів парадигми. Якщо теорія обмежує вченого лише наявними застосуваннями, тоді не може бути жодних несподіваностей, аномалій або криз. Однак вони будуть віхами, що вказують шлях до екстраординарної науки. Якщо позитивістські обмеження, накладені на чинні застосування теорії, розглядати буквально, то механізм, що підказує науковому співтовариству, які проблеми можуть привести до фундаментальних змін, має

³ J. V. Conant. *Overthrow of the Phlogiston Theory*. Cambridge, 1950, pp. 13-16; J. R. Partington. *A Short History of Chemistry*, 2d ed. London, 1951, pp. 85-88. Найповніший і найсистематичніший виклад теорії флогістону знайдемо в: H. Metzger. *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*. Paris, 1930. Part II.

⁴ Порівняйте висновки, отримані за допомогою цілком іншого типу аналізу: R. V. Braithwaite. *Scientific Explanation*, Cambridge, 1953, p. 50-87, передовсім стор. 76.

зупинитися. Якщо ж це станеться, співтовариство неминучо повернеться до стану, багато в чому схожому на допарадигмальний, коли всі його члени займатимуться наукою, але сукупний результат їхніх зусиль навряд чи матиме схожість з наукою взагалі. Чи варто дивуватися тому, що значні наукові успіхи досягаються лише ціною прийняття припису, що зовсім не є непогрішним?

Ще важливіше те, що в аргументації позитивістів є логічна прогалина, яка негайно повертає нас до питання про природу революційної зміни в науці. Чи можна справді динаміку Ньютона *вивести* з релятивістської динаміки? На що схоже таке виведення? Уявімо ряд пропозицій E_1, E_2, \dots, E_n , що втілюють в собі закони теорії відносності. Ці пропозиції містять змінні і параметри, що відбивають просторові координати, час, масу спокою і т. ін. З них за допомогою апаратів логіки і математики дедукується ще один ряд пропозицій, разом з деякими пропозиціями, що можна перевірити спостереженням. Щоб довести адекватність ньютонівської механіки як одиничного випадку, треба приєднати до пропозицій E_i додаткові пропозиції на зразок $(v/c)^2 \ll 1$, обмеживши завдяки цьому сферу змінних і параметрів. Цей розширений ряд пропозицій перетворюються після цього так, щоб отримати нову серію N_1, N_2, \dots, N_m , тотожну за формою з ньютонівськими законами руху, законом тяжіння і т. ін. Вочевидь, що ньютонівська динаміка, якщо дотримуватися кількох обмежувальних умов, виводиться з динаміки Ейнштейна.

Тим не менше таке виведення являє собою некоректність, принаймні ось чому. Хоча пропозиції N_i є спеціальним випадком законів релятивістської механіки, все-таки вони не є законами Ньютона. Або принаймні вони не є такими, якщо не інтерпретуються ще раз у спосіб, який став можливим після праць Ейнштейна. Змінні і параметри, що в серії пропозицій E_i , яка представляє теорію Ейнштейна, означають просторові координати, час, масу і т. ін., також містяться в N_i , але вони все-таки представляють ейнштейнівській простір, масу і час. Однак фізичний зміст ейнштейнівських понять аж ніяк не тотожний зі значенням ньютонівських понять, хоча і називаються однаково. (Ньютонівська маса зберігається, ейнштейнівська може перетворюватися на енергію. Тільки за низьких відносних швидкостей обидві величини можна виміряти одним і тим самим способом, але навіть тоді вони не можуть бути представлені

однаково.) Якщо ми не змінимо визначення змінних в N_i , то пропозиції, що ми їх вивели, не будуть ньютонівськими. Якщо ми змінимо їх, то не спроможемося впевнено сказати, що *вивели* закони Ньютона, принаймні в будь-якому узвичаєному тепер сенсі поняття виведення. Звичайно, наведена вище аргументація пояснює, чому закони Ньютона видавалися придатними для роботи. Вона пояснює, припустимо, поведінку водія автомашини, що поводив так, ніби знаходився в ньютонівському світі. До потрібної аргументації вдавалися, щоб обгрунтувати викладання геоцентричної астрономії топографам. Але аргументація не доводить того, на що вона була спрямована. Інакше кажучи, вона не доводить, що закони Ньютона є граничним випадком ейнштейнівських. Бо з переходом до межі змінюються не тільки форми законів. Водночас треба поміняти фундаментальні структурні елементи, з яких складається універсум і які до нього застосовуються.

Необхідність змінити значення встановлених і загально-відомих понять — основа революційного впливу теорії Ейнштейна. Хоч ця зміна тонша, ніж перехід від геоцентризму до геліоцентризму, від флогістону до кисню або від корпускул до хвиль, отримане в його результаті концептуальне перетворення має не менш вирішальне значення для зруйнування раніше встановленої парадигми. Ми навіть можемо побачити в концептуальному перетворенні прототип революційної переорієнтації в науках. Саме тому, що таке перетворення не включає вступу додаткових об'єктів або понять, перехід від ньютонівської до ейнштейнівської механіки повно і ясно ілюструє наукову революцію як зміну понятійної сітки, через яку учені пізнавали світ.

Цих зауважень достатньо, щоб довести тезу, яка в іншому філософському кліматі мала б бути прийнята без доказів. Принаймні для вчених більшість очевидних відмінностей між скасованою науковою теорією і її наступницею цілком реальна. Хоч застарілу теорію завжди можна розглядати як одиничний випадок її сучасного наступника, але для цього її слід перетворити. Перетворення ж буде тим, що може здійснюватися з використанням переваг ретроспективної оцінки — виразного застосування сучаснішої теорії. Крім того, навіть якщо це перетворення задумали для інтерпретації старої теорії, результатом його застосування має бути теорія, обмежена до такого ступеня, що може тільки переформулювати вже відоме. Внаслідок своєї

економічності це переформулювання теорії корисне, але не може бути достатнім для того, щоб спрямовувати дослідження.

Отже, тепер приймемо без доказу, що відмінності між наступницькими парадигмами необхідні та засадничі. Чи можна після цього сказати точніше, які ці відмінності? Їхній найбільш очевидніший тип ми уже не раз ілюстрували тут раніше. Наступницькі парадигми по-різному характеризують елементи універсуму і поведінку цих елементів. Інакше кажучи, їхня відмінність стосується таких питань, як існування внутріатомних часток, матеріальність світла, збереження теплоти або енергії. Ці відмінності є субстанціональними відмінностями між послідовними парадигмами, і не вимагають подальшої ілюстрації. Але парадигми істотніше вирізняються не лише змістом, бо спрямовані не тільки на природу, а й відбивають також особливості науки, що створила їх. Вони є джерелом засобів, проблемних ситуацій і стандартів розв'язання, прийнятих певним розвиненим науковим співтовариством у певний час. В результаті сприймання нової парадигми часто примушує перевизначати основи відповідної науки. Деякі старі проблеми можуть бути передані у відання іншої науки або проголошені цілком «ненауковими». Інші проблеми, раніше неістотні або тривіальні, за допомогою нової парадигми можуть самі стати прототипами значних наукових досягнень. А позаяк змінюються проблеми, то звичайно змінюється і стандарт, що відрізняє справжнє наукове рішення від чисто метафізичних спекуляцій, гри слів або математичних забав. Традиція нормальної науки, що виникає після наукової революції, не тільки несумісна, а й часто фактично і невідповідна до попередньої традиції.

Вплив праці Ньютона на традиції нормальної наукової практики XVII ст. яскравий приклад цих значно тонших наслідків зміни парадигми. Ще до народження Ньютона «нова наука» століття досягла успіху, відкинувши нарешті аристотелівські і схоластичні пояснення, що зводилися до істотності матеріальних тіл. На міркування про камінь, що впав тому, що його «природа» рухає його у напрямку до центру Всесвіту, стали дивитися лише як на тавтологічну гру слів. Такої критики раніше не спостерігалось. Відтепер весь потік сенсорних сприймань, разом зі сприйняттям кольору, смаку і навіть ваги, пояснюють у термінах довжини, форми, місця і руху найменших часток, що складають основу матерії. Приписування інших якостей елементарним ато-

мам не обійшлося без якихось таємничих понять і тому лежало поза межами науки. Мольєр точно ухопив новий подих, коли наглумився з лікаря, котрий пояснював наркотичну дію опіуму силою, що присипляє. Протягом останньої половини XVII ст. багато вчених віддавали перевагу поясненню, що сферична форма часток опіуму дає їм можливість заспокоювати нерви, якими вони розповсюджуються⁵.

На попередній стадії розвитку науки пояснення на основі прихованих якостей було складником продуктивної наукової діяльності. Тим не менше нові вимоги до механіко-корпускулярного пояснення в XVII ст. виявилися дуже плідними для деяких наук, позбавивши їх проблем, що не піддавалися загальнозначущому розв'язанню, і запропонувавши взамін інші. Скажімо, в динаміці три закони руху Ньютона меншою мірою були продуктом нових експериментів, ніж спробою ще раз інтерпретувати добре відомі спостереження на основі руху і взаємодії первинних нейтральних корпускул. Розглянемо тільки одну конкретну ілюстрацію. Позаяк, нейтральні корпускули могли впливати одне на одного лише через контакт, механіко-корпускулярний погляд зору на природу спрямовував прагнення учених до цілком нового предмету дослідження — до зміни швидкості і напрямку руху часточок при зіткненні. Декарт поставив проблему і вперше передбачувано розв'язав її. Гюйгенс, Рен і Уолліс розширили її, почасти експериментуванням, зіштовхуючи вантажі, що коливалися, але здебільшого через використання добре відомих раніше характеристик руху в розв'язанні нової проблеми. А Ньютон узагальнив їхні результати в законах руху. Рівність «дії» і «протидії» в третьому законі є результатом зміни кількості руху, що спостерігається при зіткненні двох тіл. Та ж сама зміна руху припускає визначення динамічної сили, що приховано входить до другого закону. В цьому випадку, як численних інших, в XVII ст. корпускулярна парадигма породила і нову проблему, і значною мірою її розв'язання⁶.

Та, хоч праця Ньютона переважно була спрямована на розв'язання проблем і втілювала стандарти, що впливали з меха-

⁵ Про корпускуляризм взагалі див.: M. Boas. *The Establishment of the Mechanical Philosophy* // *Osiris*, X, 1952, pp. 412-541. Про вплив форми часточок на смакові відчуття див.: *ibid.*, p. 483.

⁶ R. Dugas. *La mécanique au XVII^e siècle*, Neuchâtel, 1954, 177-185, 284-298, 345-356.

ніко-корпускулярного погляду на світ, вплив парадигми, яка виникла з його праці, відбився надалі в частково деструктивній зміні проблем і стандартів, прийнятих тоді в науці. Тяжіння, інтерпретоване як внутрішнє прагнення до взаємодії між кожною парою часточок матерії, було прихованою якістю в тому ж самому сенсі, як і схоластичне поняття «прагнення до падіння». Відтак, доки стандарти корпускуляризму залишалися обов'язковими, пошуки механічного пояснення тяжіння були однією з найнагальніших проблем для тих, хто сприймав «Начала» як парадигми. Ньютон, а також багато його послідовників у XVIII ст. приділяли багато уваги цій проблемі. Єдине очевидне розв'язання полягало в тому, щоб відмовитися від теорії Ньютона внаслідок її неспроможності пояснити тяжіння; цю можливість чимало дослідників вважали істинною, та все-таки ані та, ані та позиції не перемагали. Не маючи змоги ані займатися практичною науковою діяльністю без «Начал», ані підпорядкувати цю діяльність корпускулярним стандартам XVII ст., учені поступово упевнювалися, що тяжіння є справді якоюсь внутрішньою силою природи. До середини XVIII ст. таке тлумачення розповсюдилося майже скрізь, а результатом з'явилося справжнє відродження (не рівнозначне реставрації) схоластичної концепції. Внутрішньо притаманні речам сили тяжіння і відштовхування приєдналися до довжини, форми, місця і руху, як до фізично незведеним первинним властивостям матерії⁷.

Внаслідок цього зміна в стандартах і проблемних сферах фізичної науки виявилася знов-таки закономірною. Наприклад, до 40-х років XVIII ст. дослідники електричних явищ могли говорити про «властивість» електричного флюїду притягати, не викликаючи кепкування, якого удостоївся мольєрівський лікар століття назад. І поступово електричні явища все більше виявляли закономірності, відмінні від тих, які бачили дослідники, котрі розглядали їх як ефекти механічного випаровування (*effluvium*), що могло здійснюватися тільки через контакт. Зокрема, коли електрична дія на відстані зробилася предметом безпосереднього вивчення, то феномен, який ми характеризуємо як електризацію через індукцію, спромігся на визнання як один з його наслідків. Раніше, коли явище розглядали загально, його

⁷I. B. Cohen. *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Philadelphia, 1956, chaps, VI-VII.

приписували безпосередньому впливу «електричних» атмосфер або втраті, неминучій в будь-якій електричній лабораторії. Новий погляд на індукційний вплив був своєю чергою ключем до аналізу Франкліном ефекту лейденської банки, а відтак, до виникнення нової ньютонівської парадигми для електрики. Динаміка і електрика не були єдиними науковими сферами, що зазнали впливу пошуку сил, внутрішньо притаманних матерії. Більша частина літератури з хімічного споріднення і рядів заміщення в ХІХ ст. також, походить, від цього супермеханічного аспекту ньютоніанства. Хіміки, котрі вірили в ці диференційовані сили притягання між різноманітними хімічними речовинами, ставили експерименти, які раніше важко було уявити, і вишукували нові види реакцій. Без даних і хімічних понять, отриманих внаслідок цих досліджень, пізніші праці Лавуазьє і передовсім Дальтона були б незрозумілі⁸. Зміни в стандартах, що визначають проблеми, поняття і пояснення, можуть перетворити науку. В наступному розділі я спробую навіть розглянути, в якому сенсі вони перетворюють світ.

Інші приклади таких несубстанційних відмінностей між наступницькими парадигмами можна взяти з історії будь-якої науки майже в будь-який період її розвитку. Тут обмежимося лише двома іншими і досить стислими ілюстраціями. Перш ніж відбулася революція в хімії, одне із широко розповсюджених завдань цієї науки полягало в поясненні властивостей хімічних речовин і змін, що їх ці властивості зазнають в реакції. За допомогою незначної кількості елементарних «першоджерел» — серед яких був і флогістон — хімік мав пояснити, чому одні речовини мають властивості кислоти, другі — металу, треті — займистості тощо. В цьому напрямку було досягнуто помітного успіху. Ми вже вказували, що флогістонна теорія пояснювала, чому метали такі схожі, і можна уявити подібну аргументацію для кислот. Реформа Лавуазьє, однак, остаточно відкинула хімічні «першоджерела» і відтак позбавила хімію певної реальної і потенційної пояснювальної сили. Щоб компенсувати цю втрату, були потрібні зміни в стандартах. Протягом більшої частини ХІХ ст. невдачі в поясненні властивостей сполучень не могли применшити достоїнств жодної хімічної теорії⁹.

⁸ Про електрику див.: *ibid.*, chaps. VIII-IX. Про хімію див.: Metzger. *Op. cit.*, part I.

⁹ E. Meyerson. *Identity and Reality*. New York, 1930, chap. X.

Або інший приклад. Дж. Максвелл, як і інші прибічники хвильової теорії світла XIX ст. був упевнений, що світлові хвилі мають розповсюджуватися через матеріальний ефір. Виявлення механічної сфери розповсюдження хвиль було звичайним клопотом багатьох обдарованих сучасників Максвелла. Та його власна електромагнітна теорія світла не брала до уваги жодного середовища, необхідного для розповсюдження світлових хвиль, і ця теорія ясно показала, що таке середовище врахувати важче, ніж це здавалося раніше. Первісно теорію Максвелла через названі причини відкидало багато учених. Але, подібно до вчення Ньютона, виявилось, що без теорії Максвелла важко обійтися, і коли вона досягла статусу парадигми, ставлення до неї з боку наукового співтовариства змінилося. Впевненість Максвелла в існуванні механічного ефіру в перші десятиріччя XX ст. ставало все більше схожою на суто формальне визнання (хоча й цілком щире), відтак про спроби виявити ефірне середовище забули. Вчені уже не думали, що ненауково говорити про електрику як про «витіснення», не вказуючи на те, що «витісняється». В результаті цього виникла нова низка проблем і стандартів, що, зрештою, мала би привести до появи теорії відносності¹⁰.

Такі характерні зміни в уявленнях наукового співтовариства про його основні проблеми і стандарти менше значили б для ідей цієї праці, якби можна було припустити, що вони завжди виникають при переході від нижчого методологічного типу до дещо вищого. В цьому разі їхні наслідки також видавалися б кумулятивними. Отож, не дивні твердження деяких істориків, що історія науки відзначена безперервним зростанням зрілості і вдосконаленням людського уявлення про природу науки¹¹. Однак випадки кумулятивного розвитку наукових проблем і стандартів зустрічаються навіть рідше, ніж приклади кумулятивного розвитку теорій. Спроби пояснити тяжіння, хоч від них повністю й відмовилася більшість учених XVIII ст., не мали за мету розв'язання внутрішньо неузгоджених суперечностей. Заперечення внутрішніх таємничих сил не були ані власне антинауковими, ані метафізичними в дещо зневажливому сенсі слова. Немає жод-

¹⁰ E. T. Whittaker. *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II. London, 1953, pp. 28-30.

¹¹ Як блискучу і цілком сучасну спробу вкласти розвиток науки в це прокрустово ложе можна рекомендувати: C. C. Gillispie. *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas*. Princeton, 1960.

них зовнішніх критеріїв, на які могли б спертися такі заперечення. Те, що відбулося, не було ані відкиданням, ані розвитком стандартів, а просто зміною, продиктованою прийняттям нової парадигми. Крім того, ця зміна в якийсь момент часу зупинялася, після цього знов відновлювалася. В ХХ ст. Ейнштейн досяг успіху в поясненні гравітаційного тяжіння, і це пояснення повернуло науку до канонів і проблем, що в цьому одиничному аспекті дужче схожі на проблеми і канони попередників Ньютона, ніж його послідовників. Або інший приклад. Розвиток квантової механіки відкинув методологічні заборони, що зародилися в ході революції в хімії. Тепер хіміки прагнуть, та й успішніше, пояснити колір, агрегатний стан та інші властивості речовин, використовуваних і створюваних в їхніх лабораторіях. Можливо, що нині подібне перетворення відбувається і в розробці теорії електромагнетизму. Простір у сучасній фізиці не є інертним і однорідним субстратом — і в теорії Ньютона, і в теорії Максвелла; деякі його нові властивості схожі на властивості, що їх колись приписували ефіру, і з часом ми можемо дізнатися, що являє собою рух електрики.

Зміщуючи акцент з пізнавальної на нормативну функцію парадигми, попередні приклади розширюють наше розуміння способів, якими парадигма визначає форму наукового життя. Раніше ми розглядали роль парадигми переважно як засіб вираження і розповсюдження наукової теорії. В цій ролі її функція полягає в тому, щоб повідомляти вченому, які істотності є в природі, а яких немає, і вказувати, в яких формах вони виявляються. Ось така інформація дозволяє скласти план, деталі якого освітлюються зрілим науковим дослідженням. А позаяк природа занадто складна і різноманітна, щоб можна було досліджувати її наосліп, то план для тривалого розвитку науки є таким само істотним, як спостереження і експеримент. Через теорії, що вони втілюють, парадигми виявляються найважливішим моментом наукової діяльності. Вони визначають наукове дослідження і в інших аспектах — от у чому тепер суть справи. Зокрема, щойно наведені нами приклади показують, що парадигми дають вченим не тільки план діяльності, а й указують на деякі напрямки, істотні для реалізації плану. Освоюючи парадигму, вчений оволодіває відразу теорією, засобами і стандартами, що звичайно найтісніше переплітаються. Відтак, коли парадигма змінюється, звичайно відбуваються значні зміни в критеріях, які визна-

чають правильність як вибору проблем, так і пропонованих розв'язань.

Це спостереження повертає нас до пункту, з якого починався цей розділ, бо вперше виразно вказує, чому вибір між конкуруючими парадигмами постійно породжує запитання, на які не можна відповісти за допомогою критеріїв нормальної науки. В тому ж таки ступені (такому ж значному, як і неповному), в якому дві наукові школи сперечаються щодо того, що є проблема і яке її розв'язання, вони неминучо прагнуть переконати одна одну, коли стануть обговорювати відносні переваги відповідних парадигм. В аргументаціях, що постійно породжуються такими дискусіями і містять у деякому сенсі логічне коло, з'ясовується, що кожна парадигма більш-менш задовольняє критеріям, які вона визначає сама, але не задовольняє деяким критеріям, які визначаються її супротивниками. Є й інші причини неповноти логічного контакту, що постійно характеризує обговорення парадигм. Скажімо, позаяк жодна парадигма ніколи не розв'язує всіх проблем, що вона їх визначає, і позаяк жодна з двох парадигм не залишає нерозв'язаними одні й ті самі проблеми, то обговорення парадигми завжди включає запитання: які проблеми важливіші для розв'язання? На зразок схожого запитання стосовно конкуруючих стандартів, запитання про цінності може мати відповідь лише на основі критерію, що лежить цілком поза сферою нормальної науки, і саме це звернення до зовнішніх критеріїв з великої очевидністю робить обговорення парадигм революційним. Однак на карту ставиться щось фундаментальніше, ніж стандарти і оцінки. Досі я розглядав тільки питання істотного значення парадигм для науки. Тепер я маю намір виявити сенс, в якому вони виявляються такими само істотними для самої природи.

Х. Революції як зміна світогляду

Кинувши погляд на результати минулих досліджень з позицій сучасної історіографії, історик науки може спокуситися і сказати, що, якщо парадигми змінюються, разом із ними змінюється сам світ. Захоплені новою парадигмою вчені отримують нові засоби дослідження і вивчають нові галузі. Але найважливіше те, що в період революцій вчені бачать нове і отримують інші результати навіть тоді, коли послуговуються звичайними інструментами в галузях, які вони досліджували до цього. Це виглядає так, буцімто професійне співтовариство в один момент опинилося на іншій планеті, де сила-силенна об'єктів їм незнайомі, та й знайомі об'єкти видно в іншому світлі. Звичайно, насправді все не так: немає жодного переселення в географічному сенсі; поза стінами лабораторії — повсякденне життя. Тим не менше зміна в парадигмі змушує вчених бачити світ дослідницьких проблем в іншому світлі. Позаяк вони бачать цей світ не інакше, як через призму своїх переконань і дій, тільки в нас виникає бажання сказати, що після революції вчені мають справу з іншим світом.

Елементарні прототипи для таких перетворень світу вчених переконливо являють відомі демонстрації з перемиканням зорового гештальта. Те, що вченому здавалося качкою до революції, після революції виявлялося кроликом. Той, хто спершу бачив зовнішню стінку коробки, дивлячись на неї згори, пізніше, подивившись із низу, бачив її внутрішній бік. Трансформації, як оці, хоч звичайно і поступовіші і майже незворотні, завжди супроводжують наукову освіту. Поглянувши на контурну карту, студент бачить лінії на папері, картограф — картину місцевості. Подивившись на фотографію, зроблену в бульбашковій камері, студент бачить переплутані і ламані лінії, фізик — знімок відомих внутріядерних процесів. Тільки після низки таких транс-

формацій бачення студент стає «мешканцем» наукового світу, бачить те, що вчений, і реагує на нього так, як реагує вчений. Однак світ, в який студент після цього входить, не являє собою світу, що застиг раз і назавжди. Цьому перешкоджає сама природа докільля, з одного боку, і науки — з другого. Світ, радше, детермінований водночас і докільлям, і відповідною традицією нормальної науки, дотримуватися якої студент навчився здобуваючи освіту. Тому під час революції, коли починає змінюватися нормальна наукова традиція, вчений повинен ще раз навчитися сприймати знайомий світ — в деяких добре відомих ситуаціях він мусить навчитися бачити новий гештальт. Тільки після цього світ його дослідження поінколи здаватиметься несумісним із світом, в якому він «жив» досі. Це становить другу причину, через яку школи, які сповідують різноманітні парадигми, завжди чинять немов би всупереч одна одній.

У своїх найзвичайніших формах гештальт-експерименти ілюструють тільки природу перцептивних перетворень. Вони нічого не говорять нам про роль парадигм або роль раніше надбаного досвіду в процесі сприймання. З цього питання є велика психологічна література, більша частина якої починається з перших досліджень Ганноверського інституту. Випробуваний, котрому надівають окуляри, з лінзами, які перевертають зображення, первісно бачить зовнішній світ «догори ногами». Спершу його апарат сприймання функціонує так, як він був пристосований функціонувати без окулярів, внаслідок чого відбувається повна дезорієнтація, гостра криза особистості. Але після того, як суб'єкт звикає дивитися на свій новий світ, вся його візуальна сфера перетворюється ще раз, звичайно після певного часу потрясінь та безладу. Відтепер об'єкти знову бачаться такими, якими були до того, як були надіти окуляри. Асиміляція поля зору, раніше аномального, впливала на поле зору і змінила його¹. Як в прямому, так і в переносному сенсі слова можна сказати, що людина, призвичаєна до перевернутого зображення, зазнає революційного перетворення бачення.

¹ Оригінально експериментував у цьому напрямку Дж. М. Стреттон: G. M. Stratton. *Vision without Inversion of the Retinal Image* // *Psychological Review*, IV, 1897, pp. 341-360, 463-481. Сучасніший розгляд дав Г. А. Карр: H. A. Carr. *An Introduction to Space Perception*. New York, 1935, pp. 18-57.

В досвіді з аномальними гральними картами, про що йшлося в VI розділі, випробувані переживають цілком аналогічну трансформацію. Доки випробувані завдяки тривалішій експозиції не зрозуміють, що існують і аномальні карти, вони сприймають лише ті типи карт, що дозволяють їм розпізнавати раніше отриманий досвід. Та, тільки досвід давав їм необхідні додаткові категорії, вони набували здатності помічати всі аномальні карти з першої ж перевірки, достатньо тривалої, щоб ідентифікація стала можливою. Інші експерименти показують, що сприйняття розміру, кольору та інших властивостей об'єктів в експерименті, також змінюється під впливом попереднього досвіду і навчання випробуваного². Огляд багатої експериментальної літератури, з якої ми взяли ці приклади, наводить на думку, що передумовою самого сприймання є певний стереотип, що нагадує парадигму. Те, що людина бачить, залежить і від того, на що він дивиться, і від того, що його навчив бачити попередній візуально-концептуальний досвід. Якщо ж такої навички немає, може бути, говорячи словами Вільяма Джемса, тільки «горох із капустою».

Останніми роками ті, хто цікавиться історією науки, вважали експерименти на зразок уже описаних нами, винятково важливими. Зокрема, Н. Гансон використовував гештальт-експерименти для дослідження деяких наслідків, до яких призводять наукові переконання, схожі на ті, про які я тут говорив³. Інші автори неодноразово відзначали, що історія науки могла бути кращою та усвідомленішою, якби спромоглася припустити, що учені час від часу зазнавали зрушень у сприйманні, подібному до щойно описаних. Однак, хоча психологічні експерименти і змушують задумуватися, за своєю природою вони не можуть бути більш ніж експериментами. Вони дають можливість розкрити характеристики сприймання, що могли бути центральними в розвитку науки, але вони не показують, що точно і контрольоване спостереження вченого-дослідника взагалі включає в себе ці характеристики. Крім того, сама природа таких

² Див., наприклад: A. H. Hastorf. The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance // *Journal of Psychology*, XXIX, 1950, pp. 195-217; J. S. Bruner, L. Postman, and J. Rodrigues. Expectations and the Perception of Color // *American Journal of Psychology*, LXIV, 1951, pp. 216-227.

³ N. R. Hanson. *Patterns of Discovery*. Cambridge, 1958, chap. I

експериментів робить будь-яку безпосередню демонстрацію цієї проблеми неможливою. Якщо історичний приклад закликаний показати, що психологічні експерименти вносять свій вклад у пояснення розвитку науки, то нам треба спершу визначити ті види доказів, які ми можемо і яких не можемо очікувати від історії.

Учасник гештальт-експериментів, знає, що його сприймання деформоване, адже він може не раз зрушити його в той чи інший бік, доки тримає в руках ту саму книгу або газетний аркуш. Розуміючи, що ніщо довкола нього не змінюється, він звертає увагу переважно не на зображення (качки або кролика), а на лінії на папері, який розглядає. Врешті-решт, він може навіть навчитися бачити ці лінії, не бачачи жодної фігури, і після цього може сказати (чого з повною підставою не міг зробити раніше), що бачить саме лінії, але при цьому бачить їх то як качку, то як кролика. Точно так само випробуваний в досвіді з аномальними картами знає (або, точніше, може бути впевнений), що його сприймання повинно бути деформоване, тому що зовнішній авторитет експериментатора переконує його, що незалежно від того, що він побачив, він весь час *дивився* на чорну чирвову п'ятірку. В обох цих випадках, як в усіх подібних психологічних експериментах, ефективність демонстрації залежить від можливостей аналізу в такий спосіб. Якби не було зовнішнього стандарту, стосовно якого реєструється перемикування бачення, то не можна було б і дійти висновку про альтернативні можливості сприймання.

Проте в науковому дослідженні складається прямо протилежна ситуація. Вчений може зважати тільки на те, що він бачить своїми очима або виявляє інструментально. Якби був вищий авторитет, звертаючись до якого можна було б показати наявність зрушення в баченні світу вченим, тоді цей авторитет сам собою мав би стати джерелом його даних, а характер його бачення став би джерелом проблем (як характер бачення випробуваного в процесі експерименту стає джерелом проблеми для психолога). Подібні проблеми такого ж роду могли б виникнути, якби вчений міг перемикати в той чи інший бік своє сприймання як випробуваний у гештальт-експериментах. Період, коли світло вважалось «то хвилею, то потоком часток», був періодом кризи — періодом, коли в атмосфері наукових досліджень витало передчуття якоїсь помилки, і він закінчився тільки з роз-

витком хвильовій механіки і усвідомленням того, що світло є самостійна сутність, відмінна і від хвилі, і від часточки. Відтак якщо в науках і перемикається сприймання, що супроводжує зміни парадигм, ми не можемо розраховувати на те, що вчені відразу ж уловлюють ці зміни. Вчений, який розглядає Місяць та визнає коперніканську теорію, не скаже: «Раніше я звичайно бачив планету, а тепер бачу супутник». Такий мовний зворот мав би сенс, якби система Птолемея була правильною. Замість цього учений, який визнає нову астрономію, скаже: «Раніше я вважав Місяць (або бачив Місяць) планетою, але я помилявся». Такий вид вислову повертає нас до наслідків наукової революції. Якщо таке висловлювання містить зрушення наукового бачення або якусь іншу трансформацію мислення, що має той самий результат, то ми не можемо розраховувати на безпосереднє свідчення про зрушення. Радше повинні дослідити побічні дані, вивчити діяльність ученого з новою парадигмою, що відрізняється від його колишньої діяльності.

Звернемося до фактів і подивимось, які види трансформації світу ученого може розкрити історик, що вірить у такі зміни. Відкриття Вільямом Гершелем Урану — перший приклад, причому такий, що значною мірою аналогічний експерименту з аномальними картами. Принаймні в сімнадцяти випадках між 1690 і 1781 роком чимало астрономів, в тому числі й кілька кращих спостерігачів Європи, бачили зірку в крапках, повз яку, як ми тепер вважаємо, у відповідний час мав проходити Уран. Один із кращих спостерігачів у цій групі астрономів справді бачив зірку чотири ночі поспіль у 1769 році, але не помітив руху, що могло б навести на думку про іншу ідентифікацію. Гершель, коли вперше спостерігав той самий об'єкт дванадцять років опісля, уже мав поліпшений телескоп власної конструкції. В результаті цього йому вдалося помітити видимий діаметр диску, що найменше незвичайний для зірок. Зважаючи на цю явну невідповідність, він відклав ідентифікацію до отримання результатів подальшого спостереження. Це спостереження виявило рух Урану відносно інших зірок, і через те Гершель оголосив, що він спостерігав нову комету! Лише через кілька місяців, після марних спроб втиснути спостережуваний рух в кометну орбіту, Лікселл припустив, що орбіта, напевне, є планетарною⁴.

⁴ P. Doig. A Concise History of Astronomy. London. 1950, pp. 115-116.

Коли це припущення прийняли, у світі професійних астрономів стало дещо менше зірок, а планет на одну побільшало. Небесне тіло, що спостерігалось час від часу протягом майже століття, почали розглядати інакше після 1781 року тому, що подібно до аномальної гральної карти, воно вже не відповідало категоріям сприймання (зірки або комети), які могла запропонувати парадигма, що домінувала раніше.

Однак зрушення сприймання, що дало астрономам можливість побачити Уран як планету, напевне, вплинуло не тільки на сприймання цього раніше спостереженого об'єкта. Його наслідки були значущішими. Можливо, хоч це й не цілком ясно, невелика зміна парадигми, викликана Гершелем, допомогла підготувати астрономів до швидкого відкриття після 1801 року безлічі малих планет, або астероїдів. Через те що астероїди надто малі, їхні зображення в телескопі не дають видимого диску — аномалія, що раніше насторожила Гершеля. Тим не менше астрономи, які готові тепер до відкриття додаткових планет, спромоглися за допомогою звичайних інструментів виявити 20 планет за перші 50 років XIX ст.⁵ Історія астрономії знає чимало інших прикладів змін у науковому сприйманні, викликані впливом на нього парадигми; окремо з цих прикладів не підлягають сумніву. Хіба можна, скажімо, вважати випадковістю, що астрономи на Заході вперше побачили зміну в раніше незмінних небесних явищах аж через півстоліття після того, як Копернік запропонував нову парадигму. Китайці, чиї космологічні уявлення не виключали подібних змін на небі, зафіксували появу безлічі нових зірок на небі в значно раніше. Крім того, навіть без допомоги телескопу китайці систематично відзначали появу сонячних плям за декілька століть до того, як їх спостерігали Галілей та його сучасники⁶. Відкриття сонячних плям і відкриття нової зірки не були єдиними прикладами змін у небесних явищах, що були визнані в західній астрономії відразу ж після створення теорії Коперніком. З допомогою традиційних інструментів, іноді таких примітивних, як шматок нитки, астрономи кінця XVII ст. не раз відкривали, що комети мандрують в космічному просторі,

⁵ R. Wolf. *Geschichte der Astronomie*. Munchen, 1877, S. 513-515, 683-693. Відзначимо, зокрема, складність вольфівського пояснення цих відкриттів як наслідків закону Бодє.

⁶ J. Needham. *Science and Civilisation in China*, III. Cambridge, 1959, pp. 423-429; 434-436.

який раніше вважав неподільним володінням незмінних зірок і планет⁷. Легкість і швидкість, з якою астрономи відкривали нові явища, коли спостерігали за старими об'єктами з допомогою старих інструментів, викликає бажання сказати, що після Коперніка астрономи стали жити в іншому світі. У всякому разі, зміни, які відбулися в їхніх дослідженнях, були такими, буцімто так було й треба.

Попередні приклади взяті з астрономії, позаяк повідомлення про спостереження небесних явищ часто формулюються за допомогою термінів, що стосуються до відносно чистого спостереження. Тільки в таких повідомленнях ми можемо сподіватися знайти повний паралелізм між спостереженнями учених і спостереженнями над випробуваними в психологічних експериментах. Але ми не мусимо наполягати на такій повній аналогії; ми багато в чому маємо виграти від послаблення нашої вимоги. Якщо задовольнитися звичайним вживанням слова «бачити», то ми легко спроможемо усвідомити, що вже зустрічалися зі численними іншими прикладами зрушень у науковому сприйманні, що супроводжують зміну парадигми. Таке розширене вживання термінів «сприймання» і «бачення» незабаром потребуватиме спеціального обґрунтування; але для початку дозвольте мені проілюструвати їхнє застосування на практиці.

Знову звернімо увагу на два нами раніше наведені приклади з історії електрики. Протягом XVII ст., коли дослідження вчених, що цікавляться електричними явищами, керувалося тією чи іншою теорією «витікання», вони часто бачили, як дрібні часточки відскакували або спадали з наелектризованих тіл, що притягують їх. Принаймні спостерігачі в XVII ст. стверджували, що вони бачили це явище; і в нас немає жодних підстав сумніватися в правильності їхніх повідомлень про сприймання більше, ніж наших власних. Використовуючи таку саму апаратуру, що й раніше, сучасний спостерігач міг бачити електростатичне відштовхування (а не механічне або гравітаційне відскакування), але історично (не зважаючи на один усіма проігнорований виняток) ніхто не бачив в цьому явищі електростатичного відштовхування як такого доти, доки потужна апаратура Гауксбі не дала змоги значно осилити цей ефект. Відштовхування після контактної електризації було, однак, лише одним з численних

⁷T. S. Kuhn. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass., 1957, pp. 206-209.

ефектів відштовхування, що їх побачив Гауксбі. Завдяки його дослідженням (якоюсь мірою подібних до тих, що мали місце при перемиканні гештальта) відштовхування одразу стало фундаментальним виявом електризації, і після цього залишалось тільки пояснити притягання⁸. Електричні явища, спостережувані на початку XVI ст., були і тоншими і різноманітнішими, ніж явища, що бачив спостерігач в XVII ст. Або інший приклад. Після засвоєння парадигми Франкліна дослідники електричних явищ, провадячи досліди з лейденською банкою, побачили щось відмінне від баченого раніше. Прилад став конденсатором, для якого не знадобилися ані форми банки, ані форми склянки. Замість цього були застосовані дві провідникові обкладки, одна з яких не була первісно частиною приладу. Як дискусії в книгах, так і ілюстрації до них свідчать, що дві металеві пластини з ізолятором між ними стали прототипом класу цих приладів⁹. Водночас були по-новому описані інші індукційні ефекти, а деякі взагалі спостерігалися вперше.

Зрушення такого роду не обмежуються сферою астрономії і електрики. Ми вже відзначили деякі подібні трансформації сприймання, що їх можна вивести з історії хімії. Ми говорили, що Лавуазьє побачив кисень там, де Прістлі бачив дефлогістоване повітря і де інші не бачили нічого взагалі. Однак, навчившись бачити кисень, Лавуазьє також мав би змінити свій погляд на багато інших, відоміших речовин. Він, наприклад, мав би побачити руду складного складу там, де Прістлі і його сучасники бачили звичайну землю; окрім цих, мали й інші подібні зміни. Хоч би як, внаслідок відкриття кисню Лавуазьє по-іншому бачив природу. Позаяк немає іншого вислову для цієї гіпотетично встановленої природи, яку Лавуазьє «бачив по-іншому», ми скажемо, керуючись принципом економії, що після відкриття кисню Лавуазьє працював в іншому світі.

Спробую надалі уникнути цього дивного мовного звороту, але спершу ми розглянемо додатковий приклад його вживання. Цей приклад взято з найвідомішої частини досліджень Галілея. З часу глибокої старовини багато хто бачив, як те чи інше важке тіло розгойдується на мотузці або ланцюжку доти, доки, зрештою, не досягне стану спокою. Для послідовників Аристотеля,

⁸ D. Roller and D. H. D. Roller. The Development of the Concept of Electric Charge. Cambridge, Mass., 1954, pp. 21-29.

⁹ Див. обговорення у VII розділі.

котрі вважали, що важке тіло рухається зі своєї власної природи з вищої точки до стану природного спокою в нижчій точці, розгойдане тіло було просто тілом, що падає, зазнаючи опору. Стримуване ланцюжком, воно могло досягти спокою в своїй нижчій точці тільки після коливального руху і значного інтервалу часу. З другого боку, Галілей, спостерігаючи за розгойданим тілом, побачив маятник як тіло, яке майже періодично рухається знову і знову, і так без кінця. Зумівши таке побачити (а цього вже було немало), Галілей спостерігав також інші властивості маятника і висунув чимало найзначніших ідей нової динаміки, що стосується цих властивостей. Скажімо, спостерігаючи властивості маятника, Галілей отримав свій єдиний важливий і серйозний аргумент на користь незалежності швидкості падіння від ваги, а також аргумент, що вказує на зв'язок між висотою і кінцевою швидкістю руху похилою площиною¹⁰. Всі ці явища природи Галілей бачив інакше, ніж їх уявляли до нього.

Чому ж зрушилося сприймання? Звичайно, певною мірою завдяки геніальності самого Галілея. Але зауважимо, геній не виявився тут в більшій точності або об'єктивності спостереження над розгойданим тілом. З описового боку сприймання Аристотеля було таким само точним. Коли Галілей повідомив, що період коливання маятника не залежить від амплітуди, якщо вона не перевищує 90°, його погляд на коливання маятника дозволив помітити набагато більше закономірностей, ніж ми можемо там побачити¹¹. Найочевидніше, до процесу такого відкриття долучається використання генієм можливостей свого сприймання, які допомогли здійснити зміну в парадигмі середньовічного мислення. Галілей отримав не таку освіту, як Аристотель. Навпаки, для нього було звичним аналізувати рух на основі теорії спонуки, пізнішої середньовічної парадигми, відповідно до якої безперервний рух важкого тіла зумовлений внутрішньою силою, вкладеною в нього творцем, котрий започаткував його рух. Жан Буридан і Миколай Орезм — схоласти XIV ст., котрі найзавершеніше сформулювали теорію спонуки, — були першими, хто розгледів в коливальних рухах якусь частину того, що згодом побачив там Галілей. Буридан описував

¹⁰ G. Galilei. *Dialogues concerning Two New Sciences*. Evanston, Ill., 1946, pp. 80-81, 162-166.

¹¹ *Ibid.*, pp. 91-94, 244.

рух вібруючої струни як рух, в якому спонукальна сила виникає в той момент, коли вдаряють по струні; спонукальна сила надалі витрачається коливанням струни, переборюючи її натяжку; натяжка після цього тягне струну назад, викликаючи зростання спонукальної сили доти, доки не досягається середня лінія коливань; після цього спонукальна сила тягне струну в протилежному напрямку; знову і знову виникає натяжка струни і так далі в симетричному процесі, що може тривати безконечно. Пізніше, в тому ж таки XIV ст. Орезм так само схематично проаналізував рух підвішеного каменя, і це можна вважати першим обговоренням проблеми маятника¹². Його погляд, очевидно, був дуже близьким до погляду Галілея, якого останній дотримувався, коли вперше почав розглядати коливання маятника. Принаймні в Орезма, і так само, майже безсумнівно, у Галілея, це був погляд, що забезпечив можливість переходу від вхідної аристотелівської до схоластичної парадигми прагнення до руху. Доки не було парадигми схоластів, учені не могли бачити жодних маятників, а тільки вантажі, які гойдалися. Маятники з'явилися завдяки зміні парадигми, що дуже нагадує перемикання гештальта.

Та чи є необхідність описувати те, що відрізняє Галілея від Аристотеля або Лавуазьє від Прістлі, як якусь трансформацію бачення? Чи справді ці дослідники *бачили* різноманітні речі, коли *розглядали* однотипні об'єкти? Чи доцільно взагалі говорити, що учені провадили свої дослідження в різних світах? Ці запитання не можна відкладати, бо, очевидно, є інший і набагато звичніший спосіб опису всіх історичних прикладів, про які йшлося. Численні читачі, звичайно, захочуть сказати: те, що ми називаємо зміною за допомогою парадигми, є тільки інтерпретація вченим спостережень, що самі собою зумовлені раз і назавжди природою доквілля і механізмом сприймання. З цього погляду Прістлі і Лавуазьє обидва бачили кисень, але інтерпретували свої спостереження по-різному; Аристотель і Галілей обидва бачили коливання маятника, але по-різному інтерпретували побачене.

Скажемо відразу, що ця дуже розповсюджена думка стосовно того, що відбувається, коли вчені змінюють свої погляди на фундаментальні питання, не може бути ані хибним поглядом,

¹² M. Clagett. *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison, Wis., 1959, pp. 537-538, 570.

ані просто помилкою. Скоріше це істотна частина філософської парадигми, запропонованої Декартом і розвиненою в той самий час, що й ньютонівська динаміка. Ця парадигма добре прислужилася і науці, і філософії. Її використання, як використання самої динаміки, було плідним для ґрунтовного виявлення того, що не можна було досягнути в інший спосіб. Однак, і про це свідчить та ж таки динаміка Ньютона, навіть надзвичайний успіх не гарантує, що кризу можна відстрочити на невизначений термін. Сьогодні в різноманітних галузях філософії, психології, лінгвістики і навіть історії мистецтва дослідники сходяться на тому, що традиційна парадигма так або інакше деформована. Ця недостатня придатність парадигми все більшою мірою виявляється історичним вивченням науки, на що переважно й спрямована тут наша увага.

Жоден з означених чинників, що сприяють розвитку кризи, не створив досі життєздатної альтернативи до традиційної епістемологічної парадигми, але вони поступово наводять на думку, якими мають бути деякі з характеристик майбутньої парадигми. Скажімо, я гостро усвідомлюю труднощі, породжені твердженням, що коли Арістотель і Галілей розглядали коливання каменів, то перший бачив падіння, що стримується ланцюжком, а другий — маятник. Ті ж самі труднощі, фундаментальніше представлені, навіть у зступній частині цього розділу: хоч світ і не змінюється зі зміною парадигми, після такої зміни вчений працює в іншому світі. Тим не менше, я впевнений, що треба навчатися осмислювати висловлювання, які принаймні схожі на ці. Те, що трапляється в період наукової революції, не можна повністю звести до нової інтерпретації окремих і незмінних фактів. По-перше, ці факти не можна без будь-яких застережень вважати незмінними. Маятник не є каменем, що падає, а кисень не є дефлогістованим повітрям. Отже, дані, що їх учений збирає з різноманітних об'єктів, самі собою, як ми побачимо незабаром, різноманітні. Ще важливіше, що процес, внаслідок якого або індивід, або співтовариство в своєму способі думання переходять від ланцюжка, що стримує падіння до коливання маятника або від дефлогістованого повітря до кисню, зовсім не нагадує інтерпретацію. Як можна було б її здійснити, якщо вчений не має твердих встановлених даних для того, щоб інтерпретувати? Приймаючи нову парадигму, він виступає не як інтерпретатор, а радше як людина, що дивиться через лінзу, що

перевертає зображення. Зіставляючи, як і раніше, одні й ті самі сукупності об'єктів і знаючи, що він чинить саме так як треба, вчений тим не менше виявляє, що вони опинилися перетвореними в багатьох своїх деталях.

Жодне з цих зауважень не ставить за мету, щоб показати, що вчені кожний по-своєму не інтерпретують даних. Навпаки. Галілей інтерпретував спостереження над маятником, Аристотель — над каменями, що падають, Мушенбрук — над полем зарядженої банки, а Франклін — над конденсатором. Але кожна з цих інтерпретацій припускала наявність парадигми. Ці інтерпретації складали елементи нормальної науки, тобто підприємство, що, як ми вже бачили, мало за мету вдосконалення, розширення і розробку вже наявної парадигми. В III розділі наводиться багато прикладів, коли інтерпретація відігравала провідну роль. Ці приклади типові для переважної частини досліджень. І в кожному з них учений завдяки прийнятій парадигмі знав, які існували дані, які інструменти могли бути використані для їхньої обробки і які поняття відповідають їхній інтерпретації. Якщо дана парадигма, то інтерпретація даних є основним елементом наукової дисципліни, що займається їхнім дослідженням.

Але інтерпретація — це й було основною темою попереднього розділу — може тільки розробити парадигму, але не виправити її. Парадигми взагалі не можуть бути виправлені в рамках нормальної науки. Замість цього, як ми вже бачили, нормальна наука зрештою приводить тільки до усвідомлення аномалій і до криз. А останні розв'язуються не внаслідок міркування і інтерпретації, а завдяки певною мірою несподіваній і неструктурній події на зразок перемикання гештальта. Після цієї події вчені часто говорять про «полуду, що спала з очей», або про «осіяння», що освітлює раніше занулену головоломку, тим самим пристосовуючи її компоненти так, щоб побачити їх в новому ракурсі, що вперше дозволить досягти її рішення. Буває, що відповідне осіяння приходить у сні¹³. Ані в жодному звичному сенсі слова термін «інтерпретація» не годиться для того,

¹³ J. Hadamard. *Subconscient intuition, et logique dans la recherche scientifique* (Conférence faite au Palais de la Découverte le 8 Décembre 1945 [Alençon, n. d.], pp. 7-8). Значно повніший розгляд, хоча вип'ячено обмежений математичними нововведеннями, див. у того ж таки автора: *The Psychology of Invention in the Mathematical Field*. Princeton, 1949.

щоб висловити такі пробліски інтуїції, завдяки яким народжується нова парадигма. Хоча ці інтуїції залежать від досвіду (як аномального, так і погодженого з наявними теоріями), досягнутого за допомогою старої парадигми, вони не є логічними або навіть фрагментарно пов'язаними з кожним окремо взятим елементом цього досвіду, як мало б бути при інтерпретації, замість цього вони складуть більші частини досвіду і перетворять їх на інший, надто відмінний досвід, відтоді з'єднаний своїми деталями не зі старою, а вже з новою парадигмою.

Щоб більше дізнатися про те, якими можуть бути відмінності в досвіді, потрібно повернутися до Аристотеля, Галілея і питання про маятник. Які дані робили взаємодію їхніх різноманітних парадигм і їхнього загального середовища доступною кожному з них? Розглядаючи падіння, що стримується ланцюжком, аристотеліанцям треба було вимірювати (або принаймні обговорювати — аристотеліанці рідко вимірювали) вагу каменя, висоту його вертикального падіння і час, потрібний йому, щоб досягти стану рівноваги. Ці поняття разом з уявленням про опір середовища були концептуальними категоріями, розглянутими аристотелівською наукою при аналізі тіла, що падає¹⁴. Нормальне дослідження, скероване ними, не могло створити законів, які відкрив Галілей. Воно могло лише призвести і призвело, хоча й іншим шляхом, до серії криз, з яких виникло уявлення Галілея про коливання каменя. В результаті цих криз та інших інтелектуальних змін, Галілей, окрім цього побачив коливання каменя цілком інакше. Праці Архімеда про плавання тіл дали змогу вважати середовище неістотним чинником; теорія спонуки уявила рух симетричним і безперервним. А неоплатонізм спрямував увагу Галілея на чинник руху по колу¹⁵. Відтак він вимірював тільки вагу, радіус, кутове зміщення і період коливань, що були задані точно, через що їх можна було розтлумачити таким чином, що опісля з'явилися закони Галілея для маятника. В цьому разі інтерпретація виявилася майже зайвою. Якщо приймалися парадигми Галілея, то закономірності, подібні до закономірностей коливання маятника, були майже придатними для перевірки. Справді, як інакше пояснимо відкриття

¹⁴ T. S. Kuhn. A Function for Thought Experiments, in: *Mélanges Alexandre Koyré*, ed. R. Taton and I. B. Cohen, Hermann, Paris, 1964.

¹⁵ A. Koyré. *Etudes Galiléennes*. Paris, 1939, I, pp. 46-51; and *Galileo and Plato* // *Journal of the History of Ideas*, IV, 1943, pp. 400-428.

Галілея, що період коливання гирі маятника цілком незалежний від амплітуди, відкриття, що його нормальна наука, починаючи з Галілея, змушена була вирвати з коренем, і яке ми тепер зовсім не можемо документально підтвердити. Закономірності, які не могли існувати для аристотеліанців (і яких фактично ніколи не потверджували спостереження), для людини, що, як Галілей, спостерігає за коливанням каменя, були висновками з безпосереднього досвіду.

Можливо, цей приклад занадто фантастичний, бо аристотеліанці не записували жодних обговорень про коливання вантажів. Для їхньої парадигми це було надзвичайно складно. Але аристотеліанці справді обговорювали простіший випадок вільного падіння вантажу, виявляючи ті ж самі ознаки в баченні. Міркуючи над падінням каменя, Аристотель бачив зміну його стану, а не процес. Тому й вимірював рух загальною пройденою відстанню і загальним часом руху — параметрами, які визначають те, що сьогодні можна назвати не швидкістю, а середньою швидкістю¹⁶. Так само Аристотель у зв'язку з тим, що камінь був спрямований своєю природою до досягнення кінцевого пункту спокою, вважав головним параметром для будь-якого моменту руху відстань до кінцевої точки, а не відстань від початку руху¹⁷. Ці концептуальні параметри складають основу і визначають сенс більшості його добре відомих «законів руху». Однак частково за допомогою парадигми спонукальної сили, частково шляхом концепції, відомої як доктрина множинності форм, схоластична критика відійшла від подібного способу розгляду руху. Камінь, що рухається під дією спонукальної сили, накопичує її все більше і більше у міру того, як віддаляється від початкового пункту; отже, відповідним параметром стає відстань від початку, а не відстань до кінця руху. Крім того, аристотелівське поняття швидкості схоласти розщепили на поняття, що невдовзі після Галілея стали відповідати нашим поняттям середньої швидкості і миттєвої швидкості. Та якщо дивитися через призму парадигми, елементами якої були ці поняття, то в падінні каменя, подібно до коливання маятника, безпосередньо виявляються закони, що цим падінням керують. Галілей не був серед перших, хто припустив, що камені падають з постійним при-

¹⁶ T. S. Kuhn. A Function for Thought Experiments, in: *Mélanges Alexandre Koyré*.

¹⁷ Koyré. *Etudes...* II, pp. 7-11.

скоренням¹⁸. Крім того, теорему з цього приводу він довів разом із численними її наслідками для своїх експериментів на похилій площині. Ця теорема була ще однією теоремою в структурі нових закономірностей, доступних генію в світі, що визначався спільно природою і парадигмами і в якому Галілей і його послідовники були виховані. Живши в цьому світі, Галілей, тим не менше міг би в разі необхідності пояснити, чому Аристотель бачив світ саме так, як він його бачив. Проте безпосередній зміст дослідів Галілея з каменями, що падають, був зовсім інший, ніж у Аристотеля.

Звичайно, з цього в жодному разі не випливає, що ми зацікавлені в «безпосередньому досвіді», тобто в характерних рисах сприймання, які парадигма так явно висуває на перший план, що вони самі собою виявляють свої закономірності. Характерні риси сприймання мають, очевидно, змінюватися з прийняттям ученим певних зобов'язань щодо парадигми, але ці риси далеко не такі, які ми звичайно маємо на увазі, коли говоримо про необроблені дані або про безпосередній чуттєвий досвід, з яких належить починати наукове дослідження. Можливо, безпосередній досвід слід було б залишити осторонь як таємничий флюїд і замість цього обговорювати конкретні операції і виміри, які учений виконує в лабораторії. Чи, можливо, аналіз слід розповсюдити на сферу, ще дальшу від безпосередніх даних. Його можна було б здійснити, скажімо, в термінах якоїсь нейтральної мови спостереження, мови, певно призначеної привести у відповідність зі зображенням на сітківці ока те середовище, яке бачить учений. Тільки на одному з цих шляхів ми можемо сподіватися відновити галузь, де досвід знов набуває тривалості раз і назавжди — де коливання маятника і стримуване падіння будуть не різними за сприйманням, а скоріше різними інтерпретаціями безсумнівних даних, отриманих на основі спостереження розгойданого каменя.

Але чи є чуттєвий досвід постійним і нейтральним? Чи є теорії просто результатом інтерпретації людиною отриманих даних? Епістемологічна думка, якої найчастіше керувалася західна філософія протягом трьох століть, стверджує відразу ж і недвозначно — так! Не маючи бодай якоїсь розвиненої альтернативи, вважаю неможливим повністю зректися цієї думки. Але вона більше не функціонує ефективно, а спроби покращити її через

¹⁸ Clagett, *Op. cit.* chaps., IV, VI and IX.

вступ нейтральної мови спостереження сьогодні видаються мені безнадійними.

Операції й виміри, проваджені ученим у лабораторії, не є «готовими даними» досвіду, а радше даними, «зібраними великою працею». Вони не є тим, що учений бачить, принаймні до того, як його дослідження дасть перші плоди і його увага зосередиться на них. Скоріше вони є конкретними вказівками на зміст елементарніших сприймань, і як таких їх взяли для ретельного аналізу в річищі нормального дослідження тільки тому, що обіцяють багаті можливості для успішної розробки прийнятої парадигми. Операції й виміри детерміновані парадигмою набагато явніше, ніж безпосередній досвід, з якого вони частково походять. Наука не має справи з усіма можливими лабораторними операціями. Замість цього вона добирає операції, доречні з погляду зіставлення парадигми з безпосереднім досвідом, який ця парадигма частково визначає. Через це, за допомогою різноманітних парадигм учені займаються конкретними лабораторними операціями. Виміри, які треба було виконати в експерименті з маятником, не відповідають вимірам в разі стримуваного падіння. Так само операції, придатні для виявлення властивостей кисню, не однакові з операціями, що їх використовували у дослідженні характеристик дефлогістованого повітря.

Щодо мови чистого спостереження, то, можливо, вона ще буде створена. Але по трьох століттях після Декарта наші сподівання на таку можливість все ще залежать винятково від теорії сприймання і розуму. А сучасна психологічна експериментальна діяльність швидко примножує явища, з якими така теорія ледь чи може зпоратися. Експерименти з качкою і кроликом показують, що дві людини з одним й тим самим зображенням на сітківці ока можуть бачити різні речі; лінзи, які перевертають зображення, свідчать, що дві людини з різними зображеннями на сітківці очей можуть бачити одну і ту саму річ. Психологія дає безліч інших очевидних фактів подібного ефекту, і сумніви, що впливають з цього, легко посилює історія спроб уявити фактичну мову спостереження. Жодна сучасна спроба досягти такого фіналу досі не підвела навіть близько до загальної мови чистих сприймань. Ті самі спроби, що підвели найближче до цієї мети, мають одну загальну характеристику, що значно підкріплює основні тези нашого нарису. Вони від самого початку припускають наявність парадигми, взятої або з даної наукової

теорії, або фрагментарних міркувань з позицій здорового сенсу, а після цього намагаються елімінувати з парадигми всі нелогічні і неперцептуальні терміни. В деяких сферах обговорення ці зусилля привели до далекосяжних і багатообіцяючих результатів. Не має жодного сумніву, що такі зусилля заслуговують на продовження. Але їхнім результатом виявляється мова, яка, подібно до мов, розповсюджених у науках, включає безліч припущень щодо природи і перестає функціонувати тоді, коли ці припущення не виправдуються. Нельсон Гудмен точно вказує на цей момент, коли описує завдання своєї праці «Структура явища»: «Це щастя, що нічого [окрім явищ, існування яких відомо] більше з'ясовувати, позаяк поняття «можливих» випадків, що ще не існують, але можуть існувати, дорешти не з'ясоване»¹⁹. Жодна мова, що обмежується подібним описом світу, відомого вичерпно і заздальгідь, не може дати нейтрального і об'єктивного опису «даного». До того ж філософські дослідження навіть не натякають на те, якою має бути мова, здатна на щось подібне.

У такій ситуації принаймні можна припустити, що вчені мають сенс у принципі, як і на практиці, коли тлумачать кисень і маятники (а, можливо, також атоми і електрони) як фундаментальні інгредієнти їхнього безпосереднього досвіду. Внаслідок цього світ ученого, що являє собою втілений в парадигмі досвід раси, культурної групи і, нарешті, професії, має бути заповнений планетами і маятниками, конденсаторами і складними рудами та іншими подібними об'єктами. Порівняно з цими об'єктами сприймання читання показань стрілки вимірювального пристрою і зображення на сітківці ока є ретельно розробленими конструкціями, до яких досвід має безпосередній стосунок тільки тоді, коли учений для спеціальної мети свого

¹⁹ N. Goodman. *The Structure of Appearance*. Cambridge, Mass., 1951, pp. 4-5. Це місце варто процитувати повніше: «Якщо 1947 року всі ті і тільки ті постійні мешканці Вілмінгтона, що важили від 175 до 180 фунтів, мали руде волосся, тоді «постійні мешканці Вілмінгтона з рудим волоссям у 1947 році» і «постійні мешканці Вілмінгтона, що важать від 175 до 180 фунтів у 1947 році», можуть бути об'єднані в конструктивному визначенні... Питання про те, «чи може бути» такий суб'єкт, якому можна приписати той, а не інший предикат, не має жодного значення... якщо ми визначили, що не може бути таких людей... Це щастя, що нічого більше з'ясовувати, позаяк поняття «можливих» випадків, що ще не існують, але можуть існувати, дорешти не вияснене».

дослідження пристосовує щось так, як потрібно в тому чи іншому випадку. Не слід вважати, що коли учений спостерігає за розгойданим каменем, то єдине, що він бачить, — маятник. (Ми вже відзначали, що члени іншого наукового співтовариства могли бачити падіння, що стримується.) Однак слід вважати, що вчений, який дивиться на розгойданий камінь, може не мати досвіду, який в принципі елементарніший, ніж сприймання коливання маятника. Інша можливість полягає не в якомусь гіпотетично «закріпленому» сприйманні, а в сприйманні за допомогою іншої парадигми, яка щось додає до сприймання розгойданого каменя.

Усе це може виглядати обгрунтованішим, якщо знову згадати, що ані учений, ані дилетант не призвичаєні бачити світ частинами або пункт за пунктом. Якщо не зважати на випадок, коли всі концептуальні та операціональні категорії підготовлені заздалегідь (скажімо, для відкриття ще одного трансуранового елемента або для того, щоб побачити новий будинок), і учений і дилетант із плину досвіду вирізнять цілі сфери. Дитина, що переносить слово «мама» з усіх людей на усіх жінок, а після цього на свою матір, також не просто дізнається, що означає слово «мама» або ким є його мати. Водночас вона засвоює і деякі відмінності між чоловіками і жінками, а також манеру поведінки що до неї, характерну тільки для однієї жінки з усіх. Її реакції, очікування і переконання (більша частина його сприймання світу) змінюються відповідно. З тієї ж причини коперніканці, що зреклися традиційного визначення сонця «планетою», не тільки отримали знання того, що охоплює слово «планета» або чим є сонце. Замість цього вони змінили значення слова «планета» так, що воно змогло як колись сприяти корисним розрізненням у світі, де всі небесні тіла, не тільки сонце, сприймалися по-іншому, ніж вони видавалися до цього. Такий погляд можна було б обстоювати щодо будь-якого раніше наведеного нами прикладу. Бачити кисень замість дефлогізованого повітря, конденсатор замість лейденської банки або маятник замість стримуваного падіння — це тільки одна частина в загальному зрушенні наукового бачення сили-силенної розглянутих хімічних, електричних або динамічних явищ. Парадигми визначають більші сфери досвіду водночас.

Однак цей пошук операціонального визначення або чистої мови спостережень можна почати лише після того, як досвід

буде таким чином детермінований. Учений або філософ, котрий запитує, які виміри або зображення на сітківці ока роблять маятник тим, чим він є, мусить уже вміти розпізнати маятник, коли побачить його. Якщо замість цього він побачив стримуване ланцюжком падіння, то такого запитання від нього навіть не очікуйте. А якщо він побачив маятник у тому ж самому вигляді, в якому бачив камертон або ваги, що хитаються, то на його запитання не можна відповісти. Принаймні на нього не можна відповісти у той самий спосіб, адже в такому разі це не буде відповіддю саме на конкретне запитання. Отже, запитання про зображення на сітківці або про послідовність спеціальних лабораторних операцій, хоч вони завжди правильні, а іноді й надвичайно плідні, припускають світ уже певним способом розчленованим перцептуально та концептуально. В деякому сенсі такі запитання є елементами нормальної науки, бо вони залежать від існування парадигми і припускають різноманітні відповіді внаслідок зміни парадигми.

Щоб закінчити цей розділ, залишимо осторонь розгляд зображення на сітківці ока і знову обмежимо увагу лабораторними операціями, що забезпечують ученого хоч і фрагментарними, зате конкретними вказівками на те, що він уже бачив. Один із способів, у який лабораторні операції змінюються за допомогою парадигм, уже розглядався неодноразово. Після наукової революції безліч старих вимірів і операцій стають недоцільними і замінюються відповідно іншими. Не можна застосовувати одні й ті самі перевірочні операції і до кисню, і до дефлогізованого повітря. Але подібні зміни ніколи не бувають усезагальними. Хоч би що учений після революції побачив, він все ще дивиться на той самий світ. Більше того, значна частина мовного апарату, як і частина лабораторних інструментів, все ще залишаються такими ж, якими були до наукової революції, хоч учений може почати використовувати їх по-новому. Відтак наука після періоду революції завжди включає безліч тих же самих операцій, здійснюваних тими самими інструментами, і описує об'єкти в тих само термінах, Що й до революції. Якщо всі ці усталені маніпуляції взагалі піддаються зміні, то вона має стосуватися або їхнього ставлення до парадигми, або конкретних результатів. Тепер на підставі останнього прикладу, який я наводжу нижче, я вважаю, що мають місце обидва види змін. Розглядаючи праці Дальтона і його сучасників, ми побачимо, що одна і

та сама операція, якщо її застосовувати до природи через іншу парадигму, може свідчити про цілком інший бік закономірності природи. Крім того, ми побачимо, що зрідка стара маніпуляція, виступаючи в новій ролі, дасть інші конкретні результати.

Протягом великого періоду XVIII ст. і в XIX ст. майже всі європейські хіміки вірили, що елементарні атоми, з яких складаються всі хімічні речовини, утримуються разом силами взаємної спорідненості. Так шматок срібла становить єдність через силу спорідненості часток срібла (до періоду після Лавуазьє ці частки мислились як складені зі ще елементарніших часток). За цією ж таки теорією срібло розчиняється в кислоті (або сіль — у воді) тому, що частки кислоти притягають частки срібла (або частки води притягають частки солі) дужче ніж частки речовин, що розчиняються, притягаються одне до одного. Або інший приклад. Мідь повинна розчинятися в розчині срібла з випаданням срібла в осад, тому що спорідненість кислоти і міді дужча, ніж спорідненість кислоти і срібла. Безліч інших явищ було розтлумачено так само. У XVIII ст. теорія вибіркової спорідненості була чудовою хімічною парадигмою, що широко й іноді успішно використовується при постановці хімічних експериментів і аналізі їхніх результатів²⁰.

Однак теорія спорідненості різко вирізняла фізичні суміші від хімічних сполук, та ще й робила це в спосіб, що став незвичайним після визнання праць Дальтона. Хіміки XVIII ст. визнавали два види процесів. Коли змішування викликало виділення тепла, світла, бульбашок газу або якісь подібні ефекти, то в цьому разі вважалося, що відбувається хімічне сполучення. Якщо, з другого боку, частки в суміші можна було розрізнити візуально або відділити механічно, то це було лише фізичне змішування. Але у величезній кількості проміжних випадків (розчинення солі у воді, сплави, скло, кисень в атмосфері і так далі) такі грубі критерії давали мало користі. Керовані своєю парадигмою, більшість хіміків розглядали весь цей проміжний ряд як хімічний, тому що процеси, властиві йому, цілком керувалися силами одного й того ж типу. Сіль і вода, кисень і азот якраз давали такий само приклад хімічної сполуки, як і сполуки, утвореної внаслідок окислення міді. Аргументація на користь

²⁰ Н. Metzger. Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique. Paris. 1930, pp. 34-68.

того, щоб розглядати розчини як хімічні сполуки, була дуже ваговою. Теорія спорідненості у свою чергу добре підтверджувалася. Крім того, утворення сполуки пояснювали спостережуваною гомогенністю розчину. Наприклад, якщо кисень і азот були тільки сумішшю, а не з'єднані в атмосфері, тоді важчий газ, кисень, мав би осідати на дно. Дальтон, що вважав атмосферу сумішшю, ніколи не міг задовільно пояснити той факт, що кисень поводиться інакше. Сприймання його атомістичної теорії, зрештою, породило аномалію там, де її до того не було²¹.

Мимоволі хочеться сказати, що різниця поглядів хіміків, що розглядали розчини як сполуки, від поглядів їхніх наступників стосувалася тільки визначень. Стосовно одного справа могла бути саме такою. Але цей момент полягає не в тому, що перетворює визначення на прості конвенціональні вигоди. У XVIII ст. хіміки не могли повною мірою відрізнити за допомогою операціональних перевірок суміші від сполук, можливо, їх і не можна було відрізнити на рівні розвитку тогочасної науки. Навіть якщо хіміки вдавалися до таких перевірок, вони повинні були б шукати критерій, що дозволив би розглядати такий розчин як сполуку. Розрізнення суміші та розчину становило елемент їхньої парадигми — елемент того способу, в який хіміки розглядали всю сферу дослідження, — і як такий він був пріоритетним щодо будь-якого окремо взятого лабораторного експерименту, але не стосовно накопиченого досвіду хімії в цілому.

Та позаяк хімію розглядали під таким кутом зору, хімічні явища стали прикладами законів, відмінних від тих, що виникли з прийняттям нової парадигми Дальтона. Зокрема, доки розчини розглядали як сполуки, жодні хімічні експерименти, хоч би скільки їх ставили, не могли самі собою привести до закону кратних відношень. Наприкінці XVIII ст. було широко відомо, що деякі сполуки, зазвичай, характеризувалися кратними ваговими відношеннями своїх компонентів. Для певних категорій реакцій німецький хімік Ріхтер отримав навіть додаткові закономірності, що нині включаються до закону хімічних еквівалентів²². Але жоден хімік не використовував ці закономірності, якщо не зва-

²¹ Ibid., pp. 124-129, 139-148. Про Дальтона див.: L. K. Nash. The Atomic-Molecular Theory // Harvard Case Histories in Experimental Science, Case 4. Cambridge, Mass., 1950, pp. 14-21.

²² J. R. Partington. A Short History of Chemistry. 2d ed. London, 1951, pp. 161-163.

жати на рецепти, і жоден з них майже до кінця століття не подумав про те, щоб узагальнити їх. Якщо й спостерігалися очевидні контрприкладі, подібно до склу або розчиненню солі у воді, то все-таки жодне узагальнення не було можливе без відмови від теорії спорідненості і без перебудови концептуальних меж сфери хімічних явищ. Такий висновок став неминучим до самого кінця століття після знаменитої дискусії між французькими хіміками Прустом і Бертолле. Перший заявляв, що всі хімічні реакції відбувалися в постійних пропорціях, а другий заперечував це. Кожний одібрав переконливе експериментальне підтвердження для свого погляду. Тим не менш двоє учених сперечалися один із одним, хоча результати їхньої дискусії були цілком непереконливі. Там, де Бертолле бачив сполуки, що могли міняти пропорції своїх компонентів, Пруст бачив тільки фізичну суміш²³. Це питання неможливо було з'ясувати ані експериментом, ані зміною конвенційного визначення. Два дослідники так само фундаментально розходилися, як Галілей і Аристотель.

Такою була ситуація в ті роки, коли Дальтону вдалося дослідження, що, зрештою, привело його до знаменитої атомістичної теорії в хімії. Але до найостанніших стадій цих досліджень Дальтон не був хіміком і не цікавився хімією. Він був метеорологом, котрий цікавився (для себе) фізичними проблемами абсорбції газів у воді і води в атмосфері. Почасти через те, що його навички були набуті для іншої спеціальності, а почасти внаслідок роботи за своєю спеціальністю він підходив до цих проблем під кутом зору парадигми, що вирізняється від парадигми сучасних йому хіміків. Зокрема, він розглядав суміш газів або поглинання газів у воді як фізичний процес, в якому види спорідненості не відігравали жодної ролі. Тому для Дальтона спостережувана гомогенність розчинів була проблемою, але проблемою, яку, він вважав, можна розв'язати, якщо буде можливість визначити відносні об'єми і ваги різноманітних атомних часток в його експериментальній суміші. Треба було визначити ці розміри і вагу. Це завдання й змусило, зрештою, Дальтона звернутися до хімії, підказавши йому з самого початку припущення, що у певній обмеженій низці реакцій, розглядуваних як хімічні, атоми можуть комбінуватися тільки стосовно один

²³ A. N. Meldrum. The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions // Manchester Memoirs, LIV, 1910, pp. 1-16.

одного або в якійсь іншій простій, цілочисельній пропорції²⁴. Це природне припущення допомогло йому визначити розміри і вагу елементарних часток, проте й перетворило закон постійності відношень на тавтологію. Для Дальтона будь-яка реакція, компоненти якої не підкорялися кратним відношенням, не була ще *ipso facto* (завдяки цьому) суто хімічним процесом. Закон, який не можна було встановити експериментально до праці Дальтона, з визнанням цієї праці стає конститутивною засадою, в силу якої жоден ряд хімічних вимірів не може бути порушений. Після праць Дальтона ті самі, що й раніше, хімічні експерименти стали основою для цілком інших узагальнень. Ця подія може бути для нас чи не кращим із типових прикладів наукової революції.

Зайве казати, що висновки Дальтона, вперше представлені на обговорення, зазнали нападок. Зокрема, Бертолле так ніколи і не вдалося в цьому переконати. Причому, якщо дивитися в корінь питання, то слід визнати, що Бертолле і не вимагав цього. Але для більшості хіміків нова парадигма Дальтона виявилася переконливою там, де парадигма Пруста була вразливою, бо її висновки були набагато місткіші і значніші, ніж тоді, коли вона була б просто новим критерієм для розрізнення суміші і сполуки. Скажімо, якщо атоми могли з'єднуватися хімічно, тільки в простих цілочисельних пропорціях, то перегляд тодішніх хімічних даних мав би розкрити приклади як кратних, так і постійних співвідношень. Хіміки перестали писати, що двоокис, скажімо, вуглецю містить 56% і 72% ваги кисню. Замість цього вони почали писати, що одна вагова частина вуглецю з'єднується або з 1,3 або з 2,6 ваговими частинами кисню. Коли результати старих лабораторних операцій записали так саме, відношення 2 : 1 стало самоочевидним; те саме спостерігалось при аналізі багатьох добре відомих реакцій і, крім того, багатьох нових. Додамо до цього, що парадигма Дальтона зробила можливим збагнути праці Ріхтера і визнати загальний характер її висновків. До того ж вона навела на думку провести нові експерименти, зокрема експерименти Гей-Люссака, що стосуються обсягу з'єднуваних газів, а вони, своєю чергою, виявили інші закономірності, про які раніше хіміки і не здогадувалися. Хіміки взяли у Дальтона не нові експериментальні закони, а новий спосіб провадження хімічних досліджень (сам

²⁴ L. K. Nash. The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory // Isis, XLVII, 1956, pp. 101-116.

Дальтон називав це «новою системою філософії хімії»), і цей спосіб виявився таким плідним, що тільки дехто з хіміків старшої генерації у Франції та Англії спромігся опиратися йому²⁵. В результаті хіміки почали працювати в новому світі, де реакції відбувалися цілком інакше, ніж раніше.

Позаяк цей процес тривав, виникли і інші характерні і дуже важливі зміни. Тут і там почали оновлюватися власне кількісні дані. Коли Дальтон уперше аналізував літературу з хімії в пошуках даних для обґрунтування своєї фізичної теорії, він виявив декілька придатних записів реакцій, однак навряд чи можливо, що він не зустрівся з іншими записами, що були для нього непридатними. Власні виміри Пруста, що стосуються реакцій з двоокисом міді, наприклад, показали, що вагове відношення кисню в них складає 1,47 : 1, а не 2 : 1, як вимагала атомістична теорія; Пруст був якраз тим дослідником, від якого можна було очікувати віднаходження тих пропорцій, що відкрив Дальтон²⁶. Інакше кажучи, він був чудовим експериментатором, і його погляд на відношення між сумішами і сполуками близька до погляду Дальтона. Але не так легко змусити природу задовольняти вимоги відповідної парадигми. Ось чому головоломки нормальної науки такі привабливі, а виміри, що вживаються без парадигми, так рідко приводять до якихось результатів взагалі. Відтак хіміки не могли просто прийняти теорію Дальтона як очевидну, бо багато тодішніх фактів свідчило зовсім не на її користь. Більше того, навіть після прийняття теорії вони повинні були змагатися з природою, прагнучи погодити її з теорією, і цей рух за інерцією якоюсь мірою захопив навіть наступну генерацію хіміків. Коли це сталося, навіть відсотковий склад добре відомих сполук виявився іншим. Змінилися самі дані. Це останнє, що ми маємо на увазі, коли говоримо, що після революції учені працюють в іншому світі.

²⁵ A. N. Meldrum. The Development of the Atomic Theory: (6) The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton // Manchester Memoirs, LV, 1911, pp. 1-10.

²⁶ Про Пруста див.: A. N. Meldrum. Berthollet's Doctrine of Variable Proportions // Manchester Memoirs, LIV, 1910, p. 8. Докладне висвітлення історії поступових змін у вимірах хімічного складу і ваги атомів ще треба здійснити, але Партингтон в творі, що цитується вище, висуває багато ідей, які наводять на правильне вирішення питання.

XI. Невидимість революцій

Маємо ще розглянути питання про те, як закінчуються наукові революції. Та перед тим, як перейти до цього, необхідно зміцнити впевненість у їхньому існуванні й розуміння їхньої природи. Я намагався докладно розкрити суттєвість революцій в науці на ілюстраціях, і приклади можна було б примножити *ad nauseam* (до відрази). Але, очевидно, багато з них, свідомо взяті з огляду на те, що їх усі знають, звичайно розглядалися не як революції, а як застосування вже наявного наукового знання. Так само можна розглядати і будь-які інші ілюстрації, які через це були б неефективними. Припускаю, що є вагоміші підстави, в силу яких революції виявляються майже невидимими. І вчений, і дилетант запозичують безліч своїх уявлень про творчу наукову діяльність з авторитетного джерела, що систематично маскує (почасти внаслідок важливих функціональних підстав) існування і значення наукових революцій. Тільки коли природу цього авторитету усвідомили і проаналізували, можна сподіватися зробити історичний приклад найефективнішим. Крім того, хоча цей погляд може бути повністю розвинений тільки в завершальному розділі нарису, необхідно вказати на один з аспектів наукової роботи, що найкраще увиразнює її з-поміж інших творчих пошуків, за винятком, можливо, теології. З цього й почнемо свій аналіз.

Говорячи про джерело авторитету, маю на увазі переважно підручники з різноманітних галузей знання, а також популярні і філософські праці, що ґрунтуються на них. До недавнього часу жодне інше вагоме джерело інформації про досягнення науки не було доступне, виключаючи саму практику наукового дослідження. Усі ці три категорії інформації мають щось спільне. Вони звернуті до вже розробленої структури проблем, даних і теорії. Найчастіше вони звернуті до одиничної системи парадигм, з якими наукове співтовариство пов'язує себе до того

часу, коли парадигми вже викладені. Мета підручників полягає в навчанні словнику і синтаксису сучасної наукової мови. Популярна література прагне описати ті ж самі прикладання (applications) мовою, ближчою до мови повсякденного життя. А філософія науки, особливо у світі, який розмовляє англійською, аналізує логічну структуру того самого закінченого знання. Хоч всебічніший підхід порушив би надто реальні відмінності між трьома означеними джерелами інформації, для нас значно цікавіше подивитися на їхню схожість. Усі три види інформації описують встановлені досягнення минулих революцій і таким чином розкривають основу сучасної традиції нормальної науки. Для виконання своєї функції вони не потребують вірогідних відомостей про ті способи, в які ці підстави були вперше знайдені і після цього їх прийняли учені-професіонали. Тому принаймні підручники вирізняються особливостями, що постійно дезорієнтуватимуть читачів.

Ми зазначали в II розділі, що зростання довіри до підручників або книг, що їх замінюють, було постійним чинником, супутнім появі першої парадигми в будь-якій сфері науки. В останньому розділі цього нарису буде стверджуватися, що перевага зрілої науки, яку вона одержує завдяки таким підручникам, значно відрізняє модель її розвитку від моделі розвитку інших галузей культури. Як зрозуміле само собою, припустимо, що знання про науку і аматора, і фахівця ґрунтуються — як у жодній іншій сфері — на підручниках і деяких інших видах літератури, близьких до них. Однак підручники, будучи педагогічним засобом для увічнення нормальної науки, треба переписувати цілком або частково щоразу, коли мова, структура проблем або стандарти нормальної науки змінюються після кожної наукової революції. І як тільки ця процедура перекроювання підручників завершується, вона неминучо маскує не тільки роль, а й існування революцій, завдяки яким вони побачили світ. Якщо людина сама не зазнала в своєму житті революційної зміни наукового знання, то її історичне розуміння, чи вона вчений чи непрофесійний читач навчальної літератури, розповсюджується лише на підсумок останньої революції, у певній науковій дисципліні.

Отож, підручники починають із того, що звужують вченим відчуття історії даної дисципліни, а після цього підсовують сурогати утворених порожнин. Характерно, що навчальні підруч-

ники включають лише невелику частину історії — або в передмові, або, набагато частіше, в розкиданих зносках про великі особистості минулих сторіч. За допомогою таких посилань і студенти і вчені-професіонали почуваються причетними до історії. Але та історична традиція, що її отримують з підручників і до якої таким чином залучають учених, фактично ніколи не існувала. З очевидних, і значною мірою визначених самим призначенням підручників причин, останні (а також численні старі роботи з історії науки) відсилають тільки до тієї частини праць учених минулого, яку можна легко сприйняти як внесок у постановку і розв'язання проблем, що відповідають прийнятій в підручнику парадигмі. Почасти внаслідок одбору матеріалу, а почасти внаслідок його викривлення учені минулого беззастережно зображаються як учені, що працювали в тому ж самому колі постійних проблем і з тим самим набором канонів, за якими остання революція в науковій теорії і методі закріпила прерогативи науковості. Не дивно, що підручники і історична традиція, яку вони містять, треба переписувати ще раз після кожної наукової революції. І не дивно, що, як тільки їх переписують, наука в новому викладенні щоразу набуває значною мірою зовнішніх ознак кумулятивності.

Звичайно, вчені не складають єдиної групи, що прагне розглядати попередній розвиток своєї дисципліни як лінійно спрямований до її нинішніх висот. Спокуса переписати історію ретроспективно завжди була повсюдною і непереборною. Але вчені частіше спокушаються переінакшувати історію почасти через те, що результати наукового дослідження не виявляють жодної очевидної залежності від історичного контексту розглядуваного питання, а почасти тому, що, за винятком періоду кризи і революції, позиція вченого видається неворушною. Більша деталізація історичних фактів (незалежно від того, чи береться наука теперішня чи попередня) і завдяки цьому більша відповідальність перед історичними подробицями, що викладаються в літературі, можуть надати тільки штучного статусу індивідуальному стилю роботи, помилкам і плутанині. Постає питання, навіщо зводити у достойність те, що чудовим і самим наполегливим зусиллям науки відкинуте? Недооцінка історичного факту глибоко і, певне, функціонально тривко вкоренилася в ідеології науки як професії, такої професії, що ставить над усе цінність фактичних подробиць іншого (неісторичного) виду.

Уайтхед добре вловив неісторичний дух наукового співтовариства, коли писав: «Наука, що не наважується забути своїх засновників, загинула». Тим не менше, він зовсім не мав рації, бо наука, як інші підприємства, потребує своїх героїв і зберігає їхні імена. На щастя, замість, забувати своїх героїв, учені завжди мають можливість забути (або переглянути) їхні праці.

Отак і з'являється наполеглива тенденція уявити історію науки в лінійному і кумулятивному вигляді — тенденція, що впливає на погляди учених навіть тоді, коли вони озираються на власні дослідження. Наприклад, всі три несумісні повідомлення Дальтона щодо розвитку ним атомістичної хімічної теорії створюють враження, буцімто він зі своїх раніше отриманих даних цікавився лише тими хімічними проблемами пропорцій сполук, які він пізніше чудово розв'язав, ставши знаменитим. Насправді, вочевидь, він формулював ці проблеми лише тоді, коли знаходив їхні розв'язання, інакше кажучи тоді, коли його творча діяльність була майже повністю завершена¹. Те, на що всі дальтонівські повідомлення не звернули уваги, мало революційний характер прикладання (applying) до хімії ряду проблем і понять, що їх використовували раніше у фізиці та метеорології. Саме це і зробив Дальтон, внаслідок чого з'явилася переорієнтація галузі; переорієнтація, що навчила хіміків по-новому запитувати і доходити нових висновків зі старих даних.

Або інший приклад. Ньютон писав, що Галілей відкрив закон, згідно з яким постійна сила тяжіння викликає рух, швидкість якого пропорційна квадрату часу. Фактично кінематична теорема Галілея набирає такої форми, коли потрапляє до матриць динамічних понять Ньютона. Але Галілей нічого такого не говорив. Його розгляд падіння тіл рідко стосується сил і тим більше постійної гравітаційної сили, що є причиною падіння тіл². Приписавши Галілею відповідь на запитання, яке Галілеєва парадигма навіть не дозволяла поставити, ньютонівський опис приховав

¹ L. K. Nash. *The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory* // *Isis*. XLVII, 1956, pp. 101-116.

² Про зауваження Ньютона див.: P. Cajori (ed.). *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World*. Berkeley, Calif., 1946, p. 21. Цей уривок слід порівняти з міркуваннями Галілея в його: *Dialogues concerning Two New Sciences*. Evanston, Ill., 1946, pp. 154-176.

вплив незначного, але революційного переформулювання в запитаннях учених стосовно руху та у відповідях, що вони їх вважали за можливе прийняти. Але це якраз становить той тип зміни в формулюванні запитань і відповідей, що пояснює (набагато краще, ніж нові емпіричні відкриття) перехід від Аристотеля до Галілея і від Галілея до динаміки Ньютона. Замовчуючи такі зміни і прагнучи уявити розвиток науки лінійно, підручник приховує процес, що знаходиться біля джерел більшості значних подій у розвитку науки.

Попередні приклади, кожний у контексті окремої революції, виявляють джерела реконструкції історії, що постійно завершується написанням підручників, які відбивають післяреволюційний стан науки. Але таке «завершення» призводить до ще важчих наслідків, ніж згадані нами хибні тлумачення. Хибні тлумачення роблять революцію невидимою: підручники ж, і перегруповують видимий матеріал, і змальовують розвиток науки у вигляді такого процесу, що, якби він існував, зробив би всі революції безглуздими. Позаяк підручники розраховані на швидке ознайомлення студента з тим, що сучасне наукове співтовариство вважає знанням, вони тлумачать різноманітні експерименти, поняття, закони і теорії наявної нормальної науки як окремі і такі, що йдуть одне за одним безупинно. З погляду педагогіки така техніка викладення бездоганна. Але таке викладення разом з духом повної неісторичності, що пронизує науку, і з систематичними помилками, що повторюються в тлумаченні історичних фактів, що ми їх уже обговорювали, невідворотно призводить до формування сильного враження, неначе наука досягає свого нинішнього рівня завдяки низці окремих відкриттів і винаходів, які — зібрані до купи — утворять систему сучасного конкретного знання. На самому початку становлення науки, як уявляють підручники, вчені прагнуть до мети, втіленої в нинішніх парадигмах. Один до одного у процесі, що його часто порівнюють зі зведенням будинку з цегли, учені додають нові факти, поняття, закони або теорії до масиву інформації, яка є в сучасних підручниках.

Однак наукове знання розвивається не цим шляхом. Численні головоломки сучасної нормальної науки не існували доти, доки не відбулася остання наукова революція. Дуже небагато з них можна простежити, вертаючись до історичних джерел нау-

ки, в якій вони існують нині. Попередні генерації досліджували свої власні проблеми своїми власними засобами і відповідно до своїх канонів розв'язання. Проте змінилися не просто проблеми. Радше можна сказати, що вся мережа фактів і теорій, яку парадигма підручника приводить у відповідність до природи, зазнає заміни. Чи буде, наприклад, постійність хімічного складу просто фактом досвіду, що хіміки могли відкрити і раніше шляхом експерименту в будь-якій сфері дослідження? Чи це, скоріше, один елемент — і до того ж безсумнівний елемент — у новій тканині пов'язаних між собою факту і теорії, яку Дальтон співвідніс із попереднім хімічним досвідом в цілому, змінюючи водночас цей досвід? Так само, чи є постійне прискорення, викликане постійною силою, просто фактом, що його дослідники динаміки, завжди шукали, чи цей факт є радше відповіддю на запитання, що вперше виникло тільки в ньютонівській теорії і на що ця теорія спромоглася відповісти, виходячи зі сукупності інформації, наявної до того, як запитання було сформульоване?

Запитання, сформульовані тут, належать до сфери фактів, відкритих поступово і наведених у підручниках. Але очевидно, ці запитання мають на увазі так само інтерес до того, що саме тексти підручників подають як теорії. Звичайно, ці теорії «відповідають фактам», але тільки через перетворення заздалегідь отриманої інформації на факти, які для попередньої парадигми не існували взагалі. А це означає, що теорії також не розвиваються частинами відповідно до наявних фактів. Навпаки, вони виникають спільно із фактами, що їх виокремили, революційно переформульовуючи попередню наукову традицію, традицію, всередині якої пізнавально-опосередковані зв'язки між ученими і природою не залишалися повністю ідентичними.

Завершальний приклад може прояснити опис впливу навчальних розробок на наше уявлення про розвиток науки. Кожний початковий підручник з хімії має розглянути поняття хімічного елементу. Майже завжди, коли це поняття вводять, його походження приписують хіміку XVII ст. Роберту Бойлю, в книзі якого «Хімік-скептик» уважний читач знайде визначення «елементу», що цілком відповідає нинішньому визначенню. Звернення до внеску Бойля допомагає новачку усвідомити, що хімія не почалася із сульфопрепаратів. Ця вказівка повідомляє йому додатково, що одне з традиційних завдань ученого — висувати

поняття такого роду. Як частина педагогічного арсеналу, що робить з людини ученого, таке повернення до минулого виявляється надзвичайно успішним. Тим не менше все це ще раз ілюструє зразок історичних помилок, що вводить в оману як студентів, так і непрофесіоналів стосовно природи наукового підприємства.

Згідно з Бойлем, котрий тут мав цілковиту рацію, його «визначення» елементу не більш ніж парафраза традиційного хімічного поняття; Бойль запропонував його тільки для того, щоб довести, що жодних хімічних елементів не існує. Під кутом зору історії версія внеску Бойля, наведена в підручниках, цілком помилкова³. Звичайно, така помилка тривіальна, хоч і не більш ніж будь-яке інше помилкове тлумачення фактів. Однак нетривіальним виявляється враження про науку, що складається в цьому разі, коли із такою помилкою спершу замирюються і після цього впроваджують її в робочу структуру навчального тексту. Які і поняття «час», «енергія», «сила» або «частка», поняття елементу — складова підручника, яку часто і не вигадують і не відкривають взагалі. Зокрема, визначення Бойля можна простежити в глиб століть, принаймні до Аристотеля, а вперед — через Лавуазьє до сучасних підручників. Та це не означає, що наука оволоділа сучасним поняттям елементу ще за часів античності. Вербальні визначення, на зразок визначення Бойля, мають малий науковий зміст, якщо їх розглядати окремо. Вони не є повними логічними визначеннями (*specifications*) значення (якщо такі є взагалі), і мають здебільшого засаду педагогіки. Наукові поняття, на які вказують визначення, стають повнозначними тільки тоді, коли вони в підручниках або в іншій систематичній формі співвіднесені з іншим науковим поняттям, процедурами дослідження і застосуваннями (*applications*) парадигми. З цього випливає, що поняття, подібні до поняття елементу, навряд чи можуть мислитися незалежно від контексту. Крім того, якщо дано відповідний контекст, то вони рідко потребують розкриття, бо їх уже використовують фактично. І Бойль, і Лавуазьє значною мірою змінили сенс поняття «елемент» у хімії. Але вони не придумували поняття і навіть не змінювали вербального формулювання, що було його визна-

³ T. S. Kuhn. Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century // *Isis*, XI.III, 1952, pp. 26-29.

ченням. Ейнштейну, як ми бачили, теж не довелося придумувати або навіть експліцитно перевизначати поняття «простору» і «часу», для того, щоб дати їм нове значення в контексті своєї праці.

Яку історичну функцію несла та частина роботи Бойля, що включала знамените «визначення»? Бойль був лідером наукової революції, яка завдяки зміні стосунку «елемента» до хімічних експериментів і хімічної теорії перетворювали поняття елемента на знаряддя, цілком відмінне від того, чим воно було досі, і перетворювала внаслідок цього як хімію, так і світ хіміка⁴. Інші революції, разом з революцією, пов'язаною з Лавуазьє, вимагали надати поняттю його сучасну форму і функцію. Але Бойль демонструє нам типовий приклад як процесу, що включає кожну з означених стадій, так і того, що відбувається в цьому процесі, коли наявне знання втілюється в підручниках. Більш ніж будь-який інший окремо взятий аспект науки така педагогічна форма визначила наш образ науки і роль відкриття і винаходу в її русі вперед.

⁴ Позитивний внесок Р. Бойля в розвиток поняття хімічного елемента висвітлюється в: M. Boas. *Robert Boyle and Seventeenth-Centure Chemistry*. Cambridge, 1958.

ХІІ. Розв'язки революцій

Підручники, які ми розглядали, створюються тільки як підсумок наукової революції. Вони є основою для нової традиції нормальної науки. Порушуючи питання про їхню структуру, ми явно випустили з уваги один момент. Що являє собою процес, внаслідок якого новий претендент на статус парадигми замінює свого попередника? Будь-яке нове тлумачення природи, хоч би й відкриття або теорія, спершу виникає в голові одного або декількох індивідів. Це якраз ті, хто першими вчать бачити науку і світ інакше. Їхня здатність перейти до нового бачення полегшується двома обставинами, які не поділяє більшість членів професійної групи. Їхня увага постійно і посилено зосереджується на проблемах, викликаних кризою; крім того, звичайно вони є ученими такими молодими або новачками у галузі. охопленій кризою, що практика досліджень, яка склалася, пов'язує їх з поглядами на світ і правилами канонізованими старою парадигмою, не так сильно, як більшість сучасників. Що вони повинні робити (і як це їм вдається), щоб цілком перетворити професію або відповідну професійну підгрупу, змушуючи бачити науку і навколишній світ по-новому? Що змушує групу зректися однієї традиції нормального дослідження на користь іншої?

Щоб пересвідчитися в актуальності цих запитань, згадаємо, що вони є єдиними реконструкціями, які історик може запропонувати як матеріал для філософського вирішення питань перевірки, верифікації або спростування встановлених наукових теорій. Тією мірою, якою дослідник перейнятий нормальною наукою, він розв'язує головоломки, а не займається перевіркою парадигм. Хоч у процесі пошуку якогось одиничного розв'язання головоломки дослідник може випробувати безліч альтернативних підходів, відкидаючи ті, що не дають бажаного результату, він у такому разі не перевіряє парадигму. Він радше схожий на шахіста, котрий, коли є завдання, а шахівниця (фактично або уявно) перед ним, намагається знайти

різноманітні альтернативні ходи у пошуках вирішення. Ці пробні пошуки, знайти шахіста чи ученого, самі собою є випробуванням різноманітних можливостей вирішення, але не правилами гри. Вони можливі лише доти, доки саму парадигму приймають без доказу. Тому перевірка парадигми, що запроваджується лише після наполегливих спроб розв'язати головоломку, що заслуговує на увагу, означає початок кризи. І навіть після цього перевірка здійснюється лише тоді, коли передчуття кризи породжує альтернативу, що претендує на заміну парадигми. В науках операція перевірки ніколи не полягає, як це буває при розв'язанні головоломок, просто в порівнянні окремої парадигми з природою. Натомість перевірка є складником конкурентної боротьби двох парадигм, які змагаються за прихильність наукового співтовариства.

При найближчому розгляді це формулювання виявляє неочікувані і, певне, близькі паралелі з двома найпопулярнішими сучасними філософськими теоріями верифікації. Дуже мало філософів науки все ще шукають абсолютний критерій для верифікації наукових теорій. Відзначаючи, що жодна теорія не може бути піддана всім можливим відповідним перевіркам, вони запитують не про те, чи була теорія верифікована, а скоріше про її ймовірність у світлі очевидних, наявних даних і, щоб відповісти на це запитання, одна із впливових філософських шкіл змушена порівнювати можливості різноманітних теорій в поясненні накопичених даних. Ця вимога порівняння теорій також характеризує історичну ситуацію, в якій приймаються нові теорії. Дуже вірогідно, що вона вказує на один із напрямків, яким має йти майбутнє обговорення проблеми верифікації.

Та у своїх найзвичайнісінських формах теорії ймовірнісної верифікації завжди повертають нас до того чи іншого варіанта чистої або нейтральної мови спостереження, про який йшлося в X розділі. Одна з ймовірнісних теорій вимагає, щоб ми порівнювали певну наукову теорію з усіма іншими, які можна вважати такими, що відповідають одному і тому самому набору спостережуваних даних. Інша потребує уявної побудови всіх можливих перевірок, що їх певна наукова теорія може бодай передбачувано пройти¹. Очевидно, якась подібна побудова не-

¹ Коротку характеристику основних шляхів ймовірнісних теорій верифікації див.: E. Nagel, *Principles of the Theory of Probability*, Vol. I, № 6, of *International Encyclopedia of Unified Science*, pp. 60-75.

обхідна для обчислення специфічних ймовірностей (абсолютних або відносних), і важко уявити собі, як можна було б здійснити таку побудову. Якщо, як я вже показав, не може бути жодної науково або емпірично нейтральної системи мови або понять, тоді передбачувана побудова альтернативних перевірок і теорій має виходити з тієї чи іншої заснованої на парадигмі традиції. Обмежена таким чином перевірка не мала б доступу до всіх можливих різновидів досвіду або до всіх можливих теорій. В підсумку ймовірнісні теорії так само затемнюють верифікаційну ситуацію, як і висвітлюють її. Хоч ця ситуація, як стверджується, залежить від порівняння теорій і від загальновідомих очевидних фактів, теорії і спостереження, що є предметом обговорення, завжди тісно пов'язані з уже наявними теоріями і даними. Верифікація схожа на природний одбір: вона зберігає найжиттєздатнішу з-поміж наявних альтернатив у конкурентній історичній ситуації. Чи буде цей вибір найкращим із тих, що могли б бути за наявності ще й інших можливостей або якби були дані іншого роду, — таке запитання, мабуть, зайве. Немає жодних засобів, які можна було б залучити для пошуку відповіді на нього.

Радикально інший підхід до всього цього комплексу проблем розробив К. Р. Поппер, котрий заперечує існування будь-яких верифікаційних процедур взагалі². Натомість він спирається на необхідність фальсифікації, тобто перевірки, що вимагає спростування встановленої теорії, позаяк її результат є негативним. Зрозуміло, роль, що її ось так приписано фальсифікації, дуже нагадує роль, що в цій праці відведена аномальному досвіду, тобто досвіду, який, викликаючи кризу, готує шлях для нової теорії. Тим не менше аномальний досвід не можна ототожнити із досвідом, що фальсифікує. Справді, я навіть сумніваюся, чи існує останній насправді. Як ми не раз наголошували раніше, жодна теорія ніколи не розв'язує всіх головоломок, з якими вона стикається, а також немає жодного вже досягнутого вирішення, яке було б цілком бездоганим. Навпаки, саме неповнота і недосконалість теперішніх теоретичних даних дають можливість будь-коли визначити безліч головоломок, що характеризують нормальну науку. Якби кожна невдача встановити відповідність теорії природі була б підставою для її спростування, то всі теорії в

² К. Р. Popper. *The Logic of Scientific Discovery*. N. Y., 1959, esp. chaps. I-IV.

будь-який момент можна було б спростувати. З другого боку, якщо тільки серйозна невдача достатня для спростування теорії, тоді послідовникам Поппера потрібен якийсь критерій «неймовірності» або «міри фальсифікації». В розробці такого критерію вони майже напевне зіткнуться з тією ж самою низкою труднощів, що виникає у захисників різноманітних теорій ймовірнісної верифікації.

Багатьох із названих нами труднощів можна уникнути, визнавши, що обидві ці переважні і полярні погляди на логіку обґрунтування наукового дослідження намагаються звести два цілком різні процеси в один. Попперівський аномальний досвід важливий для науки тому, що виявляє конкуруючі моделі парадигм щодо наявної парадигми. Але фальсифікація, хоч вона, безумовно, і має місце, не відбувається разом із виникненням або просто з причини виникнення аномального або фальсифікуючого прикладу. Навпаки, слідом за цим розгортається самостійний процес, і його можна однаковою мірою назвати верифікацією, позаяк він полягає в тріумфальній ході нової парадигми руїнами старої. Мало того, що суть цього процесу — в поєднанні верифікаційних і фальсифікаційних тенденцій, в якому ймовірніше порівняння теорій відіграє центральну роль. Таке двостадійне формулювання, вважаю, має достоїнство великої схожості на правду, і може дозволити нам спробувати пояснити роль узгодженості (або неузгодженості) теорії і факту в процесі верифікації. Принаймні для історика мало сенсу вважати, що верифікація встановлює узгодженість фактів і теорії. Всі історично значущі теорії узгоджуються з фактами, але тільки більшою або меншою мірою. Немає жодної точної відповіді на запитання, чи відповідає і як добре окрема теорія фактам. Але запитання, багато в чому подібні до цих, можуть виникнути і тоді, коли теорії розглядати в сукупності або й попарно. Набуває великого сенсу запитання, яка з двох наявних і конкуруючих теорій відповідає фактам *краще*. Хоч ані теорія Лавуазьє, ані теорія Прістлі, наприклад, не узгоджувалися із спостереженнями, лише окремі сучасники вагалися понад десятиріччя, перш ніж визнати, що теорія Лавуазьє краще відповідає природі.

Однак таке формулювання робить завдання вибору між парадигмами на вигляд легшим і звичнішим, ніж воно є насправді. Якби існувала тільки одна низка наукових проблем, тільки один світ, в якому потрібне було їхнє розв'язання, і тільки

один ряд стандартів для такого розв'язання, то конкуренцію парадигм можна було б регулювати більш-менш встановленим порядком за допомогою якогось процесу, на зразок підрахунку числа проблем, що їх розв'язує кожна. Але фактично таких умов ніколи не буває. Прибічники парадигм-конкурентів, завжди мають, принаймні почасти, різну мету. Жодна сторона суперечки не погоджуватиметься з усіма неемпіричними припущеннями, які протилежна сторона вважає необхідними для того, щоб довести свою правду. Так саме як Пруст і Бертолле, котрі сперечалися про склад хімічних сполук, ці сторони частково пов'язані необхідністю дискусії. Хоч кожна може сподіватися залучити суперницю до свого способу бачення науки і її проблем, жодна не може розраховувати на доказ своєї правди. Конкуренція парадигм не є видом боротьби, яку можна розв'язати за допомогою доказів.

Ми вже розглянули декілька різних причин, через які захисникам парадигм-конкурентів, не вдається законтрактувати з поглядом-конкурентом. Всі ці причини слід було б описати як несумірність передреволюційних і післяреволюційних нормальних наукових традицій, і тут нам слід лише стисло резюмувати сказане. Насамперед, захисники парадигм-конкурентів часто не погоджуються з переліком проблем, що їх треба розв'язати за допомогою кожного кандидата в парадигми. Їхні стандарти або їхні визначення науки не однакові. Чи повинна теорія руху пояснити причину виникнення сил тяжіння між частками матерії чи вона може просто констатувати існування таких сил? Ньютонівська динаміка зустрічала широкий опір, позаяк на відміну і від аристотелівської і від декартівської теорій мала на увазі останню відповідь на це запитання. Коли теорію Ньютона прийняли, питання про причину тяжіння зняли з порядку денного. Однак на вирішення цього питання може з гордістю претендувати загальна теорія відносності. Або, нарешті, можна звернути увагу на те, як розповсюджена в ХІХ ст. хімічна теорія Лавуазьє утримала хіміків від запитання, чому метали такі схожі у своїх властивостях, — про це запитувала, і сама ж відповідала хімія флогістону. Перехід до парадигми Лавуазьє, так само як перехід до парадигми Ньютона, означав зникнення не тільки припустимого запитання, а й досягнутого вирішення. Однак це зникнення також не було тривалим. У ХХ ст. запитання, що

стосуються якісної сторони хімічних речовин, повернули у сферу науки, а разом із цим і деякі відповіді на них.

Та йдеться про щось більше, ніж несумірність стандартів. Позаяк нові парадигми народжуються зі старих, вони звичайно вбирають у себе більшу частину словника і прийомів, як концептуальних, так і експериментальних, якими традиційна парадигма раніше послуговувалася. Але вони рідко вдаються до цих елементів, які запозичували повністю у традиційний спосіб. У рамках нової парадигми старі терміни, поняття і експерименти опиняються у нових стосунках. Неминучим результатом є те, що треба назвати (хоч термін не цілком правильний) недостатнім розумінням між двома школами, що конкурують. Дилетанти, що глузували із загальної теорії відносності Ейнштейна, бо, бачте, простір не може бути «викривленим» (але річ була не в цьому), не просто помилялися або потрапляли в оману. Не були простою помилкою і спроби математиків, фізиків і філософів, розвинути евклідову версію теорії Ейнштейна³. За попереднім уявленням, простір, обов'язково мав бути плоским, гомогенним, ізотропним і незалежним від наявності матерії. Щоб здійснити перехід до ейнштейнівського універсуму, весь концептуальний арсенал, характерними компонентами якого були простір, час, матерія, сила і т. ін., треба було бути змінити і знову створити згідно з природою. Тільки ті, хто випробував (або кому не вдалося випробувати) це перетворення на собі, могли б засвідчити, з чим вони згодні або не згодні. Комунікація, через фронт революційного процесу неминуче обмежена. Як інший приклад розглянемо тих, хто називав Коперніка божевільним, тому що стверджував, що земля обертається. Такі люди не просто помилялися або були в омані. Невід'ємним атрибутом об'єкта, що мислився ними як «земля», залишалося незмінне положення. Принаймні їхня «земля» не могла б рухатися. Відповідно нововведення Коперніка не було просто вказівкою на рух землі. Воно радше означало цілком новий спосіб бачення проблем фізики і

³ Про реакції звичайної людини на поняття викривленого простору див.: P. Frank. *Einstein, His Life and Times*. N. Y., 1947, pp. 142-146. Про деякі спроби сумістити переваги загальної теорії відносності з поняттям евклідова простору див.: C. Nordmann, *Einstein and the Universe*. N. Y., 1922, chap. IX.

астрономії — спосіб, що, без сумніву, необхідно змінив сенс як поняття «земля», так і поняття «рух»⁴. Без цих змін поняття руху землі було б просто самотійним. З другого боку, ці зміни, одного разу зроблені і цілком зрозумілі, дали змогу і Декарту і Гюйгенсу уявити, що питання про рух землі не має значення для науки⁵.

Ці приклади вказують на третій і найфундаментальніший аспект несумісності конкуруючих парадигм. У певному сенсі, який я не маю можливості далі уточнювати, захисники конкуруючих парадигм здійснюють свої дослідження в різних світах. В одному світі міститься стримуваний рух тіл, що падають з уповільненням, в іншому — маятники, що повторюють свої коливання знову і знову. В одному випадку рішення проблем полягає у вивченні сумішей, в другому — сполук. Один світ «вміщується» в плоскій, інший — у викривленій матриці простору. Працюючи в різноманітних світах, дві групи учених бачать речі по-різному, хоч і спостерігають за ними з однієї позиції і дивляться в одному і тому ж напрямку. Водночас не можна сказати, що вони можуть бачити те, що хочуть. Обидві групи дивляться на світ, і те, на що вони дивляться, не змінюється. Але в якихось сферах вони бачать різні речі, і бачать їх у різних відношеннях одне до одного. Ось чому закон, який одна група вчених навіть не може виявити, буває іноді інтуїтивно ясним для іншої. З цієї ж причини, перш ніж вони спроможуться сподіватися на повну комунікацію між собою, та або та група має випробувати метаморфозу, яку ми вже називали зміною парадигми. Саме тому, що це перехід між несумісними структурами, перехід між конкуруючими парадигмами не можна здійснити поступово, крок за кроком через логіку і нейтральний досвід. Як із перемиканням гештальта, він має відбутися відразу (хоч не обов'язково за раз) або не відбутися взагалі.

Далі виникає запитання, як учені впевнюються в необхідності такої переорієнтації? Частково відповідь полягає в тому, що дуже часто вони зовсім не впевнені в цьому. Вчення Копер-

⁴ T. S. Kuhn. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass., 1957, chaps. III, IV, VII. Питання про те, якою мірою геліоцентризм був більш ніж астрономічною проблемою, велика тема для окремої книги.

⁵ M. Jammer. *Concepts of Space*, Cambridge, Mass., 1954, pp. 118-124.

ніка набуло небагатьох прибічників протягом майже цілого століття після його смерті. Праця Ньютона не отримала загального визнання, особливо в країнах континентальної Європи, впродовж понад 50 років після появи «Начал»⁶. Прістлі ніколи не приймав кисневої теорії горіння, так само як лорд Кельвін не визнав електромагнітної теорії і т. ін. Труднощі навернення часто відзначали самі вчені. Дарвін з особливим почуттям писав наприкінці книги «Походження видів»: «Хоч я цілком впевнений в істині поглядів, викладених у цій книзі стислим оглядом, я аж ніяк не сподіваюся переконати досвідчених натуралістів, уми яких переповненні безліччю фактів, розглядуваних ними протягом довгих років під кутом зору, прямо протилежному моєму... Та я довірливо дивлюся на майбутню, на молоду, що приходить генерацію натуралістів, що буде в змозі неупереджено зважити обидві сторони питання⁷. А Макс Планк, описуючи свою кар'єру в «Науковій автобіографії», зі смутком зазначає, що «нова наукова істина прокладає шлях до тріумфу не переконанням опонентів і спонукою їх бачити світ по-новому, а радше тому, що її опоненти рано чи пізно помирають і зростає нова генерація, що призвичаїлася до неї⁸.

Ці та інші подібні факти занадто широко відомі, щоб була необхідність зупинятися на них і далі. Але вони потребують переоцінки. В минулому їх дуже часто використовували, щоб показати, що вчені, яким ніщо людське не чуже, не завжди можуть визнавати свої помилки, навіть коли стикаються зі сильними доказами. Я радше сказав би, що річ тут не в доказах і помилках. Перехід від визнання однієї парадигми до визнання іншої є актом «навернення», в якому не може бути місця примусу. Довічний опір, передовсім тих, чий творчі біографії пов'язані з боргом перед старою традицією нормальної науки, не

⁶ I. V. Cohen. Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof. Philadelphia, 1956, pp. 93-94.

⁷ Ч. Дарвін. Происхождение видов. Перевод и вводная статья К. А. Тимирязева. Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы. 1952. стр. 444.

⁸ M. Planck. Scientific Autobiography and Other Papers. N. Y., 1949, pp. 33-34.

становить порушення наукових стандартів, але сам собою є характерною рисою природи наукового дослідження. Джерело опору у певності, що стара парадигма зрештою розв'яже всі проблеми, що природу можна втиснути у ті рамки, що їх забезпечує ця парадигма. Неминуче, що в моменти революції така упевненість здається тупою і нікчемною, що й буває насправді. Але сказати так — півділа. Та сама впевненість робить можливою нормальну науку або розв'язання головоломок. І тільки шляхом нормальної науки ступає професійне співтовариство вчених, спершу розробляючи потенційні можливості старої парадигми, а згодом виявляючи труднощі, у процесі вивчення яких може виникати нова парадигма.

І все-таки сказати, що опір є неминучим і закономірним, що зміна парадигми не може бути виправдана тим чи іншим доказом, не означає, що жоден аргумент не прийнятний і що вчених неможливо переконати в необхідності зміни їхнього способу мислення. Хоч іноді потрібно все життя цілої генерації, аби щось змінити, знов і знов повторюються факти навернення наукових співтовариств до нових парадигм. Крім того, навернення до нових парадигм і відмова від старих відбуваються не всупереч тому, що ученим властиве все людське, а саме з цієї причини. Хоч деякі учені, особливо немолоді і досвідченіші, можуть скільки завгодно опиратися, більшість учених так чи інакше переходить до нової парадигми. Навернення в нову віру триватимуть доти, доки не залишиться в живих жодного захисника старої парадигми і доки вся професійна група не керуватиметься єдиною, але тепер уже іншою парадигмою. Тож нам і треба з'ясувати, як здійснюється перехід і як переборюється опір.

На яку відповідь можемо очікувати? Тільки тому, що запитання стосується техніки переконання чи аргументів або контраргументів у ситуації, де не може бути доказу, воно є новим за своїм значенням і вимагає такого вивчення, якого раніше не було. Ми наважимося лише на дуже частковий і поверховий огляд. Крім того, сказане раніше разом із результатами цього огляду наводить на думку, що коли йдеться про переконання, а не доказ, то на запитання про природу наукової аргументації немає жодної єдиної і уніфікованої відповіді. Окремі учені приймають нову парадигму з найрізноманітніших міркувань і звичайно відразу з декількох різноманітних мотивів. Деякі з цих

мотивів — наприклад, культ сонця, що допомагав Кеплеру стати коперніканцем, — повністю поза сферою науки⁹. Інші підстави повинні залежати від особливостей особистості та її біографії. Навіть національність або колишня репутація новатора і його вчителів іноді може відігравати значну роль¹⁰. Отже, зрештою, ми повинні навчитися відповідати на це запитання диференційовано. Нас будуть цікавити не ті аргументи, що переконують того чи іншого індивіда, а той тип співтовариства, що завжди, рано чи пізно, переорієнтовується як єдина група. Цю проблему, однак, ми відкладемо до останнього розділу, розглянувши поки що деякі види аргументів, що виявляються особливо ефективними в боротьбі за зміну парадигми.

Певне, єдина найрозповсюдженіша претензія, що її висувують захисники нової парадигми, полягає в упевненості, що вони можуть розв'язати проблеми, які довели стару парадигму до кризи. Якщо це робити достатньо переконливо, така претензія буде найефективнішою в аргументації прибічників нової парадигми. В тій сфері, в якій цю вимогу успішно здійснюють, стара парадигма явно потрапляє у скрутне становище. Ці скрути неодноразово вивчали, а спроби подолати їх знов і знов виявлялися марними. «Вирішальні експерименти» — експерименти, здатні особливо чітко провадити відмінність між двома парадигмами, — мають бути визнані і закріплені до того, як створюється нова парадигма. Так, наприклад, Копернік стверджував, що він давно розв'язав дратівливу для себе проблему щодо тривалості календарного року, Ньютон — що примирив земну і небесну механіку, Лавуазьє — що розв'язав проблеми тотожності газів і відношення ваги, а Ейнштейн — що зробив електродинаміку сумісною з перетвореною наукою про рух.

⁹ Про роль культу сонця в формуванні ідей Кеплера див.: E. A. Burt. *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, rev. ed. N. Y., 1932, pp. 44-49.

¹⁰ Щодо ролі репутації, звернемося до такого факту: лорд Релей до того, як його репутація утвердилася, представив на розгляд у Британську Асоціацію статтю про деякі парадокси електродинаміки. Випадково “загубили” його ім'я. І статтю відкинули як роботу якогось «любителя парадоксів». Незабаром, коли вияснилося, хто автор, статтю прийняли, без міри вибачаючись. (R. J. Strutt, 4th Baron Rayleigh. *John William Strutt, Third Baron Rayleigh*. New York, 1924, p. 228.)

Такі твердження є найпідходящими для досягнення мети, якщо нова парадигма виявляє кількісну точність значно краще, ніж старий конкурент. Кількісна перевага кеплерівських таблиць, складених для імператора Рудольфа, над усіма таблицями, розрахованими за допомогою теорії Птолемея, була важливим чинником у прилученні астрономів до коперніканства. Успіх Ньютона в передбаченні кількісних результатів в астрономічних спостереженнях виявився, певне, найважливішим з окремих причин тріумфу його теорії над раціоналізованішими, але винятково якісними теоріями його конкурентів. А в нашому сторіччі визначний кількісний успіх закону випромінювання Планка і моделі атома Бора переконали багатьох фізиків прийняти їх; хоч, розглядаючи фізичну науку в цілому, не можна не визнати, що обидва ці внески породили набагато більше проблем, ніж розв'язали¹¹.

Однак самої претензії на розв'язання проблем, що викликають кризи, недостатньо. Вона також не може бути завжди бездоганною. Фактично теорія Коперніка не була точнішою, за теорію Птолемея, і не вела безпосередньо до бодай якогось поліпшення календаря. Або інший приклад. Хвильова теорія світла протягом кількох років після своєї появи, не мала навіть такого успіху, як її корпускулярний конкурент у поясненні поляризаційних ефектів, що й стали засадничою підставою кризи в оптиці. Іноді дещо вільніше дослідження, що характеризує екстраординарний етап розвитку науки, створює кандидата в парадигми, що первісно аніскільки не допомагає розв'язанню проблем, які визвали кризу. Коли таке стається, дані на підтримку нової парадигми треба отримати з інших сфер дослідження, що дуже часто так чи інакше і робиться. В цих сферах можуть бути розвинені особливо переконливі аргументи, якщо нова парадигма припускає передбачення явищ, про існування яких цілком не підозрювали, доки панувала стара парадигма.

Наприклад, теорія Коперніка навела на думку, що планети мають бути схожими на Землю, що Венера — повинна мати фази а Всесвіт — бути значно більшим, ніж раніше припускалося. В результаті, коли через 60 років після його смерті за допомогою телескопу несподівано побачили гори на Місяці, фази

¹¹ Про проблеми, створені квантовою теорією, див.: F. Reiche. *The Quantum Theory*. London, 1922, chaps. II, VI-IX. Про інші приклади в цьому параграфі див. раніше зроблені зноски цього розділу.

Венери і силу-силенну зірок, про існування яких раніше не підозрювали, то ці спостереження переконали в справедливості нової теорії дуже багато вчених, передовсім неастрономів¹². В історії хвильової теорії був ще драматичніший епізод, який спонукав фізиків переосмислити суттєвості світлових явищ. Опір французьких учених згас одразу і майже повністю, коли Френелю вдалося продемонструвати існування білої плями в центрі тіні від круглого диску. Це був ефект, на який не очікував навіть Френель; а Пуассон, що був первісно одним з його опонентів, назвав ефект неминучим, хоч на перший погляд, і абсурдним наслідком френелівської теорії¹³. Завдяки їхній разючій цінності та у зв'язку з тим, що вони не були так очевидно «вбудовані» в нову теорію від самого початку, аргументи, як оце щойно названі, виявлялися особливо переконливими. А іноді цю надпереконливість могли використати навіть тоді, коли досліджуване явище, спостерігалось задовго до появи теорії, що пояснить його. Наприклад, Ейнштейн, мабуть, не припускав, що загальна теорія відносності так точно дасть оцінку добре відомій аномалії в русі перигелію Меркурія; можна собі уявити, який тріумф пережив Ейнштейн, коли йому це вдалося¹⁴.

Досі ми обговорювали аргументи стосовно нової парадигми, які ґрунтувалися на порівнянні можливостей теорій, що конкурують, у розв'язанні проблем. Для вчених ці аргументи звичайно є вищою мірою значними і переконливими. Попередні приклади не повинні залишати жодного сумніву щодо причин їхньої величезної привабливості. Але в силу причин, до яких ми незабаром повернемося, ці аргументи не можна вважати незаперечними ані кожен окремо, ані заразом. На щастя, є й інші міркування, що можуть спонукати вчених відмовитися від старої парадигми на користь нової. Такі аргументи, певне, зрідка формулюють ясно, та вони апелюють до індивідуального відчуття

¹² T. Kuhn. *Op. cit.* pp. 219-225.

¹³ E. T. Whittaker. *A History of the Theories of Aether and Electricity*. I. 2d ed. London, 1951, p. 108.

¹⁴ *Ibid.*, II, 1953, pp. 151-180. (Про розвиток загальної теорії відносності.) Про реакцію Ейнштейна на відповідність теорії зі спостережуваним рухом перигелію Меркурія див. лист, що цитується в: P. A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein, Philosopher-Scientist*. Evanston, Ill., 1949, p. 101.

вигоди, до естетичного почуття. Вважається, що нова теорія має бути «яснішою», «зручнішою» або «простішою», за стару. Здається, такі аргументи ефективніші в математиці, аніж в інших природничих науках. Перші варіанти більшості нових парадигм є незрілими. Коли із часом набуває розвитку повний естетичний образ парадигми, виявляється, що більшість членів співтовариства вже запевнені іншими засобами. Тим не менше, значення естетичних оцінок інколи може виявитися вирішальним. Хоча ці оцінки часто залучають до нової теорії тільки небагатьох учених, буває так, що це саме ті учені, від яких залежить остаточний тріумф теорії. Якби вони через суто індивідуальні причини не прийняли її швидко, то могло б статися, що новий кандидат в парадигми ніколи не розвинувся б так, щоб здобути прихильність наукового співтовариства в цілому.

Щоб зрозуміти причину важливості цих більшою мірою суб'єктивних і естетичних оцінок, згадаємо, у чому суть обговорення парадигми. Коли вперше пропонується новий кандидат у парадигму, то з його допомогою зрідка розв'язують більш ніж декілька проблем, з якими він зіткнувся, і більшість цих розв'язань все ще далекі від досконалості. До Кеплера теорія Коперніка навряд чи покращила передбачення розв'язування планет, зроблені Птолемеєм. Коли Лавуазьє досліджував кисень як «саме собою чисте повітря», його нова теорія не могла в цілому позбутися проблем, що виникли з відкриттям нових газів, — обставина, якою Прістлі вельми ефективно контратакував теорію Лавуазьє. Випадки, подібні до білої плями, отриманій Френелем, надзвичайно рідкісні. Лише значно пізніше, після того, як нову парадигму вже сприйняли, вона зміцнилася, широко розповсюдилася, звичайно виникає вирішальна аргументація. Наприклад, маятник Фуко демонструє обертання Землі, а досвід Фізо показує, що світло розповсюджується швидше в повітрі, аніж у воді. Отримання цих аргументів становить елемент нормальної науки, і вони важливі не для обговорення парадигми, а для укладання нових навчальних посібників після наукової революції.

До того, як підручники написані, тобто доки тривають суперечки, ситуація буває зовсім іншою. Звичайно противники нової парадигми можуть на законних підставах стверджувати, що навіть в кризовій галузі вона мало переважає традиційну парадигму, що сперечається з нею. Звичайно, якісь проблеми вона трактує кра-

ще, вона розкрила якісь нові закономірності. Але, мабуть, стару парадигму можна перебудувати так, що вона спроможеться подолати нові труднощі, як досі переборювала інші перешкоди. І геоцентрична астрономія Тихо Браге, і пізніші варіанти теорії флогістону були відповідями (і цілком успішними) на труднощі, розкриті новим кандидатом у парадигму¹⁵. До того ж захисники традиційної теорії і традиційних процедур можуть майже завжди вказати на проблеми, не розв'язані новою теорією-конкурентом, але які, на їхній погляд, не є проблемами взагалі. До відкриття складу води горіння водню було вагомим аргументом на підтримку теорії флогістону і проти теорії Лавуазьє. А киснева теорія горіння і після свого тріумфу все ще не могла пояснити отримання горючого газу з вуглецю — явище, на яке прибічники теорії флогістону вказували як на могутню підтримку їхньої позиції¹⁶. Навіть у кризовій галузі рівновага аргументу і контраргументу може інколи бути справді дуже сталою. А поза цією галуззю рівновага часто рішуче схиляється до традиції. Копернік зруйнував освячене століттям пояснення руху Землі, не замінивши його іншим, Ньютон зробив те саме зі старим поясненням тяжіння, Лавуазьє — з поясненням спільних властивостей металів і т. ін. Коротше кажучи, якби нова теорія, що претендує на роль парадигми, від самого початку потрапляла на суд практичної людини, котра оцінювала б її тільки за можливістю розв'язувати проблеми, то науки переживали б обмаль великих революцій. Якщо до цього додати контраргументи, породжені тим, що ми раніше називали неспівмірністю парадигм, то виявиться, що в науці взагалі не було б місця революціям.

Але насправді суперечки навколо парадигм не стосуються здатності розв'язувати проблеми, хоч є достатні підстави для

¹⁵ Про систему Т. Браге, що під геометричним кутом зору була повністю еквівалентна коперніканській, див.: J. L. E. Dreyer. *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2d ed. N. Y., 1953, pp. 359-371. Про останні варіанти теорії флогістону і їхній успіх див.: J. R. Partington and D. McKie. *Historical Studies of the Phlogiston Theory // Annals of Science*, IV, 1939, pp. 113-149.

¹⁶ Про проблеми, висунуті горінням водню, див.: J. R. Partington. *A Short History of Chemistry*, 2d ed. London, 1951, p. 134. Про окис вуглецю див.: Н. Копп. *Geschichte der Chemie*. III. Braunschweig, 1845, pp. 294-296.

того, щоб вони звичайно вбиралися у таку термінологію. Натомість питання полягає в тому, що парадигма має й надалі спрямовувати дослідження з проблем, на повне розв'язання яких жоден із варіантів, що конкурують, не може претендувати. Потрібен вибір між альтернативними способами наукового дослідження, причому в таких обставинах, коли вирішення має спиратися більше на перспективу, ніж на минулі досягнення. Той, хто приймає парадигму на ранній стадії, часто має наважуватись на такий вчинок, нехтуючи доказом, що забезпечується розв'язанням проблеми. Інакше кажучи, він мусить вірити, що нова парадигма досягне успіху в розв'язанні великого кола проблем, з якими вона зустрінеться, знаючи при цьому, що стара парадигма зазнала невдачі, доступившись до деяких з них. Щоб приймати рішення такого типу треба бути міцним у вірі.

Це одна з причин, через які попередня криза виявляється такою важливою. Вчені, котрі не пережили кризи, рідко відкидатимуть незаперечну очевидність у розв'язанні проблем на користь того, що може легко статися і легко розглядатиметься як щось невловиме. Але й самої кризи недостатньо. Має бути основа (хоч вона може не бути ані раціональною, ані до решти правильною) для віри в теорію, обрану кандидатом на статус парадигми. Щось має змусити принаймні декількох учених відчувати, що новий шлях обрано правильно, іноді це вдається завдяки лише особистим і нечітким естетичним міркуванням. З їхньою допомогою вчені повинні повернутися до того часу, коли більшість із чітких методологічних аргументів указували на інший шлях. Ані астрономічна теорія Коперніка, ані теорія матерії де Бройля не мали більш-менш значних чинників привабливості, коли вперше з'явилися. Навіть сьогодні загальна теорія відносності Ейнштейна притягальна переважно тому, що— естетична. Подібну привабливість здатні відчувати лише окремі з тих, хто не має стосунку до математики.

Але це не припускає, що тріумф нової парадигми залежить, зрештою, від якогось містичного впливу естетики. Навпаки, дуже мало дослідників поривають із традицією винятково з цих міркувань. Часто ті, що вступили на цей шлях, опинялися у глухому куті. Та якщо парадигма все-таки приводить до успіху, то в неї неминухо з'являються перші захисники, що розвивають її до того моменту, коли можуть бути створені і примножені твере-

зіші аргументи. І навіть ці аргументи, коли вони з'являються, не є вирішальними кожний окремо. Позаяк вчені — люди розважливі, той чи інший аргумент, врешті-решт, переконує багатьох з них. Але немає такого єдиного аргументу, що може або повинен переконати їх усіх. Те, що відбувається, є радше значним зрушенням у розподілі професійних схильностей, ніж переконанням відразу всього наукового співтовариства.

Від самого початку новий претендент на статус парадигми може мати дуже мало прибічників, і в окремих випадках їхні мотиви можуть бути сумнівними. Тим не менше, якщо вони достатньо компетентні, то покращуватимуть парадигму, вивчатимуть її можливості і показуватимуть, на що перетвориться принцип належності до певного наукового співтовариства в разі, якщо воно почне керуватися новою парадигмою. У міру розвитку цього процесу, якщо парадигмі суджено перемогти у битві, число і сила аргументів, що переконують на її користь, зростатимуть. Тоді чимало вчених долучатиметься до нової віри, а подальше дослідження нової парадигми триватиме. Поступово зростатиме число експериментів, приладів, статей і книг, що спираються на нову парадигму. Все більше вчених, упевнившись у плодючості нової думки, засвоюватимуть новий стиль дослідження в нормальній науці, доки, нарешті, залишиться лише купка прибічників старого стилю. Але й про них ми не можемо сказати, що вони помиляються. Хоч історик завжди може знайти послідовників того чи того першого винахідника, наприклад Прістлі, що поведились нерозумно, бо чинили опір новому занадто довго, він не спроможеться назвати той рубіж, на якому опір стає нелогічним або ненауковим. Найбільше, що він, можливо, скаже, — це те, що людина, котра впирається й після того, як вся його професійна група перейшла до нової парадигми, *ipso facto* перестав бути ученим.

ХІІІ. Прогрес через революції

Попередні сторінки завели мій схематичний опис наукового розвитку так далеко, як це лише можливо в цьому нарисі. Тим не менше, поки що я не мав можливості повністю сформулювати висновки. Якщо цей опис в цілому відбив істотну структуру безперервної еволюції наукового знання, то водночас поставив іще одну спеціальну проблему: чому наука, ця галузь культури, яку ми намагалися креслити вище, має неухильно рухатися вперед такими шляхами, якими не розвиваються, скажімо, політичні або філософські вчення? Чому прогрес залишається постійно і майже винятково атрибутом того роду діяльності, яку ми називаємо науковою? Найзвичайніші відповіді на ці запитання у цьому нарисі відкинуті. Розглянувши питання про те, чи можна знайти якусь заміну усім цим тлумаченням, ми поставимо крапку.

Відразу ж зазначимо, що в якомусь сенсі це питання чисто семантичне. Значною мірою термін «наука» якраз призначений для тих галузей діяльності людини, шляхи прогресу яких легко простежити. Це ніде не виявляється так явно, як у суперечках, що спалахують час від часу, про те, чи є та чи інша сучасна суспільна дисципліна справді науковою. Ці суперечки мають паралелі в допарадигмальних періодах тих галузей, що ми їх сьогодні, не вагаючись, увінчуємо титулом «наука». Їхнє найочевидніше джерело — визначення терміну, який унікає точної характеристики. Вчені стверджують, що, скажімо, психологія, — це наука, позаяк має такі-то й такі-то характеристики. Інші вважають, що ці характеристики не мають або ознаки необхідності, або ознаки достатності для того, щоб вважати галузь науковою. Часто на обговорення витрачається багато енергії, розпалюються великі пристрасті, і сторонній спостерігач розгублюється, не знаючи, чим усе це пояснити. Може, багато залежить від визначення самого терміну «наука»? Чи визначення уможливорює зробити висновки: є людина ученим чи ні? Якщо так, то чому тоді вчені зі

сфери природничих наук або діячі мистецтва не заспокоєні визначенням цього терміну? Неминуче виникає підозра, що це питання фундаментальніше. Напевне, його суть полягає у конкретніших запитаннях, на зразок таких: чому моя дисципліна не посувається вперед так, як розвивається, скажімо, фізика? Які зміни в техніці, методі або ідеології мають сприяти цьому? Однак це не ті запитання, які могла б задовольнити у вигляді відповіді проста угода з приводу визначення науки. Крім того, якщо прецедент, узятий з природничих наук, може прислужитися тут, то пізніше зацікавленість ним все-таки зникає, але не тоді, коли знайдуть визначення, а коли групи, які тепер сумніваються у своєму статусі, порозуміються на оцінці своїх колишніх і нинішніх досягнень. Скажімо, можна вважати знаменним, що економісти менше замислюються над запитанням, чи є їхня галузь наукою, ніж це роблять дослідники в деяких інших галузях суспільної науки. Чи це тому, що економісти знають, що таке наука? Або, радше, тому, що у них мало сумніву щодо статусу економіки?

Цей аспект має і зворотній бік, який, хоч уже і не просто семантичною, може допомогти розплутати клубок складних зв'язків у наших уявленнях про науку і прогрес. Протягом декількох століть, як у часи античності, так і в ранній історії сучасної Європи, малярство вважали явно кумулятивною галуззю. Протягом цього часу метою мистця було прийнято вважати зображення. Критики та історики, подібно до Плінія і Вазарі, шанобливо записували тоді результати відкриттів у малярстві, від скорочень у ракурсі до контрастів, що уможливлювали все досконаліші зображення природи¹. Але це були саме ті епохи, передовсім період Відродження, коли розбіжність між наукою і мистецтвом ледь усвідомлювалася. Леонардо да Вінчі був тільки одним із багатьох, хто вільно переходив від науки до мистецтва і навпаки, і тільки значно пізніше їх стали категорично розмежовувати². Більше того, навіть після того, як постійний перехід з однієї галузі до іншої припинився, термін «мистецтво» й надалі застосовували до технології та ремесел (їх також вважали таки-

¹ E. H. Gombrich. *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation*. N. Y., 1960, pp. 11-12.

² Ibid. p. 97; Giorgio de Santillana. *The Role of Art in the Scientific Renaissance*, in: *Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett, Madison, Wis., 1959, p. 33-65.

ми, що прогресують), так само як до скульптури і малярства. Тільки пізніше, коли зреклися зображення як мети скульптури і живопису і знову почали вчитися на примітивних моделях, відбулося розщеплення, тепер зрозуміле нам саме собою, і ми більш-менш правильно припускаємо його справжню глибину. І навіть сьогодні, коли ми розглядаємо глибокі відмінності між наукою і технікою, частина наших труднощів, треба вважати, пов'язана з тим фактом, що прогрес, очевидно, приписують обом галузям.

Однак можна тільки прояснити, але не позбутися труднощів, з якими ми зіткнулися, розглядаючи як науку будь-яку галузь, що прогресує. Так чи інакше залишається питання, чому прогрес заслуговує на таку увагу при характеристиці науки як підприємства, що спрямовується засобами і цілями, описаними в цьому нарисі. Питання розпадається на декілька інших, і ми розглянемо кожне окремо. Проте в усіх випадках, за винятком останнього, їхнє вирішення залежатиме почасти від зміни нашого нормального погляду на стосунки між науковою діяльністю і співтовариством, що практично її здійснює. Ми повинні навчитися усвідомлювати, яким чином те, що розглядалося як наслідок, виявляється причиною. Якщо нам це вдасться, то фрази «науковий прогрес» або навіть «наукова об'єктивність» можуть стати, здається, якоюсь мірою зайвими. Фактично один аспект такої надлишковості щойно ілюструвався. Чи прогресує галузь тому, що вона наукова, чи вона наукова тому, що прогресує?

З'ясуємо тепер, чому підприємство, подібне до нормальної науки, має прогресувати; почнемо з того, що згадаємо деякі її найрельєфніші характеристики. Звичайно члени зрілого наукового співтовариства працюють, виходячи з єдиної парадигми або з ряду тісно пов'язаних між собою парадигм. Дуже рідко різним науковим співтовариствам потрібно досліджувати одні й ті самі проблеми. У виняткових випадках, коли це все-таки стається, групи дослідників дотримуються кількох основних загальних парадигм. Розглядаючи зсередини будь-яке одиничне співтовариство, хай це співтовариство вчених або невчених, можна бачити, що результатом успішної творчої діяльності є прогрес. Та й як може бути інакше? Скажімо, ми зазначали, що, коли митці бачили свою мету в зображенні світу, критика та історія реєстрували прогрес, властивий цій зовні об'єднаній

групі. Інші творчі сфери виявляють такий самий прогрес. Теолог, котрий розробляє догми, або філософ, який удосконалює кантівські імперативи, роблять свій внесок у прогресивний розвиток, принаймні в прогресивний розвиток тієї групи, що поділяє його послання. Жодна творча школа не визнає такого типу роботи, що, з одного боку, приносить творчий успіх, а з другого — не є доповненням до спільного результату групи. Якщо ми сумніваємося, як і багато хто, що ненаукові галузі прогресують, то це відбувається не з тієї причини, що індивідуальні школи нічого не створюють в цих галузях. Радше це має бути внаслідок того, що завжди є школи, що конкурують, і кожна постійно сумнівається щодо основи іншої. Той, хто стверджує, що, скажімо, філософія не має жодної тенденції до прогресу, наголошуватиме на тому, що все ще є аристотеліанці, а не на те, що вчення Аристотеля не мало шансів на прогрес.

Однак сумніви щодо прогресу виникають і в науці. Протягом всього допарадигмального періоду, коли існує різноманітність шкіл, що конкурують, наявність прогресу (за винятком прогресу всередині самих шкіл) дуже важко виявити. Цей етап, описаний в II розділі, являє собою період, протягом якого окремі дослідники працюють як учені, але результати їхньої діяльності нічого не додають до наукового знання, як ми його собі уявляємо. Більше того, протягом періодів революції, коли фундаментальні засади сфери дослідження ще раз стають предметом обговорення, не зникають сумніви у будь-якій можливості безперервного прогресу, якщо тільки буде визнана та чи інша з парадигм, що змагаються. Неприхильники теорії Ньютона, проголошували, що його опертя на внутрішні сили вертає науку в середньовіччя. Ті, хто протистояв хімії Лавуазьє, вважали, що відмова від хімічних «елементів» на користь лабораторних процедур є відмовою від хімічного пояснення і що прибічники такої відмови змушують науку задовольнятися базіканням. Схоже, хоч і помірніше висловлене, відчуття, напевне, складає основу неприйняття Ейнштейном, Бомом та іншими ймовірнісної інтерпретації квантової механіки у вигляді панівного тлумачення. Коротше кажучи, тільки протягом періодів нормальної науки прогрес уявляється очевидною і гарантованою тенденцією. Але ж протягом цих періодів наукове співтовариство і не може розглядати плоди своєї діяльності під якимось іншим кутом зору.

Щодо нормальної науки, то часткова відповідь на питання про проблему прогресу просто очевидна. Науковий прогрес не вирізняється за типом від прогресу в інших галузях, але дуже довга відсутність конкуруючих шкіл, що обговорюють цілі та стандарти одна одної, дозволяє легше помітити прогрес нормального наукового співтовариства. Однак це тільки частина відповіді на запитання, і в жодному разі не найважливіша. Скажімо, ми вже зауважували, що прийняття одного разу загальної парадигми звільняє наукове співтовариство від необхідності постійно переглядати свої основні засади; члени такого співтовариства можуть концентрувати увагу винятково на найтонших і найезотеричніших явищах, які його цікавлять. Це неминучо збільшує як ефективність, так і дієвість, з якими вся група розв'язує нові проблеми. Інші аспекти професійної діяльності в науках ще дужче посилюють цю особливу ефективність.

Деякі з цих аспектів є наслідками нечуваної ізоляції зрілого наукового співтовариства від запитів непрофесіоналів і повсякденного життя. Якщо торкнутися питання про ступінь ізоляції, ця ізоляція ніколи не буває повною. Тим не менше, немає жодного іншого професійного співтовариства, де індивідуальна творча діяльність настільки безпосередньо була б адресована до інших членів професійної групи і оцінювалася б ними. Навіть найбільш мислячі поети і найабстрактніших міркувань теологи значно більше цікавляться оцінкою своєї творчої роботи непрофесіоналами, хоч загальні оцінка для них, можливо, й не така важлива, як для вченого. Ця характерна риса цілком закономірна. Саме тому, що він працює тільки для аудиторії колег, — аудиторії, яка поділяє його власні оцінки і переконання, вчений може приймати без доказу єдину систему стандартів. Йому не потрібно піклуватися про те, що думатимуть якісь інші групи або школи, і тому він може відкладати одну проблему і рухатися до наступної швидше, ніж ті, хто працює для різномірної групи. Але, що особливо важливо, ізоляція наукового співтовариства від суспільства в цілому дозволяє кожному ученому концентрувати свою увагу на проблемах, стосовно яких він має всі підстави вірити, що здатний їх розв'язати. На відміну від інженерів, більшості лікарів і більшості теологів учений не потребує вибору проблем, бо останні самі настійно вимагають свого розв'язання, навіть незалежно від того, якими засобами це буде зроблено. В цьому аспекті міркування про відмінність між ученими-приро-

дознавцями і багатьма вченими у галузі суспільних наук виявляються вельми повчальними. Другі часто вдаються (тоді як перші майже ніколи цього не роблять) до виправдання свого вибору дослідницької проблеми, — чи то наслідки расової дискримінації чи причини економічних циклів — переважно виходячи зі суспільної значущості розв'язання цих проблем. Не важко зрозуміти, коли — в першому чи другому випадку — можна сподіватися на швидше розв'язання проблем.

Наслідки ізоляції від суспільства значною мірою посилюються іншою характеристикою професійного наукового співтовариства — природою його наукової освіти з метою підготовки до участі в самостійних дослідженнях. У музиці, образотворчому мистецтві та літературі людина отримує освіту, знайомлячись з працями інших митців, передовсім попередників. Підручники, за винятком посібників і довідників з оригінальних творів, мають тут лише другорядну роль. В історії, філософії і суспільних науках навчальна література має важливіше значення. Але навіть у цих галузях елементарний університетський курс припускає паралельне читання оригінальних джерел, деякі з яких є класичними для певної галузі, інші — сучасними дослідницькими повідомленнями, що їх учені пишуть один для одного. Внаслідок цього студент, який вивчає будь-яку з цих дисциплін, постійно усвідомлює величезну різноманітність проблем, які члени його майбутньої групи з плином часу мають намір розв'язати. Ще важливіше, що студент постійно знаходиться в колі численних і несумірних розв'язань цих конкуруючих проблем, розв'язань, які він, зрештою, сам і має оцінювати.

Зіставимо цю ситуацію з тією, що склалася принаймні в сучасних природничих науках. В цих галузях студент покладається переважно на підручники доти, доки — на третьому або четвертому році академічного курсу — він починає власне дослідження. На багатьох курсах наукових дисциплін навіть від студентів старших курсів не вимагають читати праці, не написані спеціально для них. Обмаль курсів, де приписують додаткове читання дослідницьких статей і монографій, обмежуючи такі приписи старшими курсами і матеріалами, що більш-менш прийнятні тоді, коли немає належних підручників. До останніх стадій формування вченого підручники систематично замінюють творчу наукову літературу, що уможливорює самі підручники. Якщо є довіра до парадигм, що складають основу методу

освіти, небагато учених жадають зміни методу. Навіщо, зрештою, студенту-фізику, читати, скажімо, праці Ньютона, Фарадея, Ейнштейна або Шредингера, коли все, що йому треба знати про ці праці, викладене значно стисліше, точніше і систематичніше в багатьох сучасних підручниках?

Я не збираюся захищати надмірно великі терміни, що часом займає такий тип навчання. Тим не менше потрібно відзначити, що загалом таке навчання надзвичайно ефективне. Звичайно, це — вузьке і суворе виховання, навіть, певне, суворіше, ніж будь-яке інше, за винятком, можливо, навчання ортодоксальної теології. Однак до нормальної наукової діяльності — розв'язання головоломок у рамках традиції, яку визначає навчальна література, — внаслідок такого виховання вчені підходять майже у всеозброєнні. Крім того, вчений добре оснащений також для іншої діяльності — створення в річищі нормальної науки значних криз. Але до криз коли вони виникають, вчений, звичайно, виявляється не зовсім готов. Навіть за умов, коли тривала криза певне, звужує практику освіти, наукове навчання буває недостатньо пристосоване для формування вченого, котрий легко відкрив би новий підхід. Але щойно з'являється вчений, який пропонує нового кандидата в парадигму — зазвичай молода людина або людина нова у певній галузі, — збитків, завданих вузькістю освіти, зазнає лише індивід. У межах життя однієї генерації, на якому відбивається зміна, індивідуальна вузькість освіти сумісна зі широтою поглядів співтовариства в цілому, що може переходити від однієї парадигми до іншої, коли це потрібно. Особливо ця сумісність виявляється тоді, коли зайва вузькість освіти забезпечує співтовариство чутливий індикатором, що попереджує про помилку.

Тому в нормальному стані в наукового співтовариства є надзвичайно ефективний інструмент для розв'язання проблем або головоломок, визначених парадигмами. Крім того, результат розв'язань має бути неминуче прогресивним. У цьому немає жодного сумніву. Однак розуміння цього аспекту лише частково висвітлює другу основну частину проблеми прогресу в науках. Відтак звернемося тепер саме до неї і з'ясуємо питання про прогрес в екстраординарній науці. Чому він теж має бути явно універсальною характеристикою наукових революцій? Знов-таки нам треба багато чого засвоїти, з'ясовуючи питання про те, яким ще може бути результат революції. Революції закінчу-

ються повною перемогою одного з двох таборів що змагаються. Чи буде ця група стверджувати, що результат її перемоги не є прогрес? Це означало б визнання, що вони помиляються а рацію мають їхні опоненти. Принаймні для переможців результат революції має бути кроком уперед, і вони мають всі підстави розраховувати на те, що майбутні члени їхнього співтовариства розглядатимуть минулу історію в тому ж таки світлі, що й вони. У XI розділі детально описані способи, за допомогою яких це досягається, і ми шойно розглянули тісно пов'язані з цими способами аспекти професійного наукового життя. Коли наукове співтовариство зрікається колишньої парадигми, воно водночас зрікається більшості книг і статей, що втілюють цю парадигму, як непридатних для професійного аналізу. Наукова освіта не використовує нічого, що було б схоже на мистецтво або бібліотеку класиків, а результатом іноді є викривлення уявлення вченого про минуле його дисципліни. Більшою мірою, аніж в інших творчих галузях, учений доходить висновку, що наука до сучасних висот розвивається прямолінійно. Коротше, він вважає історію своєї науки прогресом. У нього й немає жодної альтернативи, доки він залишається в рамках своєї галузі.

Ці зауваження неминуче наводитимуть на думку, що член зрілого наукового співтовариства нагадує персонажа з книги Орвелла «1984 рік», що став жертвою історії, переписаної властями. Більше того, подібне припущення не таке вже й недоладне. В наукових революціях є втрати, так само як і надбання, а вчені схильні не помічати перших³. З другого боку, жодне пояснення прогресу через революції не може зупинятися в цьому пункті. Зробити це — значить, вважати, що в науках сила забезпечує правоту. Це формулювання знов-таки не було б повністю помилковим, якби не приховувало природу цього процесу і авторитету, завдяки якому стається вибір парадигм. Якби тільки авторитет, передовсім авторитет непрофесійний, був би арбітром в суперечках про парадигми, то результат цих суперечок

³ Історики науки незрідка стикаються з подібною яскраво вираженою сліпотою. Студенти, що приходять до них зі сфери конкретних наук, часто-густо виявляються найвдячнішими їхніми учнями. Але й те правильно, що ці студенти звичайно бувають розчаровані з самого початку. Позаяк студенти-природознавці знають «всі правильні відповіді», особливо важко змусити їх аналізувати стару науку в її власних поняттях.

міг би бути, можливо, й революційним, але все-таки не був би науковою революцією. Саме існування науки залежить від того, хто із членів особливого виду співтовариства наділений правом вибирати між парадигмами. Наскільки особливою має бути природа цього співтовариства, щоб наука виживала і зростала, може засвідчити вже саме завзяття, з яким людство підтримує науку як підприємство. Кожна цивілізація, про яку збереглися документальні відомості, мала техніку, мистецтво, релігію, політичну систему, закони і т. ін. В багатьох випадках ці аспекти цивілізацій були розвинені так само, як і в нашій цивілізації. Але тільки цивілізація, започаткована культурою давніх еллінів, має науку, яка справді вийшла зі зародкового стану. Адже основний обсяг наукового знання — це результат роботи європейських учених за останні чотири століття. Ані в жодному іншому місці, ані в якомусь іншому часі не були засновані спеціальні співтовариства, що були б такими науково продуктивними.

Які істотні характеристики цих співтовариств? Очевидно, вони потребують значно ширшого вивчення. В цій галузі можливі тільки попередні спроби узагальнення. Тим не менше, низка необхідних ознак належності до професійної наукової групи уже цілком виразна. Вчений мусить, наприклад, цікавитися розв'язанням проблем, що стосуються природних процесів. Крім того, хоч його зацікавленість природою за своїм спрямуванням може бути глобальною, проблеми, над якими учений працює, повинні бути більш-менш одиничними проблемами. Важливіше, що розв'язання, які задовольняють його, не можуть бути просто індивідуальними розв'язаннями, треба, щоб із ними як розв'язаннями погодилися й інші. Однак групу, що поділяє ці розв'язання, не можна виокремити довільно із цілого суспільства, ця група являє собою правильне, виразне співтовариство професійних колег-учених. Одне з найточніших, хоч і неписаних, правил наукового життя полягає в забороні на звернення до глав держав або широких мас народу з питань науки. Визнання єдино компетентної професійної групи та визнання її єдиним арбітром професійних досягнень тягне за собою подальші міркування. Членів групи як індивідів завдяки загальним для них навичкам і досвіду треба розглядати як єдиних знавців правил гри або якоїсь еквівалентної підстави для точних висновків. Сумніватися в тому, що їх об'єднує подібна підстава, означало б визнати існування несумісних стандартів наукового досягнення. Таке припущення

неминуче мало б породити запитання, чи може бути істина в науках єдиною?

Цей невеликий список характеристик, загальний для наукових співтовариств — повністю отриманий з практики нормальної науки. Проте, так і має бути. Ця практика являє собою діяльність, якої учений, зазвичай, навчений. Однак, зауважимо, хоч цей список і невеликий, його вже достатньо, щоб виокремити таке співтовариство з-поміж усіх інших професійних груп. До того ж відзначимо, що, маючи своїм джерелом нормальну науку, список пояснює безліч специфічних рис загальної реакції групи в період революції і передовсім в період обговорення парадигми. Ми вже впевнилися, що група такого типу має розглядати зміни парадигми як прогрес у науковому пізнанні. Тепер можемо визнати, що це сприймання в своїх істотних аспектах є самодостатнім. Наукове співтовариство — це надзвичайно ефективний інструмент для максимального зростання кількості проблем, що їх розв'язують завдяки зміні парадигми і збільшення точності їхнього розв'язання.

Позаяк масштабною одиницею наукових досягнень є розв'язана проблема та позаяк група добре знає, які проблеми вже були розв'язані, дуже мало вчених будуть схильні легко приймати думку, що знову ставить під сумнів багато проблем з тих, що були розв'язані раніше. Сама природа, першою має підривати професійну впевненість, вказуючи на вразливі сторони колишніх досягнень. Крім того, навіть тоді, коли це стається і з'являється на світ новий кандидат у парадигму, вчені опиратимуться його прийняттю, доки не впевняться, що дві найважливіші умови будуть задоволені. По-перше, новий кандидат повинен, мабуть, розв'язувати якусь суперечливу і в цілому усвідомлену проблему, яку не можна розв'язати у жодний інший спосіб. По-друге, нова парадигма значною мірою має обіцяти збереження реальної здатності розв'язання проблем, що накопичилася в науці завдяки попереднім парадигмам. Новизна заради новизни не є метою науки, як це буває в багатьох інших творчих галузях. В результаті, хоч нові парадигми зрідка або й ніколи не володіють всіма можливостями своїх попередниць, вони звичайно зберігають величезну кількість найконкретніших елементів колишніх досягнень і, крім того, завжди припускають додаткові конкретні розв'язки проблем.

Сказати все це — ще не означає припустити, що здатність розв'язати проблеми є або унікальною, або безперечною основою для вибору парадигми. Ми вже відзначали силу-силенну причини, внаслідок яких не може бути подібного критерію. Але це наводить на думку, що співтовариство наукових фахівців робитиме все можливе для того, щоб забезпечити безперервне зростання отримуваних даних, які воно може опрацьовувати точно і детально. Під час цього зростання співтовариство зазнаватиме і певних втрат. Часто деякі старі проблеми не беруть до уваги. До того ж революція незрідка звужує сферу зацікавленості професійного співтовариства, збільшує ступінь спеціалізації й послаблює свої комунікації з іншими, як науковими, так і ненауковими, групами. Хоча наука впевнено розвивається вглиб, вона може не розростатися відповідним чином ушир. Якщо це так, то широта переважно виявляється в розповсюдженні наукових спеціальностей, а не в сфері будь-якої окремо взятої спеціальності. До того ж, незважаючи на ці та інші втрати окремих співтовариств, природа подібного типу співтовариств забезпечує потенційну гарантію, що і список проблем, які розв'яже наука, і точність окремих розв'язань надалі зростатимуть. Принаймні природа співтовариства забезпечує таку гарантію, якщо є взагалі будь-який спосіб, її забезпечити. Який критерій може бути правильнішим, за рішення наукової групи?

Ці останні абзаци вказують на напрямки, на яких, я впевнений, слід шукати досконаліше розв'язання проблеми прогресу в науках. Можливо, вони натякають, що науковий прогрес не зовсім такий, яким на наш розсуд має бути. Але водночас вони показують, що якійсь вид прогресу неминуче характеризуватиме науку, доки вона існує, як підприємство. Науки не потребують прогресу іншого роду. Для більшої точності можемо відмовитися тут від додаткового припущення, явного або неявного, що зміни парадигм ведуть за собою вчених і студентів і підводять їх все ближче й ближче до істини.

Слід зауважити, що до останніх сторінок термін «істина» фігурував у нашій праці тільки в цитаті з Френсіса Бекона. І навіть тут його використовували тільки як джерело впевненості ученого, що несумісні правила наукової діяльності не можуть співіснувати, за винятком періоду революції, коли головне завдання вчених-професіоналів якраз і полягає в скасуванні всіх наборів правил, окрім одного. Процес розвитку, описаний в на-

рисі, являє собою процес еволюції від примітивних початків, процес, послідовним стадіям якого характерні деталізація і досконаліше розуміння природи. Але ніщо з того, що було чи буде сказано, не робить цей процес еволюції *спрямованим на щось*. Певно, ця прогалина стурбує багатьох читачів. Ми занадто звичаїлися розглядати науку як підприємство, що постійно наближається до якоїсь мети, заздалегідь встановленої природою.

Але чи необхідна така мета? Чи можемо ми не пояснювати існування науки, її успіх, виходячи з еволюції від якогось певного моменту відповідно до знань співтовариства? Чи справді нам треба вважати, що існує якесь повне, об'єктивне, істинне уявлення про природу, а належною мірою наукового досягнення є ступінь, яким воно наближає нас до цієї мети? Якщо ми навчимося заміщати «еволюцію до того, що сподіваємося дізнатися», «еволюцією від того, що знаємо», тоді безліч проблем, що дратують нас, можуть зникнути. Можливо, до таких проблем належить і проблема індукції.

Я ще не можу достатньо детально говорити про висновки з цього альтернативного погляду на науковий розвиток. Але він допомагає усвідомити, що концептуальне перетворення, пропонуване тут, дуже близьке до того, що його вжив Захід століття тому. Це особливо корисно, позаяк і тоді і тепер головна перешкода для цього перетворення одна й та сама. Коли Дарвін 1859 року уперше опублікував свою книгу з викладом теорії еволюції, що пояснюється природним добором, більшість професіоналів, швидше всього, непокоїло не поняття зміни видів і не можливе походження людини від мавпи. Докази, що вказують на еволюцію, заразом із еволюцію людини, збиралися десятиріччями, а ідея еволюції вже раніше була висунута і широко розповсюджена. Хоч ідея еволюції як така зустріла опір, передовсім з боку деяких релігійних груп, найважче, із чим зіткнулися дарвіністи, було пов'язане не з цим. Труднощі впливали з ідеї, що була ближчою до власних поглядів Дарвіна. Всі добре відомі додарвінівські еволюційні теорії Ламарка, Чемберса, Спенсера і німецьких натурфілософів представили еволюцію як процес, спрямований до мети. «Ідея» про людину та сучасну флору і фауну повинна була бути присутньою з першого творіння життя, можливо, в думках Бога. Ця ідея (або план) забезпечувала напрямок і керівну силу всьому еволюційному процесу. Кожна

нова стадія еволюційного розвитку була досконалішою реалізацією плану, що існував з від самісінького початку⁴.

Для багатьох людей спростування еволюції такого телеологічного типу було найзначнішим і найнеприємнішим з пропозицій Дарвіна⁵. «Походження видів» не визнавало жодної мети, встановленої Богом або природою. Натомість природний добір, що має до справи зі взаємодією певного середовища і реальних організмів, що населяють його, відповідав за поступове, але неухильне становлення організованіших, розвиненіших і набагато спеціалізованіших організмів. Навіть такі чудово пристосовані органи, як очі й руки людини, — органи, створення яких насамперед давало потужні аргументи на захист ідеї про існування вищого творця і первісного плану, — виявилися продуктами процесу, що неухильно розвивався *від* примітивних початків, але не *в напрямку до* якоїсь мети. Впевненість, що природний добір, що відбувається від простої конкурентної боротьби організмів за виживання, спромігся створити людину, разом із високорозвиненими тваринами і рослинами, було найтяжчим і найнеспокійнішим аспектом теорії Дарвіна. Що могли означати поняття «еволюція», «розвиток» і «прогрес» за браком певної мети? Для багатьох такі терміни видавалися самосуперечливими.

Аналогія, що пов'язує еволюцію організмів з еволюцією наукових ідей, може легко завести надто далеко. Але для розгляду питань цього завершального розділу вона цілком підходить. Процес, описаний в XII розділі як розв'язання революцій, являє собою добір через конфлікт в науковому співтоваристві найпридатнішого способу майбутньої наукової діяльності. Чистим результатом здійснення такого революційного добору, що визначається періодами нормального дослідження, є напрочуд пристосований набір інструментів, який ми називаємо сучасним науковим знанням. Послідовні стадії в цьому процесі розвитку знаменуються зростанням конкретності та спеціалізації. І весь цей процес може відбуватися, за нашими теперішніми

⁴ L. Eiseley. *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It*. N. Y., 1958, chaps. II, IV-V.

⁵ Про особливо точний опис того, як один видатний дарвініст намагався впоратися з цим питанням, див.: A. H. Dupree. *Asa Gray, 1810-1888*. Cambridge, Mass., 1959, pp. 295-306, 355-383.

уявленням про біологічну еволюцію, без допомоги будь-якої загальної мети, істини, що постійно фіксується, кожна стадія якої в розвитку наукового знання дає покращений зразок.

Кожний, хто простежив за нашою аргументацією, тим не менше відчує необхідність запитати, чому еволюційний процес має здійснюватися? Якою має бути природа, заразом із людиною, щоб наука була можлива взагалі? Чому наукові співтовариства мають досягти тривкої узгодженості, якої не можна досягнути в інших сферах? Чому узгодженість має супроводжувати перехід від однієї зміни парадигми до іншої? І чому зміна парадигми має постійно створювати інструменти, в будь-якому сенсі досконаліші, за ті, вже відомі? Під одним кутом зору, на ці запитання, за винятком першого, відповідь уже є. Але, під іншим кутом зору, вони залишаються такими само відкритими, якими були на початку нарису. Не тільки наукове співтовариство має бути специфічним. Світ, частиною якого є це співтовариство, також повинен мати геть специфічні характеристики; і ми отже нітрохи не наблизилися до відповіді на запитання про те, яким він має бути. Однак ця проблема — яким має бути світ для того, щоб людина могла пізнати його? — не породжена нашим нарисом. Навпаки, вона так само стара, як і сама наука, і так само довго залишається без відповіді. Але тут вона і не підлягає розв'язанню. Будь-яка концепція природи, що за тих чи інших доказів не суперечить зростанню науки, сумісна водночас із розвиненим тут еволюційним поглядом на науку. Позаяк цей погляд також сумісний з ретельними спостереженнями за науковим життям, існують вагомні аргументи, що переконують у тому, що цей погляд цілком придатний і для розв'язання безлічі проблем, що ще залишаються.

Доповнення 1969 року

Минуло майже сім років відтоді, як ця книга вперше побачила світ¹. За цей час і думки критиків, і моя власна подальша робота покращили моє розуміння порушених у ній проблем. У своїй основі моя позиція залишилася майже незмінною, але я усвідомлю тепер, що саме аспекти її первісного формулювання породили непотрібні труднощі і неправильне тлумачення. Позаяк у цьому якоюсь мірою винен я сам, висвітлення цих аспектів допоможе мені просунутися вперед, що, врешті-решт, може скласти основу для нового варіанта цієї книги². Так чи інакше, я радий нагоді намітити необхідні виправлення, прокоментувати деякі неодноразово висловлювані критичні зауваження і окреслити напрямки, якими розвиваються нині мої власні погляди³.

Деякі найістотніші труднощі, з якими зіткнулося розуміння

¹ Цей постскрипtum був уперше підготовлений за пропозицією д-ра Сигеру Накаяма з Токійського університету, який колись недовго був моїм студентом, але надовго залишався моїм другом, до зробленого ним японського перекладу цієї книги. Дякую йому за ідею, за його терпляче очікування її дозрівання і за його дозвіл включити результат цієї роботи у видання книги англійською мовою.

² До нинішнього видання я постарався не робити жодного систематичного доопрацювання, лише обмежився деякими виправленнями друкарських помилок. Були змінені також два уривки, які містили значні для загального ходу міркування помилки. Одна з них полягає в описі ролі «Начал» Ньютона в розвитку механіки XVIII ст., ще одна стосується реакції на кризу.

³ Інші намітки можна знайти у двох моїх останніх працях: *Reflection on My Critics*, in: I. Lakatos and A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge, 1970; *Second Thoughts on Paradigms*, in: F. Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, Ill., 1970 or 1971. Першу з цих праць я цитуватиму далі, скорочено називаючи її *Reflections*, а книгу, в якій вона побачила світ — *Growth of Knowledge*; другу працю згадуватиму під назвою *Second Thoughts*.

мого первісного тексту, концентруються навколо поняття парадигми. і я починаю обговорення саме з них⁴. В наступному параграфі я припускаю, що для того, щоб вийти з важкого становища, доцільно відділити поняття парадигми від поняття наукового співтовариства, і вказую на те, як це можна зробити, а також обговорюю деякі важливі наслідки, які є результатом такого аналітичного розподілу. Далі я розглядаю, що відбувається, коли парадигми знаходять через вивчення поведінки членів *раніше визначеного* наукового співтовариства. І тут стає зрозумілим, що термін «парадигма» часто вживається у двох різних значеннях. З одного боку, він означає всю сукупність переконань, цінностей, технічних засобів і т. ін., характерних для членів певного співтовариства. З другого боку, — вказує на один вид елементу в цій сукупності — конкретні розв'язання головоломок, які використані як моделі або приклади, можуть замінювати експліцитні правила та бути основою розв'язання головоломок нормальної науки. Перший сенс терміну, назвемо його соціологічний, розглядаємо нижче в 2-му параграфі; 3-й параграф присвячений парадигмам як зразковим досягненням минулого.

Принаймні з філософського погляду другий сенс «парадигми» глибший, і вимоги, що я висунув, уживши цей термін, є головними джерелами суперечок і неправильного розуміння, викликаних книгою, і особливо звинувачень у тому, що я представив науку як суб'єктивне і ірраціональне підприємство. Ці питання розглядаються в 4-му і 5-му параграфах. У 4-му параграфі доводиться, що терміни, на зразок «суб'єктивне» та «інтуїтивне» не можуть адекватно застосовуватися до компонентів знання, описаних мною як неявно присутні в загальновизнаних прикладах. Хоч таке знання не може бути перефразовано на підставі правил і критеріїв без його істотної зміни, тим не менше воно є систематичним, таким, що витримало перевірку часом і в певному сенсі його можна виправити. В 5-му параграфі йдеться про проблему вибору між двома несумісними теоріями, причому робиться стислий висновок, що людей з несумірними поглядами можна уявити як членами різних мовних співтова-

⁴ Найпереконливіша критика мого первісного уявлення парадигм дана в: M. Masterman. The Nature of a paradigm, in: Growth of Knowledge; D. Shapere. The Structure of Scientific Revolutions // Philosophical Review, LXXIII, 1964, pp. 383-394.

риств і що проблеми їхньої комунікації можна аналізувати як проблеми перекладу. Три інші проблеми обговорюємо в останніх параграфах — 6-му і 7-му. В 6-му параграфі розглядається обвинувачення в тому, що розвиток концепції науки в цій книзі наскрізь релятивістський. 7-й параграф починається зі з'ясування питання, чи справді, як стверджує дехто, страждає моя аргументація на плутанину між описовими і нормативними моделями, і завершується стислими зауваженнями з питання, що заслуговує окремого нарису, а саме, якою мірою доцільно застосовувати основні тези книги поза сферою науки.

1. Парадигми і структура наукового співтовариства

Термін «парадигма» вводиться на перших же сторінках книги, причому спосіб його введення приховує в собі логічне коло. Парадигма — це те, що об'єднує членів наукового співтовариства, і, навпаки, наукове співтовариство складається з людей, що визнають парадигму. Хоч не всяке логічне коло є порочним (я ще захищатиму подібний аргумент далі), та в цьому разі логічне коло є джерелом реальних труднощів. Наукові співтовариства можна і треба виокремити як об'єкт без звернення до парадигми; а її саму можна виявити згодом ретельним вивченням поведінки членів певного співтовариства. Якби цю книгу треба було написати ще раз, то її слід було б почати з розгляду співтовариства як особливої структури в науці, з питання, яке віднедавна стало важливим предметом соціологічного дослідження і до якого історики науки також починають придивлятися з належною серйозністю. Попередні результати, багато з яких ще не опубліковані, наводять на думку, що засоби емпіричного дослідження співтовариств зовсім не тривіальні, але все-таки деякі з них уже освоєні, а інші, безумовно, ще треба добре розробляти⁵.

⁵ W. O. Hagstrom. *The Scientific Community*. N. Y., 1965, ch. IV and V; D. J. Price and D. de B. Beaver. *Collaboration in an Invisible College* // *American Psychologist*, XXI, 1966, pp. 1011-1018; D. Crane. *Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the «Invisible College» Hypothesis* // *American Sociological Review*, XXXIV, 1969, pp. 335-352; N. C. Mullins. *Social Networks among Biological Scientists*, Ph. D. diss., Harvard University, 1966, and *The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group* (Повідомлення на щорічному засіданні Американської соціологічної асоціації. Бостон, 1968).

Більшість учених-дослідників відразу вирішують питання про свою належність до наукового співтовариства, вважаючи само собою зрозумілим, що належність до певної групи хоча б у загальних рисах визначає відповідальність за різноманітну спеціалізацію всередині групи. Відтак я припускаю, що для їх ідентифікації можна знайти систематичніші засоби. Натомість, щоб представляти попередні результати дослідження, дозвольте мені стисло пояснити ті інтуїтивні уявлення про наукове співтовариство, що переважно й склали основу попередніх розділів книги. Це ті самі уявлення, що тепер широко розповсюджені серед учених, соціологів і численних істориків науки.

Згідно з цими уявленнями, наукове співтовариство складається з дослідників певної наукової спеціальності. Значно більшою мірою, аніж у більшості інших галузей, вони отримали непогану освіту і професійні навички; в процесі навчання вони засвоїли одну і ту саму навчальну літературу і винесли з неї одні і ті самі уроки. Звичайно межі цієї літератури позначають межі предмета наукового дослідження, а кожне наукове співтовариство, зазвичай, має власний предмет дослідження. Є наукові школи, тобто співтовариства, що підходять до одного і того самого предмета з несумісних позицій. Але в науці це буває значно рідше, ніж в інших сферах людської діяльності; такі школи завжди конкурують між собою, але конкуренція звичайно швидко закінчується. Відтак члени наукового співтовариства вважають себе та й інші вважають так само єдиними людьми, відповідальними за розробку тієї чи іншої спільної системи цілей, разом з навчанням учнів і послідовників. У таких групах комунікація буває звичайно відносно повною, а професійні судження відносно одностайними. Позаяк, з другого боку, різні наукові співтовариства концентрують увагу на різних предметах дослідження, то професійні комунікації між відокремленими науковими групами іноді утруднені; результатом буває нерозуміння, а воно надалі може призвести до значних і непередбачених заздалегідь розбіжностей.

Співтовариства в цьому сенсі існують, звичайно, на безлічі рівнів. Найглобальнішим є співтовариство представників природничих наук. Трохи нижче в цій системі основних наукових професійних груп знаходиться рівень співтовариств фізиків, хіміків, астрономів, зоологів і т. ін. Для цих великих угруповань встановити належність того чи іншого вченого до співтова-

риства не становить великого питання, за винятком розташованих ближче до периферії співтовариства. Коли йдеться про установлені дисципліни, членство в професійних товариствах і читання журналів — от більш ніж достатні ознаки цієї належності. Подібно вирізняються й більші підгрупи: фахівці з органічної хімії, а серед них, можливо, з хімії білків, фахівці з фізики твердого тіла і фізики високих енергій, фахівці з радіоастрономії і т. ін. Тільки на наступному, нижчому рівні виникають емпіричні проблеми. Яким чином, взявши сучасний приклад, треба виокремити групу фахівців, що вивчають бактеріофаги перед тим, як ця група якимось чином публічно оформиться? З цією метою слід побувати на спеціальних конференціях, вивчити розподіл планів написання рукописів або прочитати гранки майбутніх публікацій, а головне, вдатися до вивчення формальних і неформальних систем комунікацій, заразом із тими, що розкриваються в листуванні і способах цитування⁶. Вважаю, що таку роботу можна зробити і вона буде зроблена принаймні у сфері сучасної науки і нещодавньої її історії. Зазвичай, так досліджують співтовариства, до яких входять, може, сто членів, іноді значно менші. Звичайно окремі вчені, передовсім найталановитіші, належать або водночас або послідовно до декількох груп такого типу.

Співтовариства такого виду — це ті елементарні структури, що в цій книзі представлені як засновники і будівничі наукового знання. Парадигми являють собою щось таке, що його приймають члени таких груп. Чимало аспектів науки, описаних на попередніх сторінках, навряд чи можна зрозуміти поза зверненням до природи цих елементів знання, що їх поділяє співтовариство. Але інші аспекти можна вивчити і не звертаючись до природи співтовариства, хоч у книзі я спеціально не зупинявся на цих аспектах. Отже, перед тим, як звертатися безпосередньо до парадигм, доцільно розглянути низку питань, для вирішення яких потрібен аналіз структури співтовариств.

Напевне, найгостріше питання полягає в тому, що я раніше називав переходом від до- до післяпарадигмального періоду в

⁶ E. Garfield. *The Use of Citation Data in Writing the History of Science*, Philadelphia. Institute of Scientific Information, 1964; M. M. Kessler. *Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing* // *American Documentation*, XVI, 1965, pp. 223-233; D. J. Price. *Networks of Scientific Papers* // *Science*, CIL, 1965, pp. 510-515.

розвитку наукової дисципліни. Цей перехід окреслено в II розділі нарису. Перед тим, як він відбувається, низка шкіл претендує на панівне становище в певній галузі науки. Після цього, слідом за деякими істотними науковими досягненнями, коло шкіл значно звужується (звичайно до однієї), і починається ефективніша форма наукової діяльності. Остання, зазвичай, буває езотеричною і спрямованою на розв'язання головоломок. Така робота групи можлива тільки тоді, коли її члени вважають, що підстави їхньої дисципліни не вимагають доказів.

Природа цього переходу до зрілості заслуговує на повніше, аніж у нашій книзі обговорення,; вона має цікавити передовсім тих, хто вивчає розвиток сучасних суспільних наук. Тут корисно збагнути, що такий перехід не має потреби (і, як я тепер гадаю, не повинен мати потреби) в тому, щоб його пов'язували з першим придбанням парадигми. Для членів усіх наукових співтовариств, разом зі школами допарадигмального періоду, загальними є види елементів, які я сукупно називав «парадигмою». Перехід до зрілості не порушує існування парадигми, а радше змінює її природу. Тільки після такої зміни можливе дослідження нормального розв'язання головоломок. Численні характерні риси розвиненої науки, які ми пов'язали з придбанням парадигми, я міг би, отже, обговорити тепер як наслідки застосування якоїсь парадигми, що ідентифікує складні загадки, пропонуючи до них ключі, і гарантує, що справді здібний дослідник неодмінно досягне успіху. Очевидно, лише певні свідомості того, що їхня наукова дисципліна (або школа) володіє парадигмами, можуть відчувати, що перехід до нової парадигми супроводжуватиметься жертвою чогось дуже істотного.

Друге, важливіше, принаймні для істориків, питання полягає в тому, що в цій книзі наукові співтовариства, хоч неявно, отожднюються з окремими галузями наукового дослідження. Така ідентифікація зустрічається у мене в декількох місцях, позаяк, скажімо, «фізична оптика», «електрика» і «теплота» мусять означати також наукові співтовариства, бо ці слова вказують на предмет дослідження. Єдина альтернатива такому розумінню, яку, здається, дозволяє моя книга, в тому, що всі ці предмети належать науковому співтовариству фізиків. Ідентифікація цього виду звичайно не витримує перевірки, на що не раз вказували мої колеги по історії науки. Не було, наприклад, жодного фізичного співтовариства до середини XIX ст. Воно було утворене

пізніше внаслідок злиття двох раніше окремих співтовариств: математиків і представників натуральної філософії (*physique experimentale*). Те, що сьогодні становить предмет дослідження для одного широкого наукового співтовариства, так чи інакше було розподілене серед колишніх різноманітних співтовариств. Інші, вужчі предмети дослідження, наприклад теплота і теорія побудови матерії, існували тривалі періоди часу, не перетворюючись на особливу частину якогось окремого наукового співтовариства. І нормальна наука, і наукові революції є тим не менше видами діяльності, заснованими на існуванні співтовариств. Щоб розкрити і вивчити ці діяльності, слід насамперед пояснити діахронічну зміну структури співтовариств в науці. Насамперед парадигма керує не сферою дослідження, а групою учених-дослідників. Будь-який аналіз дослідження, що спрямований парадигмою або веде до потрясінню її засад, має починатися з визначення відповідальної за проведення цього дослідження групи або груп.

Коли ось так підходять до аналізу розвитку науки, деякі труднощі, що були центром уваги для критики, певне, мають зникнути. Чимало коментаторів, скажімо, послуговувалися теорією побудови матерії, щоб викликати думку, що я занадто вже перебільшив однастайність учених у їхній прихильності до парадигми. Ще порівняно недавно, кажуть вони, ці теорії були об'єктами постійних розбіжностей і дискусій. Я згідний із зауваженням, але, гадаю, воно не може бути контрприкладом. Теорії побудови матерії не були, принаймні приблизно до 1920 року, особливою галуззю певного наукового співтовариства або предметом його дослідження. Натомість вони були інструментами для багатьох груп різноманітних фахівців. Інколи члени різноманітних співтовариств обирали різні інструменти і критикували вибір, зроблений іншими. Ще важливіше, що теорії побудови матерії не є тим видом проблеми, стосовно якої навіть члени одного і того самого наукового співтовариства обов'язково повинні погоджуватися. Необхідність погодження залежить від того, чим займається співтовариство. У цьому сенсі хімія першої половини ХІХ ст. може бути прикладом. Хоч деякі з основних інструментів наукового співтовариства — постійність складу, кратні відношення і комбінації ваги — стали узвичаєними завдяки атомістичній теорії Дальтона, після створення цієї теорії хіміки могли цілком обґрунтувати свої праці

названими інструментами, і тим не менше сперечатися, іноді дуже пристрасно, про існування самих атомів.

Точно так само, я впевнений, можна розв'язати і деякі інші ускладнення й непорозуміння. Почасти внаслідок моїх прикладів, а почасти внаслідок неясності міркування про природу і розміри відповідних наукових співтовариств, деякі читачі книги дійшли висновку, що мене насамперед або винятково цікавлять великі наукові революції, революції, пов'язані з іменами Коперніка, Ньютона, Дарвіна або Ейнштейна. Виразніше зображення структури співтовариств, однак, допомогло б посилити цілком інше враження, створити яке було моєю метою. Для мене революція — це вид зміни, яка включає певний вид реконструкції приписів, якими керується група. Але це не обов'язково має бути велика зміна або здаватися революційною тим, хто знаходиться поза окремим (замкнутим) співтовариством, яке нараховує, можливо, не більше 25 чоловік. Саме тому, що означений тип зміни, менш визнаний або такий, що його зрідка розглядають в літературі з філософії науки, виникає так регулярно на цьому рівні, потрібне розуміння природи революційних змін як протилежних кумулятивним.

Ще одна поправка, тісно пов'язана з усім попереднім, може допомогти полегшити це розуміння. Чимало критиків сумнівалися, чи передуює криза, тобто загальна свідомість того, що щось відбувається не так, революції в науці з такою ж неминучістю, як припускалося в моєму первісному тексті. Однак у моїх аргументах ніщо істотно не залежить від тієї передумови, що революціям неминучо передують кризи; треба визнати лише, що звичайно кризи — це нібито прелюдія, тобто передумова, яка підживлює саморегульований механізм, що впевнює нас у тому, що міцність нормальної науки не є вічною і непохитною. Революції можуть бути викликані й інакше, хоч я гадаю, таке буває зрідка. Крім того, хочеться сказати, що згадані нами неясності викликані браком адекватного обговорення структури співтовариств: кризи не обов'язково породжує робота співтовариств, яке зазнає їхнього впливу та інколи внаслідок кризи охоплюється революцією. Нові засоби дослідження, інструменти, на зразок електронного мікроскопу, або нові закони, подібно до законів Максвелла, можуть розвиватися в межах однієї галузі науки, а їхнє сприймання створює кризу в іншій.

2. Парадигми як набори приписів для наукової групи

Повернімося тепер до парадигм і з'ясуємо, що вони можуть являти собою. Це найважливіше і водночас найтемніше питання із числа не вирішених у першому виданні. Один прихильний читач, що поділяє мою впевненість в тому, що словом «парадигма» називаються головні філософські елементи книги, підготував частковий аналітичний покажчик і дійшов висновку, що цей термін використано принаймні у двадцять два різні способ⁷. Більшість з цих відмінностей з'являється, я думаю, через стилістичні неузгодженості (наприклад, закони Ньютона виявляються іноді парадигмою, іноді частинами парадигми, а, буває, мають парадигмальний характер, тобто замінюють парадигму). Ці стилістичні розбіжності можна порівняно легко усунути. Але, завершуючи редакторську роботу, залишаю два різні вживання цього терміну. В цьому параграфі розглядаю його загальніше використання, в наступному — другий його сенс.

Вирізняючи особливе співтовариство фахівців у спосіб, подібним до того, що ми його щойно обговорювали, доцільно запитати, що об'єднує його членів? (Завдяки цьому ми з'ясуємо відносну повноту їхньої професійної комунікації і відносну одностайність їхніх професійних суджень.) Парадигма або безліч парадигм — таку відповідь на поставлене запитання дає первісний текст моєї книги. Але для такого використання, що вирізняється від того, що ми тут обговорюватимемо, термін «парадигма» не підходить. Учені й самі звичайно говорять, що поділяють теорію або безліч теорій, і я буду радий, якщо цей термін врешті-решт все-таки придатним і в цьому сенсі. Однак термін «теорія» у сенсі, в якому його звичайно вживають у філософії науки, означає структуру набагато обмеженішу за її природою і обсягом, ніж структура, яка потрібна тут. Доки термін може бути вільний від домислів, слід уникати введення іншого. Щоб запобігти непорозумінню, я пропоную термін «дисциплінарна матриця»: «дисциплінарна» тому, що вона враховує звичну належність учених-дослідників до певної дисципліни; «матриця» — бо вона складена з різних упорядкованих елементів, причому кожний з них вимагає подальшої специфікації. Всі або більшість приписів з тієї групи приписів, яку я в

⁷ Masterman, *Op. cit.*

первісному тексті називаю парадигмою, частиною парадигми або такою що має парадигмальний характер, є компонентами дисциплінарної матриці. В цій якості вони утворюють єдине ціле і функціонують як єдине ціле. Тим не менше я не розглядатиму їх надалі так, ніби вони склали єдине ціле. Я не намагатимуся дати їхній вичерпний список, але не можу не помітити, що головні види компонентів, що складають дисциплінарну матрицю, водночас з'ясовують суттєвість мого власного підходу нині і підводять читача щодо одного моменту.

Один із важливих видів компонентів, що складають матрицю, я називатиму «символічними узагальненнями», маючи на увазі ті вирази, які члени наукової групи використовують без сумнівів і розбіжностей, які без особливих зусиль можна вбрати в логічну форму типу $(x) (y) (z) \phi (x, y, z)$. Вони являють собою компоненти дисциплінарної матриці, що мають формальний характер або легко формалізуються. Іноді вони набувають символічної форми в готовому вигляді від самого початку, з моменту їхнього відкриття: $F = ma$ або $I = V/R$. В інших випадках вони звичайно виражені словами, наприклад: «елементи з'єднуються в постійних вагових пропорціях» або «дія дорівнює протидії». Тільки завдяки загальному визнанню висловів, як оці, члени наукової групи можуть застосовувати потужний апарат логічних і математичних формул у своїх зусиллях розв'язати головоломки нормальної науки. Хоч приклад таксономії підказує, що нормальна наука може розвиватися на основі лише невеликого числа подібних виразів, міць наукової дисципліни, як на мене має, взагалі кажучи, зростати у міру того, як збільшується кількість символічних узагальнень, що надходять в розпорядження учених-дослідників.

Ці узагальнення зовні нагадують закони природи, але для членів наукової групи їхні функції, зазвичай, цим не обмежуються. Але іноді вони бувають законом, наприклад, закон Джоуля-Ленца: $H = RI^2$. Коли цей закон було відкрито, члени наукового співтовариства вже знали, що означають H , R і I , і це узагальнення просто повідомило їм про поведінку теплоти, струму і опору щось таке, чого вони не знали раніше. Однак, як показує обговорення питання в книзі, частіше символічні узагальнення виконують водночас і другу функцію, що її звичайно різко відокремлюють від першої дослідники в галузі філософії науки. Подібно до законів $F = ma$ або $I = V/R$, ці узагальнення

функціонують не тільки як закони, а й визначення якихось внутрішніх символів. Більше того, співвідношення між неподільно пов'язаними здібностями встановлення законів і дефінування з плином часу змінюється. Ці проблеми заслуговують на детальніший аналіз, позаяк природа приписів, що впливають із закону, значно вирізняється з природи приписів, заснованих на визначенні. Закони часто припускають часткові виправлення на відміну від визначень, що, будучи тавтологіями, не дозволяють подібних поправок. Наприклад, одна з вимог, що впливають із закону Ома, полягала в тому, щоб іще раз визначити як поняття «струм», так і поняття «опір». Якби ці терміни вживати в їхньому колишньому сенсі, закон Ома був б неправильний. Саме тому його так жорстко заперечували на відміну, скажімо, від закону Джоуля-Ленца⁸. Ймовірно, це типова ситуація. Я навіть підозрюю, що всі революції окрім всього іншого, тягнуть за собою відмову від узагальнень, сила яких трималася раніше певною мірою на тавтологіях. Чи показав Ейнштейн, що одночасність відносна, чи він змінив саме поняття одночасності? Хіба ті, кому здавалася парадоксальною фраза «відносність одночасності», просто помилялися?

Розглянемо тепер другий тип компонентів, дисциплінарної матриці. Про нього я вже багато сказав в основному тексті. Це такі складові матриці, які я називаю «метафізичними парадигмами» або «метафізичними частинами парадигм». Маю на увазі загальноновизнані приписи, такі, як: теплота — це кінетична енергія частин, з яких складається тіло; всі сприймані нами явища існують завдяки взаємодії в порожнечі якісно однорідних атомів, або, навпаки, — внаслідок сили, що діє на матерію, або завдяки дії полів. Якби мені довелося переписати книгу наново, я зобразив би такі приписи, як упевненість у специфічних моделях і поширив би категоріальні моделі настільки, щоб вони включали також більш-менш евристичні варіанти: електричний ланцюг можна було б розглядати як своєрідну стійку гідродинамічну систему; поведінку молекул газу можна була б зіста-

⁸ Опис цього епізоду в його основних моментах см: T. M. Brown. *Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics // Historical Studies in the Physical Sciences*, I, 1969, pp. 61-103; M. Schagrin. *Resistance to Ohm's Law // American Journal of Physics*, XXI, 1963, pp. 536-547.

вити з хаотичним рухом маленьких пружних більярдних кульок. Хоч сила приписів наукової групи змінюється вздовж спектра концептуальних моделей, починаючи від евристичних і закінчуючи онтологічними моделями, — а звідси, між іншим, впливає ряд нетривіальних наслідків, — всі моделі, тим не менше мають схожі функції. Крім того, вони постачають наукову групу прийнятнішими і допустимішими аналогіями і метафорами. Відтак, вони допомагають визначити, що треба прийняти як розв'язання головоломки і як пояснення. І, навпаки, вони дозволяють уточнити перелік нерозв'язаних головоломок і сприяють в оцінці значущості кожної із них. Відзначимо, однак, що члени наукових співтовариств зовсім не зобов'язані погоджуватися зі своїми колегами з приводу навіть евристичних моделей, хоча звичайно вони й схильні до цього. Я вже наголошував на тому, що для того, щоб бути членом співтовариства хіміків протягом першої половини ХІХ ст., не було необхідності вірити в існування атомів.

Третім видом елементів дисциплінарної матриці я вважаю цінності. Зазвичай, з ними згоджуються різні співтовариства швидше, за символічні узагальнення або концептуальні моделі. І почуття єдності у співтоваристві вчених-природознавців виникає багато в чому саме внаслідок спільності цінностей. Хоча вони функціонують постійно, їхня надважливість виявляється тоді, коли члени того чи іншого наукового співтовариства мають виявити кризу або — згодом — стати один із несумісних шляхів дослідження в їхній галузі науки. Мабуть, найглибше вкорінені цінності, стосуються передбачень: вони мають бути точними; кількісні передбачення мають бути бажанішими порівняно з якісними; в будь-якому разі в межах певної галузі науки слід постійно піклуватися про дотримання припустимої межі помилки і т. ін. Однак існують і такі цінності, що їх використовують для ухвали рішення стосовно цілих теорій: передовсім, і це найістотніше, вони мають дозволяти формулювати і розв'язувати головоломки. Причому відповідно до можливостей цінності мають бути простими, не самосуперечливими і правдоподібними, тобто сумісними з іншими, паралельно і незалежно розвиненими теоріями. (Я тепер думаю, що нестача уваги до таких цінностей, як внутрішня і зовнішня послідовність у розгляді джерел кризи і чинників у виборі теорії, являла собою слабкість мого основного тексту.) Існують такі самі інші види цінностей, скажі-

мо, погляд, що наука повинна (або не повинна) бути корисною для суспільства, однак із попереднього викладу вже ясно, що я маю на увазі.

Та про один аспект узвичаєних цінностей слід згадати особливо. Значно більшою мірою, ніж інші види компонентів дисциплінарної матриці, цінності можуть бути спільними для людей, що водночас застосовують їх по-різному. Судження про точність, хоч і не повністю, але принаймні відносно, стабільні для різних моментів часу і для різних членів конкретної наукової групи. Але судження різних осіб про простоту, логічність, імовірність і т. ін. часто значно розходяться. Те, що для Ейнштейна було цілком недоречним у старій квантовій теорії, що унеможливило розвиток нормальної науки, — все це для Бора та інших фізиків видавалося труднощами, на подолання яких можна було сподіватися, покладаючись на засоби лише нормальної науки. Ще важливіше в ситуаціях, коли слід було б вдатися до цінностей, те, що різні цінності, що їх використовували ізольовано від інших, часто звичайно визначали і різний вибір засобів для подолання труднощів. Одна теорія може бути точнішою, але не такою послідовною або правдоподібною, ніж інша. Знов-таки за приклад може слугувати стара квантова теорія. Отже, хоч цінності бувають широко визнаними серед учених і хоча зобов'язання щодо них визначають і глибину, і конструктивність науки, тим не менше, конкретне застосування цінностей іноді дуже залежить від особливостей особистості і біографій, що вирізняють членів наукової групи.

Багатьом читачам попередніх розділів ця характеристика впливу узвичаєних цінностей видалася явною ознакою слабкості моєї позиції. А що я наполягаю на тому, що узвичаєні цінності самі собою ще не є достатніми для того, щоб забезпечувати повну згоду в таких питаннях, як вибір конкуруючих теорій, або розрізнення звичайної аномалії і аномалії, що приховує в собі початок кризи, то несподівано для самого себе мене звинуватили в уславленні суб'єктивності і навіть ірраціональності⁹.

⁹ Див. передовсім: D. Shapere. *Meaning and Scientific Change*, in: *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*. The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III. Pittsburgh, 1966, pp. 41-85; I. Scheffler. *Science and Subjectivity*. N. Y., 1967, а також статті К. Поппера і Лакатоша в книзі *Growth of Knowledge*.

Але ця реакція ігнорує дві характеристики, на які вказують ціннісні судження в будь-якій сфері. По-перше, узвичаєні цінності можуть бути важливими детермінантами поведінки групи навіть в тому разі, якщо не всі її члени застосовують їх однаково. (Якби це було не так, то не могло б бути жодних *спеціальних* філософських проблем, що складають предмет аксіології або естетики). Не всі люди малювали однаково протягом того періоду часу, коли точність зображення була головною цінністю, але модель розвитку образотворчих мистецтв різко змінилася відтоді, як митці зреклися подібної цінності¹⁰. Уявити тільки, що сталося б у науках, якби узгодженість перестала б вважатися первинною цінністю. По-друге, індивідуальна модифікація в застосуванні узвичаєних цінностей може відігравати вельми істотну роль в науці. Питання, в яких застосовуються цінності, постійно є питаннями, для вирішення яких необхідно ризикувати. Більшості аномалій позбуваються нормальними засобами; і більшість заявок на нові теорії також виявляються безпідставними. Якби всі члени співтовариства розглядали кожну аномалію як джерело кризи чи були готові приймати кожну нову теорію колеги, наука припинила б існування. З другого боку, якби ніхто не відгукнувся на виникнення аномалій або на новоспечені теорії вищого ступеня ризикованими ходами, то в науці було б значно менше революцій або й не було б їх взагалі. В подібних ситуаціях звернення до узвичаєних цінностей скоріше, ніж до узвичаєних правил, може бути тим прийомом, що регулює індивідуальний вибір, за допомогою якого співтовариство розподіляє ризик між дослідниками і, отже, на тривалий час гарантує успіх своєму науковому підприємству.

Тепер звернімося до четвертого виду елементів дисциплінарної матриці, що є останнім, розглянутим тут, хоч, взагалі, існують й інші види. Для цього виду елементів термін «парадигма» був би повністю доречним як лінгвістично, так і автобіографічно. Саме цей компонент узвичаєних групових приписів насамперед навів мене до вибору цього слова. Тим не менше, позаяк цей термін зажив своїм власним життям, я заміню його словом «зразки». Під цим видом елементів я маю на увазі насамперед конкретне розв'язання проблеми, з яким стикаються студенти від самого початку своєї наукової підготовки в лабо-

¹⁰ Див. обговорення на початку XIII розділу.

раторіях, на іспитах або наприкінці розділів використовуваних ними навчальних посібників. Ці визнані приклади треба, однак, доповнити принаймні деякими технічними розв'язками проблем, узятих із періодичної літератури, з якими стикаються вчені в процесі післяуніверситетської самостійної дослідницької роботи і які для них також є прикладом того, як «твориться» наука. Відмінності між системами «зразків» які більшою мірою, ніж інші види елементів, складають дисциплінарну матрицю, визначають тонку структуру наукового знання. Всі фізики, приміром, починають із вивчення одних і тих само зразків: задачі — похила площина, конічний маятник, кеплерівські орбіти; інструменти — верньєр, калориметр, місток Вітстона. Та в міру того, як триває їхнє навчання, символічні узагальнення, на які вони спираються, все частіше ілюструються різними зразками. Хоч фахівці з фізики твердого тіла і фахівці з теорії полів знають рівняння Шредингера, загальними для обох груп є лише його елементарніші застосування.

3. Парадигми як загальновизнані зразки

Парадигма як загальновизнаний зразок є центральним елементом того, що я тепер вважаю найновішим і щонайменше зрозумілим аспектом цієї книги. Відтак саме зразки заслуговують тут на більшу увагу, ніж інші компоненти дисциплінарної матриці. Філософи науки звичайно не обговорювали проблем, з якими стикається студент в лабораторіях або при засвоєнні навчального матеріалу, усе це вважалось лише практичною роботою в процесі застосування знань студента. Він не може, говорили філософи науки, розв'язати жодної проблеми взагалі, не вивчивши перед цим теорію і деякі правила її застосування. Наукове знання втілюється в теорії і правилах; проблеми ставляться таким чином, щоб забезпечити легкість в застосуванні цих правил. Тим не менше, я спробував довести, що таке обмеження пізнавального змісту науки помилкове. Після того як студент уже розв'язав безліч задач, надалі він може лише вдосконалитися у своїй навичці. Але від самого початку і ще якийсь час потому розв'язання задач являє собою спосіб вивчення закономірностей явищ природи. За браком таких зразків закони і теорії, що їх студент задалегідь вивчив, мали б бідний емпіричний зміст.

Щоб показати, що я маю на увазі, дозволю стисло повернутися до символічних узагальнень. Одним із широкоvizнаних прикладів є другий закон Ньютона, звичайно втілений у формулі $F = ma$. Соціолог або, скажімо, лінгвіст, які виявлять, що відповідний вираз сформульований в аподиктичній формі й прийнятий всіма членами даного наукового співтовариства, не зрозуміють без численних додаткових досліджень більшу частину того, що означають вирази або терміни в цій формулі, та й те, як учені співтовариства узгоджують цей вираз із природою. Справді, той факт, що вони приймають його без заперечень і використовують його як засіб, яким вводяться логічні і математичні операції, саме собою, ще зовсім не означає, що вони погоджуються щодо таких питань, як значення і застосування цих понять. Звичайно, з більшою частиною цих питань вони згодні, інакше це одразу відбилосся б на науковому спілкуванні. Але, з якою метою і застосуванням яких засобів вони досягли цієї згоди? Як вони, зіткнувшись із даною експериментальною ситуацією, навчилися добирати відповідні сили, маси і прискорення?

Хоч на цей аспект ситуації зрідка звертають увагу або взагалі не звертають, практичні студенти повинні вивчити навіть щось іще складніше. І річ не в тім, що логічні й математичні операції застосовувані безпосередньо до виразу $F = ma$. Якщо придивитись пильніше, цей вираз виявляється немов би законом-схемою. У міру того, як студент або вчений-дослідник переходять від однієї проблемної ситуації до іншої, символічне узагальнення, до якого застосовуються такі операції, змінює свою колишню форму. Коли йдеться про вільне падіння, $F = ma$ на-

буває вигляду: $mg = m \frac{d^2 s}{dt^2}$. Для простого маятника воно перетворюється на формулу $mg \sin \theta = -ml \frac{d^2 \theta}{dt^2}$. Для пари

взаємодійних гармонійних осциляторів записуються два рівня-

ня: перше з них має вигляд $m_1 \frac{d^2 s_1}{dt^2} + k_1 s_1 = k_2 (s_2 - s_1 + d)$.

А для складніших ситуацій, таких, як гіроскоп, воно набуває й інших форм, похідний характер яких щодо рівності $F = ma$ розкрити буває ще важче. Однак, навчившись ідентифікувати сили, маси і прискорення в різноманітних фізичних ситуаціях,

що не зустрічалися раніше, студент навчається також будувати певний варіант формули $F = ma$, внаслідок якої різноманітні ситуації узгоджуються між собою; часто варіант, з яким він стикається, не мав раніше жодного точного еквівалента. Як же в такому разі студент навчається такому застосуванню?

Ключем для цього питання стає явище, добре відоме як студентам, так і історикам науки. Від перших регулярно можна почути, що вони від а до я прочитали розділ підручника, геть усе, в ньому зрозуміли, але, тим не менше вагаються у розв'язанні низки задач, які пропонуються наприкінці розділу. Звичайно ці труднощі долають уже відомим історії науки способом. Студент за допомогою або без допомоги свого інструктора знаходить спосіб *уподібнювати* задачу тим, з якими він уже зустрічався. Побачивши схожість, вловивши аналогію між двома і більше, різними задачами, студент починає інтерпретувати символи і приводити їх до відповідності з природою тими способами, які ще раніше довели свою ефективність. Скажімо, формула закону $F = ma$ функціонувала як своєрідний інструмент, інформуючи студента про те, що існують аналогії для неї, позначаючи своєрідний гештальт, через призму якого слід розглядати теперішню ситуацію. Отак сформована здатність в усій різноманітності ситуацій бачити щось схоже між ними (як відправні точки для $F = ma$ або якогось іншого символічного узагальнення) гадаю,— головний, набуток студента, який розв'язує задачі-зразки з олівцем і папером або в добре обладнаній лабораторії. Після того, як він виконав певне число таких задач або вправ (їх кількість може змінюватися залежно від його індивідуальних рис), він дивиться на ситуації вже як учений, тими самими очима, як інші члени групи з певної спеціальності. Для нього ці ситуації вже не такі самі, як ті, з якими він мав справу, приступаючи до виконання навчальних завдань. Тепер він володіє способом бачення, перевіреном часом і дозволенім науковою групою.

Роль надбаних відносин подібності ясно простежується також в історії науки. Учені розв'язують головоломки, моделюючи їх на колишні розв'язання головоломок, причому часто зі щонайменшим запасом символічних узагальнень. Галілей виявив, що куля, яка скочується похилою площиною, набуває лише такої швидкості, яка їй дає можливість піднятися на ту саму висоту іншою похилою площиною з довільним кутом нахилу.

Згодом у цій експериментальній ситуації він навчився знаходити схожість із коливанням маятника як вантажу, що має точечну масу. Згодом Гюйгенс розв'язав задачу знаходження центру коливань фізичного маятника, уявляючи, що видовжене тіло останнього складене з точечних маятників Галілея, зв'язки між якими можуть миттєво вивільнитися в будь-якій точці коливання. Після того як зв'язки розірвані, кожний точечний маятник окремо робить вільні коливання, та, коли кожний з них досягав найвищої точки, їхній загальний центр ваги піднімався, як центр ваги маятника Галілея, тільки на таку висоту, з якої центр ваги видовженого маятника почав падати. Нарешті, Даніель Бернуллі виявив, яким чином уподібнити маятнику Гюйгенса цівку води з отвору. Для цього треба визначити зниження центру ваги води в судині і траєкторію цівки протягом нескінченно малого проміжку часу. Уявіть далі, що кожна частка води, одна за одною, рухається окремо вгору до максимальної висоти, якої досягає зі швидкістю, що її вона набуває протягом певного проміжку часу. У такому разі підвищення центру ваги індивідуальних часток має дорівнювати пониженню центру ваги води в судині і в цівці. Ось так уявивши проблему, Бернуллі відразу визначив швидкість витікання рідини з отвору¹¹.

Цей приклад допоможе пояснити, що я маю на увазі, коли пишу про здатність використовувати розв'язання задачі за зразок у пошуках аналогічних задач як об'єктів для застосування тих само наукових законів і формул (*law-sketch*). Водночас із цього ж таки прикладу видно, чому я розглядаю логічне знання про природу як надбане в процесі встановлення схожості різноманітних ситуацій і внаслідок цього втілене радше в способі бачення фізичних ситуацій, аніж у правилах або законах. Три задачі, наведені як приклад, причому кожна являє собою класичний зразок механіки XVIII ст., розкривають тільки один закон природи.

¹¹ Наприклад, див.: R. Dugas. *A History of Mechanics*. Neuchatel, 1955, pp. 135-136, 186-193; D. Bernoulli. *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum*. Strasbourg, 1738. Sec. III. Про ступінь, якої досяг прогрес механіки протягом першої половини XVIII ст. моделюванням одного розв'язання проблеми за допомогою іншого, див.: C. Truesdell. *Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's «Principia»* // *Texas Quarterly*, X, 1967, pp. 238-258.

Цей закон, відомий також як принцип *vis viva*, звичайно формулювався так: «Фактичне пониження дорівнює потенційному підвищенню». Застосування Бернуллі цього закону мало показати, наскільки логічним був цей принцип. Однак його словесний виклад сам собою, по суті, нічого не дає. Уявіть собі сучасного студента-фізика, котрий знає необхідні формулювання і може вирішити всі ці задачі, але використовує для цього інші засоби. А згодом уявіть собі, що ці формулювання, хоч він і знав їх усіх, можуть сказати людині, яка навіть не знайома з фізичними задачами. Для нього узагальнення набувають чинності тільки тоді, коли він навчиться пізнавати «фактичні падіння» і «потенційні піднесення». Та коли він про це дізнається, то матиме певні відомості про інгредієнти природних процесів, про ситуації, які або є, або їх немає в природі, раніше, ніж про закон. Цей вид знання не досягається винятково вербальними засобами. Він, радше, вбирається в слова разом із конкретними прикладами того, як вони функціонують насправді; природу і слово осягають разом. Запозичуючи ще раз вдалу фразу М. Поляні, хочу підкреслити, що результатом цього процесу є «неявне знання», яке набувають, радше, практичною участю в науковому дослідженні, ніж засвоєнням правил, що регулюють наукову діяльність.

4. Неявне знання та інтуїція

Звернення до неявного знання і відповідно до відкидання правил дозволяє нам виокремити ще одну проблему, яка непокоїть багатьох критиків і, ймовірно, стала підставою для обвинувачень в суб'єктивності та ірраціоналізмі. Деякі читачі сприйняли мою позицію так, неначе я намагаюся побудувати будинок науки на неаналізованих, індивідуальних інтуїтивних опорах, а не на законах і логіці. Але така інтерпретація неправильна в двох істотних аспектах. По-перше, якщо я й кажу про інтуїтивні основи, то не про індивідуальні. Швидше це перевірені засади, що знаходяться у спільному набутку наукової групи, засади, якими вона успішно послуговується, а новачки залучаються до них завдяки тренуванню, — невід'ємною частиною їхньої підготовки до участі в діяльності наукової групи. По-друге, не можна сказати, що ці засади взагалі не придатні до аналізу. Навпаки, нині я працюю над програмою для обчис-

лювальної машини, що дозволила досліджувати їхні властивості на елементарному рівні.

Щодо цієї програми, то нічого істотного я тут не можу сказати про неї¹², але й проста згадка про неї для мене дуже важлива. Коли я говорю про знання, втілені в загальноновизнаних прикладах, я не маю на увазі ту його форму, що не так систематизована або придатна до аналізу гірше, ніж знання, закріплене в правилах, законах або критеріях ідентифікації. Навпаки— маю на увазі спосіб пізнання, що його тлумачать неправильно. Намагаючись реконструювати, відповідно до правил, що первісно абстраговані зі зразків і функціонують замість них. Або — інакше кажучи — коли я говорю про надбання завдяки зразкам здатності знаходити схожість певної ситуації на одні ситуації та її відміну від інших, що зустрічалися раніше, то не маю на увазі процес, який не можна було б повністю пояснити, покладаючись на нейроцеребральний механізм. Я лише стверджую, що таке пояснення за самою його суттю не відповідає на запитання: «Схожі стосовно чого?» З'ясування цього питання вимагає певного правила, у цьому разі — критеріїв, за якими ті чи ті ситуації групуються в системи на підставі схожості. Я стверджую також, що в цьому разі не слід спокушатися пошуками критеріїв (або принаймні повного набору критеріїв). Однак те, проти чого я виступаю, це не система, а певний поодинокий вид систем.

Щоб ця моя позиція була ґрунтовніша, мушу трохи відхилитися від основного викладу. Те, що я скажу, мені тепер здається самоочевидним, але постійне звернення в основному тексті до фраз, на кшталт «Світ змінюється», показує, що було так не завжди. Якщо дві людини знаходяться в одному і тому самому місці і пильно дивляться з одним напрямку, то, аби уникнути небезпеки соліпсизму, нам треба сказати, що на них впливають схожі стимули. (До того ж якщо обидва дивляться абсолютно в одну й ту саму точку, то стимули мають бути ідентичними.) Але люди не бачать стимулів; наше знання про них вищого ступеня теоретичне й абстрактне. Натомість вони мають відчуття, і в такому разі ми цілком не зобов'язані вважати, що відчуття обох спостерігачів мають бути тими самими. (Скептики можуть нагадати про те, що несприймання деяких кольорів ніколи не від-

¹² Деяку інформацію з цього приводу можна знайти в: «Second Thoughts».

значалася, доки Д. Дальтон 1794 року описав його). Навпаки, між впливом на нас стимулу і усвідомленням відчуття завжди має місце безліч процесів, у нервовій системі. А те дещо, що ми знаємо з про це упевненістю, полягає ось у чому: навіть надто різні стимули можуть викликати однакові відчуття, і той самий стимул може викликати дуже різні відчуття; нарешті, перетворення стимулу у відчуття частково зумовлене вихованням. Люди, виховані в різних суспільствах, інколи поводяться так, немов би бачать різні речі. Якби у нас не було спокуси ідентифікувати кожний стимул з відповідним відчуттям, то ми могли б визнати, що люди справді сприймають одні й ті самі речі як різні.

Тепер звернімо увагу на те, що дві групи, члени яких систематично по-різному відчувають один і той самий стимул, у певному сенсі живуть в різноманітних світах. Ми говоримо про існування стимулу, щоб пояснити наші відчуття світу, і ми говоримо про незмінність цих відчуттів, щоб уникнути як індивідуального, так і суспільного соліпсизмів. Жоден з цих постулатів не потребує жодних моїх застережень. Проте наш світ утворюють насамперед не стимули, а об'єкти, які є джерелами наших відчуттів, і їм зовсім не треба бути однаковими, якщо ми йтимемо від індивіда до індивіда або від групи до групи. Звичайно, тою мірою, якою індивіди належать до однієї і тієї самої групи і, отже, мають однакову освіту, мову, досвід і культуру, ми цілком можемо вважати, що їхні відчуття однакові. Інакше як нам зрозуміти ту повноту їхньої комунікації і спільність поведінки, якими вони відповідають на вплив свого середовища? Вони повинні бачити речі і обробляти стимули багато в чому однаково. Але там, де починається диференціація і спеціалізація групи, ми не знаходимо ось такого очевидного potwierдження незмінності відчуття. Підозрюю, що це просто обмеженість погляду спонукає нас вважати, перехід від стимулу до відчуття однаковим для членів усіх груп.

Повертаючись тепер знову до зразків і правил, я, хоч і попередньо, хочу запропонувати таке. Один із фундаментальних допоміжних засобів, за допомогою яких члени групи— чи то цивілізація чи співтовариство якихось її фахівців— навчаються бачити одні й ті самі речі, від і тих самих стимулів, полягає в показі, наприклад, ситуацій, що їхні попередники по групі вже навчилися бачити схожими одна на одну і несхожими на ситуації іншого роду. Ці схожі ситуації являють собою ланцюг

сенсорних уявлень, що йдуть одне за одним про один і той самий індивід, скажімо, про матір, про яку ми безумовно знаємо, як вона виглядає і чим вирізняється від батька або сестри. Це можуть бути уявлення про членів природних груп, наприклад, лебедів, з одного боку, і гусей — з другого. Для членів спеціалізованіших груп це можуть бути приклади ситуацій Ньютона, тобто ситуацій, що схожі внаслідок підпорядкування того чи того варіанту символічній формулі $F = ma$ і що відрізняються від тих ситуацій, в яких застосовуються, скажімо, закони оптики.

Припустимо, що становище саме таке. Чи можемо ми сказати, що взяте зі зразків являє собою правила і здатність їх застосовувати? Такий спосіб опису спокусливий через те, що наше бачення ситуації як схожої на ті, з якими ми стикались раніше, має бути результатом нервових процесів, що ними повністю керують фізичні і хімічні закони. В цьому сенсі, щойно ми навчилися так ототожнювати ситуації, знаходження схожості має стати таким само повністю автоматичним процесом, як і перестук наших сердець. Але сама ця аналогія наводить на думку, що таке упізнання може бути також мимовільним, тобто процесом, що нами не контролюється. Якщо це так, то ми не можемо бути певними в тому, що керуємо цим процесом завдяки застосуванню правил і критеріїв. Опис його в цих термінах означає, що ми маємо в своєму розпорядженні такі альтернативи: скажімо, можемо не підкорятися правилу або неправильно вживати критерій, або експериментувати, використовуючи якийсь інший спосіб бачення¹³. Я вважаю, що це якраз те, чого ми не можемо собі дозволити.

Або, точніше, ми не можемо робити цього до того, як отримали відчуття, сприйняли щось. Опісля ж ми часто змушені шукати критерії і послуговуватися ними. Крім того, можна вдаватися до інтерпретації, що являє собою свідомий процес, в якому ми обираємо ту чи ту альтернативу, чого не робимо в самому процесі безпосереднього сприймання. Можливо, наприклад, щось видасться дивним у тому, що ми бачили (згадайте змінені

¹³ Практично ніколи не виникала б необхідність вдаватися до подібних прийомів, якби всі закони були схожі на закони Ньютона всі правила — на 10 заповідей. В цьому разі вислів «порушення закону» не мав би сенсу, а заперечення правил, мабуть, мало б мати на увазі процес, що ним не керує закон. На жаль, закони вуличного руху та інші продукти законодавства можна порушувати, і це легко призводить до безладдя.

гральні карти). Скажімо, огинаючи будинок, ми бачимо матір, що входить до крамниці в той момент, коли ми думали, що вона вдома. Розмірковуючи над побаченим, ми раптом вигукуємо: «Це була не мати, адже у неї руде волосся!» Увійшовши до крамниці, ми знову бачимо жінку і не можемо збагнути, як можна було обізнатися, прийнявши її за свою мати. Або, наприклад, ми побачили хвостове оперення водоплавного птаха, який шукає корм у ставку. Що це — лебідь чи гусак? Ми розмірковуємо над побаченим, уявно порівнюючи хвостове пір'я птаха з пір'ям тих лебедів і гусей, яких бачили раніше. Або можемо виявитися такими архівченими, що захочемо знати якісь загальні характеристики (білизну лебедів, наприклад) членів сімейств тварин, яких і без цього могли легко розпізнати загальними ознаками. В цьому випадку ми також міркуємо над тим, що сприйняли раніше, відшуковуючи те загальне, що мають між собою члени певної групи.

Усі ці процеси є розумовими у них ми знаходимо і розгортаємо критерії та правила, тобто намагаємось інтерпретувати вже наявні відчуття, аналізувати те, що є для нас певним. Хоч би як ми це робили, процеси, залучені до цього аналізу, мають бути, зрештою, процесами нервовими і, отже, керованими тими самими *фізико-хімічними* законами, які регулюють, з одного боку, сприймання і перестук наших сердець — з другого. Але той факт, що система підкоряється тим самим законам в усіх трьох випадках, не дає підстави вважати, що наш нервовий апарат запрограмований таким чином, що при інтерпретації діятиме точнісінько так само, як у процесі сприймання або, скажімо, керуючи роботою нашого серця. Те, проти чого я виступав у цій книзі, полягає, отже, в спробі, що стала традиційною після Декарта (але не раніше), аналізувати сприймання як процес інтерпретації, як несвідомий варіант того, що ми робимо після акту сприймання.

Цілість сприймання заслуговує на особливу увагу, звичайно, через те, що така істотна частина минулого досвіду втілена в нервовій системі, що перетворює стимули на відчуття. Подібно запрограмований механізм сприймання, має істотне значення для виживання. Говорити, що члени різних груп можуть мати різні сприймання, зустрічаючи одні й ті самі стимули, зовсім не означає, що вони взагалі обов'язково повинні мати ті чи інші сприймання. У багатьох варіантах середовища група, що не

могла б відрізнити вовків від собак, перестала б існувати. Не могла б нині існувати група фізиків-ядерників як самостійна наукова група, якби її члени не вміли розпізнавати траєкторію альфа-часток і траєкторію електронів. Ось чому дуже мало способів бачення витримує перевірку в процесі їх використання групою і заслуговують на те, щоб їх передавали у спадок наступним поколінням. Точно так само треба говорити про досвід і знання природи, втілені у процесі перетворення стимулу на відчуття, саме тому, що їх відібрали як такі, що забезпечили успіх протягом певного історичного періоду.

Можливо, слово «знання» в такому разі недоречне, але деякі підстави для його вживання є. Те, що «вбудоване» в нервові процеси, що перетворює стимули на відчуття, має ось які характеристики: воно передається в процесі навчання; внаслідок численних випробувань його визнали ефективнішим, за конкурентні варіанти, що мали місце в процесі історичного розвитку довкілля, певної групи; і, нарешті, його можна змінювати як у процесі подальшого навчання, так і через відкриття невідповідності середовищу. Все це — характеристики знання, і вони виправдують вживання мною саме цього терміну. Але це незвичайне слововживання, позаяк одна з характеристик упущена. У нас немає прямого доступу до того, що знаємо, жодними правилами або узагальненнями, якими можна висловити це знання. Правила, що могли б дати нам цей доступ, звичайно належать до стимулів, а не відчуттів, але стимули можна пізнати тільки за допомогою розробленої теорії. Якщо такої теорії немає, то знання, втілене в перетворенні стимулу на відчуття, залишається неявним.

Хоч ці попередні міркування, очевидно, й не обов'язково мають бути точними в усіх деталях, тим не менше щойно сказане про відчуття слід розуміти буквально. Принаймні це гіпотеза про бачення, яку потрібно було б досліджувати експериментально, хоч, певне, безпосередньо перевірити її не можливо. Але подібні міркування про бачення і відчуття тут також мають метафоричний характер, як, проте, і в самій книзі. Ми бачимо не електрони, а радше шляхи їхнього проходження або навіть бульбашки пару в бульбашковій камері. Власне кажучи, ми бачимо не електричний струм, а радше коливання стрілки амперметра або гальванометра. Однак на попередніх сторінках, зокрема в X розділі, я не раз поводився так, ніби ми безпо-

середньо сприймали теоретичні суттєвості на кшталт струмів, електронів і полів, ніби ми навчилися їх бачити, «оглядаючи зразки», і ніби в таких випадках також було б неправильним говорити про критерії та інтерпретацію замість говорити про бачення. Метафора, яка переносить «бачення» в контексти, на кшталт нашим, навряд чи може бути достатньою підставою для подібних претензій. У серйознішій і тривалішій роботі було б доцільно зректися цієї метафори на користь точнішого способу міркування.

Програма для обчислювальної машини, про яку я згадував, вже пропонує способи, що їх можна буде використати з цією метою, та я не володію ані достатнім місцем, ані достатнім рівнем розуміння процесів, щоб уже нині позбутися цієї метафор¹⁴. Натомість я постараюсь хоча б трохи підкріпити її. Бачення крапель води або стрілки біля якоїсь риски шкали являє собою примітивний досвід сприймання для людини, не знайомої з бульбашковими камерами або амперметрами. Отже, цей досвід вимагає міркувань, аналізу і інтерпретації (а іноді, крім того, втручання зовнішнього авторитету), перш ніж можуть бути досягнуті висновки про існування електронів або електричних струмів. Але цілком іншою є позиція людини, котра знайома з відповідними інструментами і має великий досвід роботи із ними; У цьому разі будуть і інші способи інтерпретувати стимули,

¹⁴ Для тих, хто читав «Second Thoughts», можуть бути корисними такі зауваження. Можливість негайного упізнання членів сімейств тварин залежить від існування (після виникнення нервових процесів) порожнього перцептуального простору між сімействами, що повинні бути розмежовані. Якби, наприклад, органи чуття свідчили про безперервний ряд водоплавного птаства від гусей до лебедів, то ми були б змушені ввести специфічний критерій для їх розрізнення. Те ж саме можна віднести і до неспостережуваних суттєвостей. Якщо фізична теорія не визнає існування чогось подібного до електричного струму, тоді для того, щоб цілком задовільно ідентифікувати струми, потрібне невелике число критеріїв, що можуть значно змінюватися від випадку до випадку, навіть якщо немає системи правил, що визначають необхідні і достатні умови для ідентифікації. Цей погляд приводить до цілком правдоподібного висновку, що може виявитися іще важливішим. Якщо дано систему необхідних і достатніх умов для ідентифікації теоретичної суттєвості, то цю суттєвість можна виключити зі змісту теорії через заміну. Якщо ж таких правил немає, то ці суттєвості виключити неможливо; теорія, отже, вимагає їхнього існування.

про які вона дізнається за допомогою інструментів. Якщо ця людина в морозний зимовий день дивиться на пару від свого дихання, то її відчуття можуть бути точнісінько такими самими, як у всіх, але, подивившись в бульбашкову камеру, бачить (в цьому разі буквально) не краплі пари, а треки електронів або альфа-часток і т. ін. Ці треки, якщо хочете, — критерії того, що вона інтерпретує як вказівки на наявність відповідних часточок, але цей шлях є їй коротшим і іншим за характером, ніж той, що робить людина, інтерпретуючи появу крапель.

Далі розглянемо спостереження вченого за амперметром, в процесі яких він визначає число, проти якого зупинилася стрілка. Відчуття вченого, видно, ідентичне відчуттям дилетанта, особливо якщо останній до цього мав справу з іншими видами вимірювальних пристроїв. Але вчений розглядає (також часто буквально) вимірювальний пристрій в контексті повної схеми і знає дещо про його внутрішню будову. Для нього розташування стрілки — критерій, але критерій тільки *оцінки* струму. Для такої інтерпретації йому треба лише визначити ціну поділу шкали, згідно з якою має читати показання приладу. З другого боку, для дилетанта розташування стрілки є критерієм лише самого розташування стрілки і нічого більше. Щоб це інтерпретувати, він мусить перевірити весь набір дротів, внутрішніх і зовнішніх, поекспериментувати з батареями, магнітами і т. ін. В переносному значенні не менш, ніж в буквальному, при вживанні терміну «бачення» інтерпретація починається там, де закінчується сприймання. Ці два процеси не ідентичні, та й те, що сприймання залишає для інтерпретації, безперечно залежить від характеру і обсягу попереднього досвіду і тренувань.

5. Зразки, несумірність і революції

Усе сказане дає підстави для з'ясування ще одного аспекту книги, пов'язаного з моїми зауваженнями щодо несумірності її наслідків для вчених, які обговорюють вибір між теоріями, що змінюють одна одну¹⁵. У X та XII розділах я показав, що учасники таких дискусій неминуче по-різному сприймають ті чи інші експериментальні і спостережувані ситуації, до яких кожний з них звертається. Та, позаяк лексика, якою вони обго-

¹⁵ Ці питання детальніше розглядаються в V і VI розділах «Reflections».

ворюють такі ситуації, складається переважно з одних і тих самих термінів, вони повинні по-різному ставити деякі з цих термінів у відповідність із самою природою, і їхня комунікація неминуче виявляється неповною. Внаслідок таких обговорень перевагу однієї теорії над іншою не можна остаточно встановити. Натомість, як я вже наголошував, кожний учасник, керуючись своїми переконаннями, намагається «навертати в свою віру» інших. Тільки філософи серйозно викривили справжні наміри цієї частини моєї аргументації. Деякі з них виклали мою думку так: прибічники несумірних теорій не можуть спілкуватися взагалі¹⁶; в результаті обговорюючи питання вибору теорії, безглуздо апелювати до *надійних* підстав; натомість теорія має обрати, виходячи врешті-решт з особистих і суб'єктивних міркувань; за фактично досягнуте рішення відповідальне якийсь вид містичної апперцепції. Ті місця в моїй книзі, на яких ґрунтувались ці домисли, більше за інші частини книги, стали приводом для обвинувачень в ірраціональності.

Розглянемо насамперед зауваження щодо доказу. Це питання, що я його вже намагався розглянути, досить просте і давно відоме в філософії науки. Питання вибору теорії не може бути вбране у форму, що була б повністю ідентична логічному або математичному доказу. В останньому передумови і правила висновку визначені від самого початку. Якщо є розбіжності у висновках, то учасники обговорення, між якими виникають суперечки, можуть простежити хід думки крок за кроком, звіряючи кожне просування з первісними умовами. Наприкінці цього процесу той або той учасник суперечки повинен визнати, що припустився помилки, порушивши раніше прийняте правило. Після такого визнання він уже не може далі сперечатися, і доказ набуває примусової сили. Лише тоді, коли обидва учасники суперечки виявляють, що вони розходяться з питання про значення або застосування вхідних правил і що їхня колишня згода не дає достатньої підстави для доказу, — лише тоді суперечка триває в тій формі, яку вона неминучо набуває в період наукових революцій. Це суперечка щодо передумови, і формою її стає переконання як прелюдія до можливості доказу.

Ця відносно відома теза зовсім не припускає ані того, що немає надійних підстав для переконань, ані того, що ці підстави

¹⁶ Див. роботи, означені в зносці 9, а також нарис С. Тулміна в «Growth of Knowledge».

немовби не є остаточно вирішальними для групи. Це навіть не означає, що підстави для вибору відрізняються від тих, що їх звичайно перераховують філософи науки: точність, простота, результативність тощо. Однак наші міркування припускають, що такі підстави функціонують як цінності і що їх, отже, можуть застосовувати по-різному, в індивідуальних і колективних варіантах, людьми, котрі (кожний по-своєму) віддають їм належне. Якщо дві людини розходяться, скажімо, в оцінці відносної результативності їхніх теорій або якщо вони погоджуються з цим, але по-різному оцінюють цю відносну результативність і, скажімо, межі можливого вибору теорії, то жодного з них не можна звинуватити в помилці. Погляди і того і того наукові. Немає жодного нейтрального алгоритму для вибору теорії, немає систематичної процедури прийняття рішення, правильне застосування якої навело б кожного індивіда даної групи до єдиного рішення. В цьому сенсі, радше саме співтовариство фахівців, а не його індивідуальні члени ухвалює ефективне рішення. Щоб зрозуміти, чому наука розвивається, а в цьому немає сумніву, потрібно не розплутувати деталі біографій і особливості характерів, що призводять кожного індивіда до того чи іншого приватного вибору теорії, хоч це питання саме собою надто цікаве. Слід виявити спосіб, у який специфічна система узвичаєних цінностей взаємодіє зі специфічними досвідченими даними, визнаними співтовариством фахівців із метою забезпечити гарантії, що більшість членів групи, зрештою, вважатиме вирішальною якусь одну систему аргументів, а не будь-яку іншу.

Процес, шляхом якого це досягається, є переконання, але він приховує в собі й глибшу проблему. Дві людини, що сприймають одну і ту саму ситуацію по-різному, але, тим не менше, в дискусії вдаються до однієї і тієї самої лексики, видно, по-різному вживають слова, тобто розмовляють, керуючись тим, що я назвав несумірними поглядами. Як вони можуть сподіватися на дискусію, тим більше, як вони можуть сподіватися один одного переконати? Навіть попередня відповідь на це запитання вимагає подальшої конкретизації характеру зазначених нами труднощів. Я вважаю, що, бодай, частково відповідь має бути такою.

Дослідження в нормальній науці залежать від почерпнутої зі зразків здатності групувати об'єкти і ситуації у подібні системи. Ці системи примітивні в тому сенсі, що групування об'єктів і ситуацій провадиться без відповіді на запитання: «Стосовно чого

їх можна розглядати як подібні?» Один із найважливіших аспектів будь-якої революції полягає, далі, в тому, що деякі з відносин схожості змінюються. Об'єкти, згруповані до революції в одну систему, після неї групуються в різні системи, і навпаки. Згадаймо, які були уявлення про Сонце, Місяць, Марс і Землю до і після Коперніка; про вільне падіння, коливання маятника і рух планет до і після Галілея; про склад солей, сплави і характер суміші порошоків сірки і заліза до і після Дальтона. Позаяк більшість об'єктів навіть у змінених сукупностях залишаються згрупованими, назви останніх звичайно зберігаються. Тим не менше у їхніх взаємовідносинах звичайно частина критичних змін припадає на частку переносу підсистем з однієї сукупності до іншої. Переміщення металів з групи сполук до групи елементів відіграло істотну роль у виникненні нової теорії горіння, кислотності, фізичних і хімічних сполук, і невдовзі ці зміни так чи інакше позначилися на всіх розділах хімії. Отже, нічого дивного в тому, що після подібного перерозподілу двоє вчених, що раніше могли обговорювати проблеми з цілковитим взаєморозумінням, раптом виявляють, що вони по-різному описують і узагальнюють одне й те саме спостережуване явище. Ці труднощі відчуватимуться не в усіх сферах навіть їхнього спеціального наукового обговорення, але вони все — таки виникнуть і згодом найінтенсивніше концентруватимуться навколо тих явищ, від яких насамперед залежить вибір теорії.

Такі проблеми, хоч вони вперше стають явними у спілкуванні, не можна вважати суто лінгвістичними. Їх не можна розв'язати простим уточненням умов при визначенні термінів, що непокоять ученого. Позаяк слова, навколо яких групуються труднощі, засвоюються частково внаслідок безпосереднього додавання їх до зразків, то учені, беручи участь у перетворенні звичних схем комунікації, не можуть сказати: «Я вживаю слово «елемент» (або «суміш», або «планета», або «вільний рух») у значенні, що визначається ось такими критеріями». Інакше кажучи, вони не можуть вдатися до якоїсь нейтральної мови, зрозуміло б обом і такої, що добре відповідала б формулюванню їхніх теорій або навіть емпіричним наслідкам теорій, що кожен із них висуває. Частково ці відмінності існують ще до застосування мов, у яких вони, тим не менше, знаходять своє відбиття.

Людам, що зазнають ламку подібних комунікацій, однак, треба мати якийсь вихід зі створеного становища. Стимули, що на них впливають, однакові. Вони мають загальні механізми нервової системи, хоч і запрограмовані по-різному. Більше того, за невеликим (хоч і дуже важливим) винятком, сфера досвіду навіть у програмуванні їхньої нервової системи, очевидно, майже цілком однакова, бо вони мають загальну історію, якщо не вважати безпосереднього минулого. Через те їхній буденний світ, більша частина їхнього наукового світу і мова спільні для них. Якщо все це для них є спільним, то, зрозуміло, що вони спроможні дізнатися більше про те, що їх відрізняє. Однак, необхідні для досліджень технічні засоби, не будуть ані простими, ані зручними і не являтимуть собою частину арсеналу нормальної науки. Вчені зрідка повною мірою усвідомлюють їхню природу і зрідка використовують їх довше, аніж це треба для того, щоб перейти до інших технічних засобів або впевнитися, що вони не дають очікуваних результатів.

Отже, все, чого можуть досягти учасники процесу ламки комунікації, — це усвідомити себе членами різних мовних співтовариств і стати після цього перекладачами з однієї мови на іншу¹⁷. Розглядаючи відмінності у підходах, що мають місце всередині групи та між групами, як самостійний предмет, що заслуговує вивчення, учасники цього процесу можуть насамперед намагатися визначити терміни і вислови, що, хоча й використовуються з повною певністю в кожному науковому співтоваристві, тим не менше, виявляються зосередженням усіх міжгрупових дискусій. (Вислови, що не становлять подібних труднощів, можна тут таки адекватно перекласти.) Тепер, виокремивши такі сфери труднощів в наукових комунікаціях, вони можуть після цього звернутися до спільного для них повсякденного словника з тим, щоб намагатися далі з'ясувати причину своїх труднощів. Тобто кожний може спробувати вия-

¹⁷ Класичним джерелом для найвдаліших аспектів подібного перекладу є книга У. Куайна: W. V. O. Quine. *Word and Object*. Cambridge, Mass. and N. Y., 1960, chaps. I, II. Але Куайн, видно, вважає, що дві людини, що зазнають одного й того самого впливу, повинні мати й однакове відчуття, і тому мало говорить про ступінь, здатності перекладача описати світ, до якого застосовується мова, що потребує перекладу. Про цей останній момент див.: E. A. Nida. *Linguistics and Ethnology in Translation Problems*, in: D. Hymes (ed.). *Language and Culture in Society*. N. Y., 1964, pp. 90-97.

вити, що інший побачив би і сказав би, зіткнувшись зі стимулом, на який він сам словесно реагував би зовсім інакше. Якщо їм вдається достатньо твердо утримуватися від пояснення аномалії поведінки як наслідка просто помилки або божевілля, то з плином часу вони можуть дуже добре завбачувати поведінку один одного. Кожний буде навчений перекладати теорію іншого і її наслідки на свою власну мову і водночас описувати своєю мовою той світ, до якого застосовується певна теорія. Це і становить постійну роботу історика науки (або те, що йому треба робити), коли він звертається до дослідження застарілих наукових теорій.

Переклад, якщо він переконливий, дозволяє тим, хто бере участь у руйнуванні комунікацій, відчувати деякі з достоїнств і недоліків поглядів один одного. Тому переклад — це потужний засіб переконання. Однак переконати вдається не завжди, і навіть якщо вдається, то за цим не обов'язково настає звернення до нової парадигми. Два сприймання не однакові, і всю важливість цього факту я сам цілком усвідомив тільки недавно.

Вважаю, що переконати когось — це означає нав'язати йому, що чиясь думка переважає і може замінити його власну думку. З багатьох питань це досягається іноді без звернення по допомогу до чогось на зразок перекладу. Якщо такого перекладу немає, то численні пояснення і постановки проблем, схвалені членами однієї наукової групи, можуть бути незрозумілими іншій групі. Але кожне співтовариство, об'єднане певною мовою, звичайно спершу могло домагатися конкретних результатів дослідження, що (хоч їх і можна описати в термінах, зрозумілих для іншого співтовариства) тим не менше не можуть бути незрозумілими іншому співтовариству в його власних термінах. Якщо новий погляд витримує випробування часом і залишається, як і колись, плідною, то цілком певно, що результати дослідження, вбрані з її допомогою в словесну форму, ставатимуть все багатшими. Для деяких учених ці результати самі собою вирішальні. Вони можуть сказати: «Я не знаю, як прибічники нового погляду досягли успіху, але я мушу вчити; хоч би що вони робили, вони, очевидно, мають рацію». Так відповідають легко ті, хто тільки оволодіває своєю професією, бо вони ще не освоїли спеціального словника і приписів тієї чи іншої групи.

Проте аргументи, сформульовані за допомогою словника, що його використовують обидві групи в один і той самий спо-

сіб, звичайно не є вирішальними; принаймні так воно є до вирішальних стадій еволюції думок, що змагаються. Серед учених, уже допущених до професійного співтовариства, небагато здатних переконуватися без звернення до ширших порівнянь, які стали можливими завдяки перекладу. Хоч за це часто таки треба розраховуватися надзвичайно довгими і складними реченнями (згадати дискусію між Прустом і Бертолле, в якій вони не вдавались до поняття «елемент»), численні додаткові результати досліджень можна *перекласти* з мови одного співтовариства на мову іншого. У міру того як здійснюється переклад, деякі члени обох співтовариств можуть так само почати принагідно розуміти, як речення, раніше незрозуміле, могло видаватися поясненням для членів груп, що протистоять одна одній. Наявність прийомів, подібних до цих, звичайно, не гарантує переконання. Для більшості людей переклад являє собою процес, загрозливий і цілком не властивий нормальній науці. В будь-якому разі можна знайти контраргументи, і не існує правил, які приписували б, яким чином слід порушувати рівновагу. Тим не менше, у міру того, як аргументи нагромаджуються на аргументи і один виклик успішно спростовується іншим, тільки сліпа впертість може, зрештою, пояснити тривалий опір.

У цьому зв'язку стає надзвичайно важливим другий аспект перекладу, давно відомий історикам і лінгвістам. Перекласти теорію або уявлення про світ на мову якогось наукового співтовариства — ще не означає зробити її належністю певного співтовариства, позаяк нею треба перейнятися, розкрити її природу і характер, а не просто «перекласти» з однієї мови на іншу, з мови, яка була раніше чужою. Однак це не такий перехід, що його окремий індивід за своїм розсудом може здійснити, а може і не здійснювати, на основі міркування і вибору (хоч би якими надійними були його мотиви). Все зовсім інакше. Доки він навчається перекладати теорію з однієї мови на іншу. Одного чудового дня, він раптом виявляє, що перехід уже стався, що він уже перейшов на нову мову, не встигнувши прийняти з цього приводу жодного свідомого рішення. Інколи, подібно до багатьох, хто вперше познайомився з теорією відносності або квантовою механікою в зрілому віці, людина цілком певно почувається у цій новій теорії, але, тим не менше, не здатна «зжитися» з нею, почуватися як вдома у тому світі, який ці теорії допомагають створити. Розумом така людина вже зробила вибір, але ще не

настало необхідне «навернення», щоб цей вибір став ефективним. Тим не менше, вона може використовувати нову теорію, але поводитиметься так, як людина, у незнайомій країні, і альтернативний спосіб міркуванні стане їй доступним тільки тому, що є місцеві жителі, для яких цей спосіб — свій. Стосовно них її робота стає паразитичною, бо їй бракує набору готових розумових схем, що їх майбутні члени співтовариства надбають у процесі освіти.

Досвід, який переконує людину і який я порівняв з перемиканням гештальта, складає, отже, серце революційного процесу в науці. Мотиви для переконання забезпечують достатні підстави для вибору теорії і створюють той клімат, в якому це певніше всього відбувається. Крім того, переклад може забезпечити умови для перетворення програми діяльності нервової системи, що повинна стати основою переконання, хоч на нинішньому рівні наших знань ми ще не можемо знати, як це відбувається. Але ані достатні підстави, ані переклад з однієї мови на іншу не забезпечують переконання. Це такий процес, який треба пояснити, щоб збагнути важливу форму змін в науковому знанні.

6. Революції і релятивізм

Один із наслідків моєї щойно викладеної позиції особливо занепокоїв неспокій чимало моїх критиків¹⁸. Вони знаходять мою позицію релятивістською, передовсім у тому вигляді, в якому вона розгорнута в останньому розділі книги. Мої зауваження щодо перекладу висувають на перший план підстави для обвинувачення. Прибічники різноманітних теорій уподібнюються, напевне, членам різноманітних культурних і мовних співтовариств. Усвідомлюючи цей паралелізм, ми доходимо думки, що в певному сенсі обидві групи можуть мати рацію. Щодо культури та її розвитку ця позиція справді є релятивістською.

Але цього не може бути, коли йдеться про науку, і вже у всякому разі такий погляд далекий від того, щоб бути просто релятивізмом. Це пов'язане з тим аспектом моєї теорії, що його критики не спромоглися розгледіти. У розвиненій науці вчені-дослідники, якщо їх брати як групу або в складі групи, це, як я показав, переважно фахівці з розв'язання головоломок. Хоч та

¹⁸ Shapere. Structure of Scientific Revolutions, і Popper in «Growth of Knowledge».

система цінностей, яку вони щоразу застосовують обираючи теорії, так само легко впливає і з інших аспектів їхньої роботи, все-таки виявлена дослідниками здатність формулювати і розв'язувати головоломки, які вони знаходять в природі, залишається в разі суперечності в цінностях головним критерієм для більшості членів наукової групи. Як будь-яка інша цінність, здатність до розв'язання головоломок виявляється непевною при застосуванні. Дві людини, що мають таку здатністю, можуть, тим не менше, приходити в процесі її використання до різноманітних суджень. Але поведінка співтовариства, для якого ця здатність визначальна, надто відрізнятиметься від поведінки іншого співтовариства, яке живе за іншими нормами. Гадаю, що в науці приписування вищої цінності здатності до розв'язання головоломок має такі наслідки.

Уявіть розгалужене дерево, яке уособлює розвиток сучасних наукових дисциплін з їхніх спільних коренів, якими є, скажімо, примітивна натурфілософія і ремесла. В такому разі контури цього дерева, яке тягнеться завжди в одному напрямку від стовбура і до верхівки кожної гілки, символізуватимуть послідовність похідних одна від одної теорій. Розглядаючи будь-які дві такі теорії, взяті в точках не дуже близьких від їхнього джерела, було б легко скласти список критеріїв, що в кожному окремому випадку дав би можливість неупередженому спостерігачеві відрізнити ранішу теорію від пізнішої. До найплідніших критеріїв належать, наприклад, такі: точність передбачення, передовсім кількісного передбачення; рівновага між езотеричним і звичайним предметами дослідження; кількість різних проблем, що їх вдалося розв'язати певній теорії. Менш плідними для цієї мети чинниками, хоч також важливими і такими, що визначають наукове життя, були б такі критерії, як простота, широчінь охоплення явищ і поєднаність з іншими спеціальностями. Подібні списки ще не ті, що треба, але я не маю жодного сумніву, що вони можуть бути доповнені. Якщо так, то науковий розвиток, подібно до розвитку біологічного світу, являє собою односпрямований і незворотний процес. Пізніші наукові теорії краще, ніж ранні, пристосовані до розв'язання головоломок в тих, часто цілком інших, умовах, у яких їх застосовують. Це не релятивістська позиція, і вона розкриває той сенс, що визначає мою віру в науковий прогрес.

Однак порівняно з тим поняттям прогресу, що помітно превалює як серед філософів науки, так і серед дилетантів, цій позиції бракує одного істотного елемента. Нова наукова теорія звичайно уявляється кращою, ніж попередні, не тільки в тому сенсі, що вона виявляється досконалішим інструментом для відкриттів і розв'язання головоломок, але й тому, що вона в якомусь сенсі пропонує краще уявлення про те, що ж насправді являє собою природа. Часто доводиться чути, що наступницькі теорії завжди ближче й ближче підходять до істини. Очевидно, узагальнення, як оці, стосуються не розв'язання головоломок і не конкретних передбачень, що випливають з теорії, а радше її онтології, тобто відповідності між тими суттєвостями, якими теорія «населює» природу, і тими, що в ній «реально існують».

Можливо, є якийсь спосіб врятування поняття «істини», щоб застосовувати його до цілих теорій, але у всякому разі, не такий, який ми щойно згадали. Гадаю, немає незалежного ані від жодної теорії способу перебудувати фрази, на кшталт вислову «реально існує»; уявлення про відповідність між онтологією теорії і її «реальною» подібністю в самій природі здаються мені тепер в принципі ілюзорними. Крім того, у мене як історика науки склалося враження про невірогідність цієї думки. Я не сумніваюся, наприклад, що ньютонівська механіка поліпшує механіку Аристотеля, а теорія Ейнштейна поліпшує теорію Ньютона в тому сенсі, що пропонує кращі інструменти для розв'язання головоломок. Але в їхній послідовній зміні я не бачу зв'язного і спрямованого онтологічного розвитку. Навпаки, в деяких істотних аспектах, хоч аж ніяк не цілком, загальна теорія відносності Ейнштейна ближче до вчення Аристотеля, ніж погляди обох на теорію Ньютона. Хоча цілком зрозуміла спокуса охарактеризувати таку позицію як релятивістську, ця думка здається мені помилковою. І навпаки, якщо ця позиція означає релятивізм, то я не можу збагнути, чого ще бракує релятивісту для пояснення природи і розвитку наук.

7. Природа науки

Завершую книгу стислим обговоренням двох видів реакцій на її основний текст, що час від часу виникають. Одна з них критична, друга схвальна, але, гадаю, що жодна не є цілком правильною. Хоч обидві оцінки не пов'язані ані з тим, про що

йшлося досі, ані одна з одною, вони явно переважають в літературі, і цього достатньо для того, щоб вони заслуговували бодай на якусь відповідь.

Деякі читачі, що ознайомилися з первісним текстом моєї книги, зауважили, що я частенько переходжу від описових форм викладення до нормативних, і навпаки. Подібний перехід, зауважують зокрема, в кількох місцях, що починаються з фраз: «Але насправді учені чинять інакше», — і закінчуються заявою, що ученим не слід цього робити. Деякі критики стверджують, що я плутаю опис з приписом, порушуючи перевірену часом філософську теорему: «є» не може припускати «має бути»¹⁹.

Ця теорема стала фактично заявленою фразою і вже ніде не користується повагою. Безліч сучасних філософів показали, що існують також надто важливі контексти, в яких нормативні і описові пропозиції переплітаються якнайтісніше²⁰. «Є» і «має бути» жодним чином не бувають завжди поділені так, як це здавалося. Але для пояснення того, що видалося заплутаним в цьому аспекті моєї позиції, цілком зайвим буде вдаватися до тонкощів сучасної лінгвістичної філософії. На попередніх сторінках я пропоную кут зору або ж теорію, що розкриває природу науки, і так само, як інші філософські концепції науки, ця теорія має наслідки, що торують шлях, яким мають йти вчені для того, щоб їхнє підприємство було успішним. Хоч це й не означає, що моя теорія обов'язково має бути правильнішою за будь-яку іншу, вона дає законну підставу для того, щоб обґрунтувати ряд різноманітних «має» і «слід». І навпаки, низка причин для серйозного розгляду теорії зводиться до того, що вчені, які вдало обрали і розвинули свої методи, фактично провадили дослідження так, як приписувала їм теорія. Мої описові узагальнення очевидні з погляду теорії саме тому, що їх також можна вивести з неї, тоді як з інших поглядів на природу науки вони призводять до аномалій.

Якщо цей аргумент і містить в собі логічне коло, то не думаю, щоб це коло було порочним. Наслідки, що випливають з того чи іншого погляду після його обговорення, не вичерпуються припущеннями, висловленими на початку книги. Ще до того,

¹⁹ Один із багатьох прикладів див. у П. Фейсрабенда в його нарисі з: «Growth of Knowledge».

²⁰ S. Cavell. *Must We Mean What We Say?* N. Y., 1969, ch. I.

як вона була вперше опублікована, я дійшов висновку, що деякі, викладені в ній елементи теорії, являють собою плідний інструмент для розробки прийомів наукового дослідження і розвитку науки. Порівняння цього доповнення з основним текстом книги наводить на думку, що вона, як і раніше, відіграє ту саму роль. Не може бути, щоб просто порочне логічне коло могло виявитися таким корисним робочим знаряддям.

Щодо позитивних відгуків про мою книгу, моя відповідь повинна мати інший характер. Чимало тих, хто отримав задоволення від читання книги, схвально відгукнулися не так через те, що вона висвітлює науку, як тому, що її головні тези видалися їм так само придатними і до багатьох інших галузей. Я розумію, що вони мають на увазі, і мені не хотілося б розчарувати їх у спробах розширення позиції, але, тим не менше, їхня реакція здивувала мене. Тією мірою, якою книга змальовує розвиток науки як послідовність пов'язаних між собою узамі традиції періодів, що переривається некумулятивними стрибками, мої тези, без сумніву, широко застосовувані. Але так воно й має бути, позаяк вони (тези) запозичені з інших галузей. Історики літератури, музики, образотворчого мистецтва, соціального розвитку та багатьох інших видів людської діяльності давно описали свої предмети дослідження саме так. Періодизація на основі революційних зламів у стилі, смаках, організаційній структурі, давно існувала поряд з іншими стандартними прийомами дослідження. Якщо я був у чомусь оригінальним, розглядаючи подібні поняття, то це слід віднести головним чином до застосування їх до наук, тобто до галузей, які багато в чому розвивалися інакше. Мабуть, поняття парадигми як конкретного досягнення, як зразка є другим моїм вкладом у розробку проблем розвитку науки. Я підозрюю, зокрема, що деякі всім відомі труднощі, що існують поняття стилю в мистецтві, можуть зникнути, якщо картини мистців розглядати як такі, що моделюються одна з одною, а не як написані згідно з певними абстрагованими канонами стилю²¹.

Однак у цій книзі я мав намір розглянути і питання дещо іншого плану, яких численні її читачі не спромоглися виразно

²¹ Про це та інші більш широкі питання, які стосуються особливостей науки, див.: T. S. Kuhn. Comment [on the Relations of Science and Art] // Comparative Studies in Philosophy and History, XI, 1869, pp. 403-412.

побачити. Хоч науковий розвиток багато в чому схожий на розвиток в інших сферах діяльності людини більше, ніж часто припускається, тим не менше, існують і разючі відмінності. Наприклад, ми будемо, мабуть, недалеко від істини, якщо скажемо, що науки (принаймні перейшовши певну точку в своєму розвитку) розвиваються не таким чином, як будь-яка інша галузь культури (хоч би що ми думали про саме поняття розвитку). Ще одна мета книги — розгляд таких відмінностей і спроба пояснити їх.

Зверніть увагу, наприклад, на брак, про що не раз уже йшлося або, як належало б тепер сказати, на відносний недолік конкуруючих шкіл в розвинених науках. Або згадайте мої зауваження щодо того, до якого ступеня наукове співтовариство залежить від унікальної в своєму роді аудиторії і від вузького кола їхніх ідей. Згадайте також про особливу природу наукової освіти, про розв'язання головоломок як мету нормальної науки і про систему цінностей, яку розвиває наукова група в період кризи і її подолання. В книзі звертається увага і на інші особливості, притаманні науці. Жодна не є характерною тільки для науки, але всі разом вони характеризують її діяльність.

Щодо всіх цих рис науки треба ще багато дізнатися. Зазначаючи на самому початку цього доповнення необхідність вивчення співтовариства як структурної одиниці в організації наукової діяльності, я завершу його, наголошуючи на необхідності пильного, і насамперед порівняльного, вивчення відповідних співтовариств в інших галузях. Яким чином людина обирає співтовариство, яким чином співтовариство відбирає людину для участі в спільній праці, науковій чи якійсь іншій? Який процес соціалізації групи і які окремі його стадії? Що група в цілому, як колектив, вважає своєю метою? Які відхилення від цієї спільної мети вона вважатиме допустимими, і як вона усуває неприпустимі помилки? Повніше розуміння науки залежатиме також від відповідей на інші запитання. Вони належать до сфери, яка потребує тяжкої праці. Наукове знання, як мова, за своєю внутрішньою суттю буде або загальною властивістю групи, або нічим іншим. Щоб зрозуміти його, нам треба зрозуміти специфічні особливості груп, що творять науку і послуговуються її плодами.

Показчик

- Авогадро А. 41
Авторитет в науці 148, 149
Аксіологія 198
Альфонс Х 83
Аномалія 81, 88, 91, 95, 104, 112, 198, 199
Аристарх Самосський 89, 90
Аристотель 28, 81, 83, 87, 131-135, 136, 137, 154
Архімед 28, 136
Атвуд Дж. 40, 44
- Баррі Ф.** 41
Баттерфільд Х. 99
Бекон Ф. 32, 33, 182
Бернуллі Д. 44, 203, 204
Бертолле К. 145, 146, 160, 217
Блек Дж. 28, 84
Бойль Р. 28, 41, 153, 154
Бор Н. 103, 198
Браге Тихо 39, 169
Бройль Л. 170
Бургаве Г. 28
Буридан Ж. 132
- Вінер П. П.** 112
Віттакер Е. Т. 72, 76, 81, 88, 96, 121, 167
Вітгенштейн Л. 59
Вітстон Ч. 200
Верифікація 157-161
- Вольт А. 35
- Галілей Г. 16, 42, 44, 63, 81, 102, 103, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 145, 151, 152, 202, 203
Гамільтон У. Р. 46
Гансон Н. Р. 40, 126
Гауксбі Ф. 27, 130
Гаусс К. Ф. 45
Гей-Люссак Ж. Л. 146
Гейзенберг В. 98
Геліоцентрична система 89, 116
Геоцентрична система 89, 116
Герц Г. Р. 46
Гершель У. 128, 129
Геттон Д. 28
Гештальт-експерименти 125-127
Головоломка 82, 86, 93, 94, 97, 114, 135, 147, 152, 195, 197, 202, 219
Грей С. 27, 35
Гудмен Н. 140
Гук Р. 90
Гюйгенс 44, 118, 162, 203
- Д'Аламбер Ж. Л.** 44
Дальтон Д. 92, 120, 142, 144, 145, 146, 147, 151, 153, 206, 214
Дарвін Ч. 163, 193
Дезагюльє Дж. 27

- Декарт Р. 54, 118, 162, 208
Джемс У. 126
Джоуль Дж. П. 41, 42
Джоуля-Ленца закон 195, 196
«Дисциплінарна матриця»
194–200
Допарадигмальний період
науки 86, 90, 98, 110, 115,
172, 175, 190, 191
Досвід 125, 126, 127, 136,
137, 140, 153
Дюфе Ш. Ф. 27, 35
- Ейлер** 45, 46
Ейнштейн А. 19, 25, 58, 88, 94,
98, 101, 103, 104, 112, 113, 115,
116, 122, 155, 161, 165, 167, 170,
193, 196, 198
Ейселей Л. 184
- Задачі-зразки** 202
Закон 207–208
Закон-схема 201
Зріла наука 83, 149, 191
- Індукція** 183
Інтерпретація 134–137, 138, 207,
210, 211
Інтуїція 136, 204
Істина 182, 220
- Кавендіш Г.** 35, 41, 44, 84
Кейвелл С. 12
Кельвін У. 73, 107, 163
Кеплер Й. 45, 101, 165, 168
Клеро А. Ч. 95
Койре А. 7, 16, 63, 81, 136
Конант Дж. 12
Копернік Н. 11, 19, 24, 39, 81,
82, 85, 89, 90, 94, 97, 101,
106, 112, 129, 161, 162, 166,
168, 169, 170, 193, 214
Крукс В. 107
Куайн У. 7
Кулон Ш. 35, 41, 48
- Лавджой А.** 7
Лавуазьє А. Л. 19, 23, 58, 68,
71, 80, 84, 86, 94, 100, 103,
106, 120, 131, 133, 154, 155,
159, 160, 165, 168, 169
Лагранж Ж. Л. 45, 46
Лайель Ч. 23
Лаплас П. С. 45
Лейбніц Г. В. 63, 86
Лейденська банка 75, 120
Леман Г. 104
Лікселл 128
Лоренц Е. О. 39, 88, 94
- Майєр А.** 7
Майкельсон А. А. 87
Майов Дж. 90
Максвелл Дж. К. 58, 62, 81,
87, 88, 94, 96, 121, 193
Мейєрсон Е. 7
Мецгер Є. 7
Мольєр 118
Морлі Е. У. 87
Моррис Ч. 10
Мушенбрук П. ван 135
- Нагель Е.** 13
Накаяма С. 186
Неш Л. К. 12
Новара, Доменіко де 83
Нойєс Г. Р. 13
Ноллет Я. А. 27
Ньютон І. 19, 25, 28, 40, 44,
45, 58, 61, 63, 81, 82, 85, 86,

87, 90, 92, 94, 95, 102, 111,
112, 113, 115, 116, 117, 118,
122, 151, 152, 160, 163, 165,
186, 193, 194, 201, 207, 220

Ом Г. С. 196

Орвелл 179

Орезм Н. 132, 133

Партінгтон Дж. 84, 90, 114,
144, 147, 169

Паулі В. 98

Піаже Ж. 7

Планк М. 25, 163

Полянні М. 204

Поппер К. Р. 158, 159

Прістлі Дж. 67, 68, 80, 84,
100, 101, 103, 131, 133, 159

Пруст Ж. 145, 146, 147, 160, 217

Птолемей 24, 81, 82, 94, 97,
112, 166, 168

Пуассон С. Д. 167

Ріхтер І. В. 144, 146

Рей Ж. 90

Релей, Дж. У. лорд 165

Рен К. 118

Рентген В. К. 71, 72, 107

Родрігес Дж. 126

Рудольф II 166

Саймер Р. 31

Сантільяна Дж. де 173

Саттон Ф. Х. 8

Сеньор Дж. К. 65

Система освіти 177, 178

Спенсер Г. 183

Сприймання 207–209, 130

Стокс Дж. Г. 87

Стреттон Дж. М. 125

Тейлор Л. В. 71

Тихо Браге см. Браге Тихо

Томпсон С. П. 63, 73, 81, 112

Томсон Дж. 72

Торрічеллі Е. 41

Тулмін С. 212

Уайтхед А. Н. 151

Улмо Дж. 62

Уолкер В. К. 35

Уолліс Дж. 118

Уорф Б. Л. 7

Фарадей М. 178

Фейєрабенд П. 13, 221

Фізо І. Л. 168

Філософія і наука 102

Фіцджеральд Дж. 88, 94

Флек Л. 8

Франклін Б. 23, 27, 28, 33, 35,
120, 131, 135

Френель О. Ж. 25, 87, 167

Фуко Л. 40, 168

Франк Ф. 161

Хан О. і Штрассман Ф. 75

Ханкінс Т. Л. 44

Хасторф А. Х. 126

Хіт Т. Л. 89

Холл А. Р. 81

Шагрін М. 196

Шапіре Д. 187, 198

Шесле К. В. 67, 84

Шеффлер І. 198

Шредингер Е. 200

Юнг Т. 25, 100

Якобі Г. К. 46

Наукове видання

Томас Кун

Структура наукових революцій

Редактор О. Ю. Шарварок
Технічне редагування
і комп'ютерна верстка А. О. Ангелова
Коректор Г. Й. Судзиловська

Здано у набір 03. 05. 99. Підписано до друку 17. 12. 2000 року.
Формат 84 × 108/32. Папір офсетний №1.
Гарнітура Times New Roman
Наклад 1000 примірників. Замовлення 1-2443