**Бернал Дж. Наука в истории общества. М.: Издательство иностранной литературы, 1956.**

(Текст обработан кфн, доц. Кафедры онтологии и теории познания А.А. Карташевой)

**БЕРНАЛ** Джон Десмонд (1901-1971) (англ. Bernal John Desmond) — английский физик, биохимик и социолог науки. Родился 10 мая 1901 в Ирландии. Окончил Кембриджский университет. Работал в Лондоне в Королевском институте в лаборатории Дэви-Фарадея, преподавал в Кембриджском университете, а с 1937 стал профессором Лондонского университета и членом Лондонского королевского общества.

Во время Второй мировой войны Бернал выполнял обязанности научного консультанта министерства авиации Англии и штаба объединенных операций. В 1945 году он был удостоен Королевской медали, а в 1953 — Международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами». С 1958 года ученый стал иностранным членом Академии наук СССР. С 1963 по 1966 являлся президентом Международного союза кристаллографов.

Бернал выступал за социальную ответственность ученых, а также за увеличение государственной поддержки фундаментальных научных исследований. Выступал за разоружение и принимал участие в международном движении сторонников мира, был президентом Всемирного Совета Мира. Умер 15 сентября 1971 года в Лондоне.

Бернал посредством рентгеноструктурного анализа установил, что кристаллическая решетка графита состоит из параллельно расположенных плоских слоев, образованных правильными шестиугольниками. Среди научных достижений ученого открытие метода графического анализа вращающихся фотоснимков, основанный на применении диаграмм обратной решетки (диаграммы Бернала); изучение вирусов и рентгеноструктурного анализа вещества (совместно с Л. К. Полингом и У. Л. Брэггом); исследование проблемы биогенеза; выдвижение теории происхождения жизни на Земле и др.

Бернал является основоположником науковедения (науки о науке). Он обращал внимание на закономерности развития науки, отмечая, что важную роль в этом процессе играют социальные факторы. Бернал считается создателем теории научно-технической революции.

Избранные научные труды:

1. The Social Function of Science (1939)
2. Science in History (1954) four volumes in later editions (The Emergence of Science; The Scientific and Industrial Revolutions; The Natural Sciences in Our Time; The Social Sciences: Conclusions)
3. World without War (1958)
4. The Origin of Life (1967)
5. Emergence of Science (1971)
6. The Extension of Man. A History of Physics before 1900 (1972), а также A History of Classical Physics from Antiquity to the Quantum
7. On History (1980) совместно с Ф. Броделем

В хрестоматии представлен следующий фрагмент из книги:

**Бернал Дж. Наука в истории общества. М.: Издательство иностранной литературы, 1956. - 735 с.- С. 277-319.**

Часть IV. Рождение современной науки. Глава 7. Научная революция. С. 203-276.

Часть V. Наука и промышленность. Глава 8. Предпосылки и последствия промышленной революции. //

**ЧАСТЬ IV**

**РОЖДЕНИЕ**

**СОВРЕМЕННОЙ**

**НАУКИ**

***ВВЕДЕНИЕ***

Развитие городов, торговли и промышленности, достигшее к концу средневековья довольно высокого уровня, показало их несоответствие экономике феодализма. Эти изменения, постепенно назревавшие под покровом феодаль­ного строя, нашли наконец свое выражение, и то в одном, то в другом месте начал учреждаться новый порядок в экономике и науке. С усовершенствованием технических приемов, улучшением средств передвижения и расширением рын­ков сбыта неуклонно возрастало и производство товарной продукции. Города, где находились эти рынки, долго играли в экономике феодализма вспомогатель­ную, чуть ли не паразитическую роль; но к XV веку бюргеры, или буржуазия, окрепли уже настолько, что начали превращать эту экономику в такую, при которой оплата труда деньгами, а не принудительная повинность определяла форму производства. Торжество буржуазии и развитой ею капиталистической системы экономики имело место лишь после крайне ожесточенной политической, религиозной и духовной борьбы. Естественно, что этот процесс преобразования протекал медленно и неровно; он начался в Италии еще в XIII веке, но даже в таких наиболее развитых странах, как Англия и Голландия, буржуазия установила свое господство лишь в середине XVII века. Понадобилось еще сто лет, чтобы этот класс мог установить свое господство над всей Европой.

В тот же период, 1450-1590 годы, мы видим не только рост капитализма как ведущего способа производства, но и рост экспериментов и математиче­ского анализа как нового метода естествознания. Такое преобразование было весьма сложным; изменения в технических приемах вели к науке, а наука в свою очередь — к новым и все более быстрым изменениям в технических приемах. Это сочетание технической, экономической и социальной революции представляет собой единственное в своем роде общественное явление. В конеч­ном счете значение этой революции превосходит даже значение открытия зем­леделия, сделавшего возможной саму цивилизацию, ибо благодаря науке она таила в себе возможности безграничного прогресса.

Проблема происхождения современной науки получает, наконец, призна­ние, как одна из важнейших проблем всей истории. Профессор Баттерфилдзаявляет, например, что «так называемая научная революция... затмевает все имевшее место после возникновения христианства и низводит Возрождение и Реформацию до уровня простых эпизодов, простых перемещений внутри системы средневекового христианства... Едва ли может быть другая такая область, где удается нам больше увидеть... конкретные действия, лежащие в основе того или иного исторического преобразования, той или иной главы духовного развития». Глубоко расходясь с ним в отношении данных им анали­зов, я, тем не менее, полностью признаю значение этой проблемы. Хотя развитие капитализма и развитие науки связано, но связь эта настолько тесна, что ее нельзя выразить в рамках обычного понимания причинности. Можно, однако, сказать, что в начале описываемого периода господствовал фактор экономи­ческий. Именно условия подъема капитализма сделали возможным и необхо­димым подъем экспериментальной науки. К концу этого периода начинает чувствоваться обратное воздействие. Практические успехи пауки уже подго­товили следующий большой этап технического прогресса — промышленную революцию. Таким образом, именно в этот период естествознание прошло свою критическую точку, обеспечив себе постоянное место в качестве части произ­водительных сил общества. С точки зрения исторических перспектив, этот факт имеет гораздо большее значение, чем политические или экономические события того времени, ибо капитализм представляет собой лишь преходящий этап в экономическом развитии общества, в то время как наука является по­стоянным приобретением человечества. И если вначале капитализм сделал науку возможной, то наука, в свою очередь, делает капитализм не нужным.

Однако на ранних стадиях своего развития, когда капитализм еще только разрывал путы загнивающего феодализма, он был сильным и распространяю­щимся. Использование технических приспособлений позднего средневековья дало возможность развить земледелие, мануфактуру и торговлю и распростра­нить их на все большие области. Материальные потребности экономического прогресса привели к дальнейшему развитию технических приемов, в частности в горном и военном деле, а также в мореплавании. Это, в свою очередь, привело к новым проблемам, порожденным поведением новых материалов и процессов, решить которые было не под силу науке классических времен, где такие изобре­тения, как компас и порох, не имели места. Путешествия, предпринимавшиеся с целью открытия новых земель, показали, насколько ограниченным был опыт античности, и усилили потребность в такой новой философии, которая могла бы видеть дальше и делать больше.

К началу XVII века новая и предприимчивая буржуазия могла отклик­нуться на этот стимул и создать основы экспериментальной науки. Новые ученые объединялись, как это было с купцами-путешественниками, в опре­деленные группы. Уже к концу XVII века небольшой группе способных людей удалось разрешить основные проблемы *механики*и *астрономии.*Таким обра­зом, они сделали больше, чем когда-либо давала античная наука, — оказали практическую помощь там, где она была нужна, а именно в *мореплавании.*Одна­ко это была еще только незначительная проба сил; подлинное торжество этих людей заключается в том, что они начали стремиться к научному изучению технических приемов и природы, к разработке новых *экспериментальных*и *ма­тематических*методов анализа и разрешения технических и научных проб­лем, которые должны были принести богатые *плоды*в последующие века. Вплоть до конца XVII века наука смогла *получить*в результате возобнов­ления контактов с практической работой значительно больше, чем могла дать в смысле коренных улучшений технических приемов.

***Научная революция***

Главная задача настоящей главы состоит в том, чтобы проследить развитие новой науки от критического периода ее рождения и первоначального роста до интеллектуальной ее зрелости. Необходимо прежде всего показать ее связь с новыми общественными силами Возрождения и Реформации, а затем изучить то, как ее достижения определяли технику и формировали идеи в последовав­шее затем новое время. Изменения в научных идеях в этот критический период были действительно важнее изменений в политике и религии, имеющих, как это тогда казалось, всеобъемлющее значение. Это была поистине *научная рево­люция,*разрушившая все здание интеллектуальных домыслов, унаследованных от греков н канонизированных как исламистскими, так и христианскими теоло­гами, н поставившая на его место совершен но новую систему. Новое количествен­ное, атомистическое, безгранично расширенное и мирское представление о дей­ствительности заняло место старой, качественной, непрерывной, ограниченной и религиозной картины мира, унаследованной мусульманскими и христиан­скими схоластами от греков. Иерархическая вселенная Аристотеля отступила перед мировой схематикой Ньютона. Во время этого перехода разрушительная критика и конструктивный синтез сблизились между собой настолько, что провести между ними грань невозможно.

***Главные фазы перехода к новой науке***

Для того чтобы понять, как в действительности проходил процесс создания новой науки, целесообразно разделить весь период научной революции на три фазы, которые для удобства изложения можно назвать фазами Возрождения (1440—1540), религиозных войн (1540—1650) и Реставрации (1650—1690). Следует при этом помнить, что они не являются тремя резко отличными друг от друга эпохами, **а**представляют собой три фазы единого процесса видоизме­нения науки при переходе от феодальной к капиталистической экономике.

Соответствующими событиями в науке были в первую фазу критика всей картины мира, которая досталась средневековью от классических времен. Это выразилось главным образом в отказе Коперника от космологии Аристотеля, ставящей в центр вселенной Землю, и замене ее солярной системой, рассматри­ваемой с вращающейся вокруг Солнца Земли — планеты, подобной всем другим планетам.

Во вторую фазу эта критика была умело использована в борьбе против сильной оппозиции Кеплером и Галилеем, азатем перенесена Гарвеем на изу­чение тела человека. Сделать это удалось с помощью новых экспериментальных методов, в то время как в лице Бэкона и Декарта появились первые пророки нового века в науке.

Третья фаза ознаменовалась торжеством новой науки, ее быстрым ростом и распространением на новые области, а также организацией ее в научные общества. Это век Бойля, Гука и Гюйгенса, век новой математическо-механической философии. Труд многих рук и умов был завершен в сформулированных Ньютоном «Математических началах натуральной философии», представляющих собой основу, на которой … можно было с уверенностью строить остальную науку. Конечные цели уступили место механическим причи­нам, и иерархическая вселенная средних веков была смещена и заменена другой. Отныне независимые частицы, руководимые незримой конституцией законов природы, могли свободно воздействовать друг на друга. В свою очередь, как показал опыт, знание этих законов дало в руки человека ключ, позволивший ему обуздать силы природы и заставить их служить себе. Возвышенное созер­цание уступило место полезной деятельности.

Возрождение было беспокойным, но обнадеживающим периодом по срав­нению с отчаянием последних веков древнего классицизма и смирением после­довавших за ними веков верований. Меньше стали заниматься вопросами загробной жизни и больше — жизнью настоящей, причем занятие это нашло свое выражение в быстром росте светских искусств, живописи, поэзии и музыки. Во всех формах выражения проявлялось новое и искреннее признание физического удовольствия. Великий пророк этого периода д-р Франсуа Рабле (ок. 1490— ок. 1553) избрал в качестве девиза для своего Телсмского аббатства, этой идеаль­ной коммуны, слова: «Делайте то, что вам нравится» (стр. 546). В идеале люди живут свободно и мыслят беспокойно; фактически же лишь немногие могли себе это позволить; эта новая жизнь стоила дорого, и платить за нее нужно было наличными. Деньги приобрели невиданное дотоле значение. Есте­ственным следствием этого было изменение отношения к добыванию денег. Все средства хороши, пока они работают, —честное ли производство или ремес­ленничество, предложение нового, прибыльного изобретения; открытие шахты; набег на иноземцев: ссужение денег под проценты. Церковь могла бы выразить свой протест, однако если бы она стала на нем настаивать, то это обернулось бы против нее самой, как это показала Реформация. Даже магией снова стали заниматься как средством достижения богатства и власти, о чем свидетель­ствует история Фауста. По правде говоря, естественная магия едва ли чем отличалась от науки.

***Тесное объединение ремесленника и теоретика***

Именно потому, что техники и художники играли существенную роль как в добывании, так и в расходовании денег, ониуже не были теперь столь прези­раемы, как это было в древнеклассическую или средневековую эпоху. Худо­жественное мастерство (arts) — украшения и расцвечивания, живопись, скульп­тура и архитектура процветали и развивались с меньшим размахом, но зато имели значительно более оригинальный характер, чем в древнеклассические времена. Действительно новым было, однако, то уважение, каким стало поль­зоваться теперь практическое мастерство (art) —прядение, ткачество, гончарное дело, стеклошлифовка и, в особенности то мастерство, которое обеспечивало потребности и накопления богатства и ведения войны, а именно мастерство шахтеров и металлистов. Технические приемы мастеровых (artists) имели в эпоху Возрождения большее значение, чем в древнеклассические времена, ибо они находились уже в руках не рабов, а свободных людей, причем послед­ние в общественном и экономическом отношении уже были не столь далеки от правителей, как это было в средние века. В средневековой Флоренции, напри­мер, мастеровые-художники были подчиненными членами важного цеха врачей иторговцев пряностями «Medici e Specialb; скульпторы стояли ниже, находясь в менее важном цеху строителей и каменщиков. Однако к началу XVI века отдельные живописцы и скульпторы смогли воспользоваться благосклонностью пап и королей, хотя весьма часто им лишь с большим трудом удавалось добиться оплаты за свою работу.

Улучшение положения ремесленников позволило возобновить связь между их традициями и традициями теоретиков, которая была разорвана чуть ли не с начала ранних цивилизаций. И тем и другим предстояло внести важнейший вклад в науку: ремесленники могли дополнить старые технические приемы классической античности новыми изобретениями, появившимися в средние века; теоретики могли сделать свой вклад в области мировоззрения, идей и, быть может больше всего, логических методов доказательства, заимствованных у гре­ков через арабскую и схоластическую философию, а также в разработке новых методов вычисления. Такое соединение этих двух подходов заняло некоторое время и постепенно распространялось, охватывая сначала различные области познания и деятельности. Однако стоило только этим двум составляющим объединиться, как ничто уже не могло бы больше разъединить их. Основная интеллектуальная задача Возрождения состояла в новом открытии и овла­дении миром созданного (art) и естественного.

***Путешествия и открытия***

Технические усовершенствования в горном деле, в металлургии и обра­ботке металлов были мало чем обязаны науке, хотя со своей стороны они дали ей очень много. Иначе обстояло дело, когда великие путешествия открыли для европейского капиталистического предпринимательства целый мир. Эти путе­шествия явились плодом первой сознательной постановки астрономической и географической наук на службу славе и выгоде. Естественно, что города Италии и Германии — Венеция, Генуя и даже такие континентальные города, как Флоренция и Нюрнберг с их обширной торговлей, — взяли на себя ведущую роль в теоретическом отношении. В этот период возрождается и расширяется греческая география, модернизированная отчетами старых путешественников, таких, как Марко Поло и Рубрук (Рубруквис) в XIII веке, а также результа­тами позднейших океанских плаваний. В то же время итальянцы и немцы усовершенствовали методы применения астрономии в мореходстве и начали кампанию за создание астрономических таблиц, достаточно точных и простых, чтобы ими могли пользоваться мореплаватели, и карт, по которым могли бы прокладываться курсы кораблей.

Экономические результаты великих морских путешествии были и непосред­ственными и устойчивыми. Открытие нового морского пути явилось тяжелым ударом по традиционной сухопутной и транзитной торговле арабов, столь выгодной для них и для турок, и тем самым принесло огромные доходы порту­гальцам, одновременно разорив венецианцев. Позднее эксплуатация рудников, сахарных и табачных плантаций Америки, основанная на широком применении труда рабов, захваченных вАфрике, должна была обеспечить Испании и дру­гим колониальным державам еще более высокие и устойчивые доходы. Однако вследствие отсталости экономической системы Испании богатства эти не сохра­нились в стране, ибо как эксплуатация рудников, так и торговля находились в руках иностранцев и получаемые отсюда средства шли на обеспечение капи­талами промышленности Голландии и Англии.

Столь же решающее значение имели новые открытия также и для науки. Успех первых путешествий значительно повысил требования к кораблестрое­нию и навигации. Он вызвал к жизни новый класс интеллигенции, искушенных в математике, подготовленных мастеров по производству компасов, карт и дру­гих инструментов.

Это положило начало созданию слоя людей, занимающихся наукой, обеспечило основы для профессиональной подготовки и предоставило средства на жизнь способной молодежи из всех классов общества. В Португалии, Испании, Англии, Голландии и Франции были основаны мореходные школы. Изучение движения звезд приобрело теперь практическую ценность (стр. 232), и астрономии уже больше не угрожало забвение, даже после того, как астроло­гия вышла из моды.

С другой стороны, одновременное открытие как старых, богатых цивили­заций Азии, так и Нового Света — Америки, со всеми их странными обычаями и продуктами, привело к тому, что древнеклассический мир стал казаться провинциальным, и воодушевило людей сознанием достижения ими чего-то нового, о чем древние не могли даже мечтать. Новые области, ныне откры­тые для наблюдений и описания, требовали новых методов анализа. Морские путешествия поистине произвели столь же важный переворот в сфере интел­лектуальной деятельности человечества, как и в сфере представлений о земле. Родоначальники Возрождения надеялись на новый век и трудились ради него. К середине XVI века они уже могли ощутить, что достигли этого века.

Коперник внес в астрономию новый критический дух, правильную оценку эстетической формы и вдохновение заново отредактированных текстов антич­ных авторов, которые могли быть использованы и для сопоставления взглядов древних авторитетов. Ибо, как мы уже видели, идея вращения Земли была отнюдь не новой. Она восходит к самому зарождению греческой астрономии и была сформулирована Аристархом в III веке до н. э. (стр. 128). Эта идея всегда существовала как альтернатива, хотя и парадоксально абсурдная, взгляда на движения звезд, ибо само собой разумелось, что Земля неподвижна, тогда как движение Солнца, Луны и звезд можно было видеть. Необходимы были мужество и наука, чтобы опрокинуть эту точку зрения здравого смысла. Человек, на долю которого выпало дерзнуть это сделать, при всей своей при­родной застенчивости обладал незаурядным мужеством и, как гуманист эпохи Возрождения, имел все основания желать осуществить этот решительный раз­рыв с прошлым.

В области идей первая фаза научной революции явилась главным образом фазой разрушения, хотя она и была озарена сиянием одной конструктивной гипотезы — блестящей гипотезы Коперника. Не только в астрономии, но и в дру­гих сферах научного интереса — в анатомии и химии — старые методы мышления оказались уже непригодными и неудовлетворительными. Хотя люди эпохи Воз­рождения сумели решить лишь немногие из поднятых ими проблем, они, по крайней мере, расчистили почву для разрешения также и всех остальных проблем в период великой борьбы идей последующего столетия.

В области же применения научных достижений на практике эпоха Возрож­дения, напротив того, ознаменовала период решающего прогресса. Как уже указывалось выше, усилия деятелей науки раннего средневековья постепенно выдохлись главным образом потому, что не могли найти для себя практического применения. Успехи мореплавателей эпохи Возрождения обеспечили как раз то, что было необходимо — надежную и все возраставшую сферу практического применения научных открытий, — а наибольшая потребность ощущалась в астрономии и навигации, как раз в тех отраслях науки, которые лучше всего сохранились с классических времен и наиболее активно использовались для целей астрологии и составления календарей. Следующим шагом было обеспе­чение прогресса механики — создание новых машин, динамики и развитие артил­лерийского дела. С этого момента будущее науки было гарантировано; она стала необходимостью для осуществления наиболее жизненно важных, активных и выгодных предприятий — торговли и войн. Позднее она смогла распространить сферу своего воздействия на мануфактурную промышленность, земледелие и даже медицину. Всеобъемлющее значение эпохи Возрождения заключалось в том, что она означала первоначальный разрыв с экономикой, политикой и идеями феодального средневековья. Большая часть конструктивной работы была еще впереди, однако возврата назад уже не было. Наука начинала накла­дывать свой отпечаток на историю…

Период примерно с 1540 по 1650 год не получил в истории соответствующего наименования. Он был назван периодом контрренессанса, однако такое назва­ние указывает на значительно большую степень реакционности по отношению к предыдущей фазе, чем это действительно имело место. В эту фазу входят контрреформация, наглядным выражением которой явился стиль барокко, религиозные войны, свирепствовавшие последовательно во Франции (1560-1598), Нидерландах (1572-1609) и в Германии (1618-1648), создание Гене­ральных Штатов в Голландии (1576) и Британского содружества наций (1649). Из всех этих событий последние два должны были иметь в конечном счете вели­чайшее значение. Они свидетельствуют о политическом торжестве нового класса — буржуазии в двух странах, где сконцентрировалась большая часть мировой торговли и мануфактурной промышленности.

В области науки этот период ознаменовался первым значительным торже­ством нового опытного, экспериментального подхода к явлениям. Непосред­ственным началом этого периода следует считать впервые сформулированное Коперником разъяснение солнечной системы, концом же его — утверждение этой системы, невзирая на осуждение церкви благодаря трудам Галилея. К этому же периоду относится данное Гильбертом в 1600 году определение Земли как магнита и открытие в 1628 году Гарвеем кровообращения. В это же время были впервые применены два величайших изобретения, расширивших возмож­ности наблюдения природы, — телескоп и микроскоп.

Ни в отношении введенных в этот период технических новшеств, ни в исполь­зовании науки, промышленный подъем конца XVI и начала XVII веков, полу­чивший название первой промышленной революции, не может сравниться с великой промышленной революцией XVII века. И тем не менее сейчас мы видим, что первая революция была необходимым вступлением к революции XVII века. Прежде чем переход от техники, опирающейся на использование дерева и гидроэнергии, к технике железа и энергии угля стал мыслимым и возможным, переход этот должен был показать свою необходимость. Именно требования, предъявленные первой промышленной революцией к ограничен­ным ресурсам, которые удовлетворяли феодальную экономику средневековья, форсировали поиски новых ресурсов и новых технических приемов. (…)

И именно эти самые требования в конечном счете изменили отношение к новому. Раз прибыль была узаконена и новые методы сулили богатство, но­визны теперь уже не боялись, ее приветствовали. Это было лавочкой, продавав­шей, так сказать, «новые образчики мысли», которым профессор Баттерфилд приписал рождение современной науки. Конец XVI и начало XVII века видели первых представителей из рода *прожектеров,*позднее названных *изобретателями.*Они не только говорили, как это делал Роджер Бэкон, о чудес­ных новых машинах, но и предлагали сами сделать их за известное вознагражде­ние, а иногда даже действительно делали.

Новые философы-экспериментаторы, или ученые, как мы назвали бы их сейчас (стр. 19), больше не были выходцами из самой гущи городского населе­ния эпохи Возрождения; теперь это были скорее отдельные представители новой буржуазии — главным образом адвокаты, подобно Виету, Ферма, Бэкону; доктора — как Коперник, Гильберт, Гарвей; некоторые из них принадлежали к мелкому дворянству — Тихо Браге, Декарт, фон Герике и Ван-Гельмонт; к духовенству — Мерсенн и Гассеиди; а один-два среди них, подобно Кеплеру, были даже блестящими представителями низшего сословия. В истории их изобра­жают изолированными фигурами, однако в действительности ввиду своей край­ней малочисленности они всегда гораздо легче и быстрее вступали в общение друг с другом, чем это имеет место среди ученых в наши дни в силу их много­численности, а также в силу того давления, задержек в издании их работ и все растущих военных и политических ограничений, которым они подвергаются.

Потребовалось известное время для полного осмысления всего внутреннего значения произведенной Коперником революции в науке. Специалисты-астро­номы наиболее склонны были приветствовать теорию Коперника за ее простоту и как средство, хотя и далеко еще не точное, улучшения астрономических таб­лиц. К ним присоединились те, кто нашел в этой теории убедительную иллю­страцию нелепости старого, средневекового аристотелевского мировоззрения, или те, кто был воодушевлен образом бесконечной вселенной, который она рас­крыла перед ними. Наиболее выдающимся из этих ученых был Джордано Бруно (1548—1600). Родившись в Ноле, близ Неаполя, наделенный пылким темпе­раментом и проницательным воображением, Бруно вскоре поссорился с доми­никанским орденом, в который некогда вступил, и, покинув его, стал на путь скитальческой жизни, странствуя по всей Европе, дискутируя и публикуя книги и памфлеты, где мистицизм Луллия смешивался с идеей множественности миров. Его способности производили огромное впечатление как на магнатов, так и на ученых, однако его острый язык создавал ему больше врагов, чем дру­зей, и он был вынужден непрестанно скитаться. Наконец, в 1592 году, неосто­рожно рискнув появиться в Венеции, он был предан и отдан в руки римской инквизиции, которая восемь лет спустя сожгла его на костре как еретика. Бруно был мучеником не столько за науку, сколько за свободу мысли, ибо он не занимался ни экспериментами, ни наблюдениями, но до самого конца настаи­вал на своем праве делать из научных фактов любые выводы, которые сочтет нужным.

Бруно заставил людей думать и спорить о теории Коперника. На каждого католика, напуганного его казнью, приходилось, по-видимому, столько же про­тестантов, вдохновленных его подвигом. Однако для того, чтобы теория Копер­ника могла упрочиться и найти себе полезное применение, потребовались более солидные аргументы. Этой теории в ее первоначальном виде недоставало точного описания орбит планет — что еще предстояло сделать астрономам, — а также убедительных аргументов для объяснения невоспринимаемости движе­ния Земли—задача, которая предполагала создание новой науки — динамики.

***Ураниборг и Тихо Браге***

Первая из этих задач была осуществлена двумя замечательными людьми — Тихо Браге (1546-1601) и его помощником Иоганном Кеплером (1571-1630). Тихо Браге, будучи сам по происхождению датским дворянином, сумел доста­точно использовать влияние короля Фридриха II, чтобы построить в 1576 году первый подлинно научный институт того времени — Ураниборг — на острове Веп в Зундском проливе, собиравшем богатые сборы за проход судов и служив­шем основным источником богатства этой страны. Здесь с помощью специально изготовленных приборов он подобрал ряд точных наблюдений о положении звезд и планет, что превзошло все сделанное до сих пор в данной области. (…)

Результаты работы Тихо Браге получили несравненно большее значение для прогресса науки после разработки их Кеплером. (…)

Гипотеза эллиптических орбит и оба других закона, с помощью которых Кеплер объяснил скорость движения планеты, обращающейся по своей орбите, не только устранили главное возражение астрономов против гипотезы Копер­ника, но и нанесли смертельный удар по взглядам Пифагора-Платона, счи­тавших что небесные светила могли совершать только идеальные, то есть круго­вые, движения, — взглядам, которых придерживался даже Коперник. Однако эти чисто астрономические расчеты Кеплера не были решающим элементом, произведшим великую революцию в умах людей, которая привела к совер­шенно новому взгляду на вселенную, хотя им и суждено было стать основой наблюдений количественного динамического объяснения, разработанного позд­нее Ньютоном (стр. 262 и далее).

Решающим фактором, обусловившим признание нового взгляда на строе­ние неба, оказалось не какое-нибудь дальнейшее расширение астрономических вычислений, оценить которые могли лишь специалисты, но доступное всем пря­мое физическое средство, позволяющее приблизить небеса к земле настолько, что можно было более тщательно изучать Солнце, Луну и звезды; иными сло­вами, речь идет о телескопе, или подзорной трубе.

Сам *телескоп*не был, вероятно, научным изобретением: согласно довольно туманным сведениям, он появился в Голландии как побочный продукт произ­водства очков. Легенда гласит, что это произошло около 1600 года, когда какой-то ребенок в мастерской Липпершея посмотрел через две линзы в окно и заметил, что находящиеся снаружи предметы стали казаться ближе. Тот факт, что для изобретения телескопа не понадобилось никакого научного гения, показывает, что к тому времени оно уже давно назрело. Нужда в теле­скопе существовала всегда, по ничего в этом направлении не делалось, поскольку это казалось несбыточной мечтой. Между тем средства создания телескопа суще­ствовали в действительности чуть ли не триста лет. Однако для случайного открытия телескопа нужна была, по-видимому, только простая количественная концентрация производства оптики, сопутствовавшая большему накоплению богатства в XVI веке.

***Галилео Галилей***

Телескопу суждено было стать величайшим научным прибором этого периода. Едва новость о телескопе дошла до профессора физики и военно-инженерного дела в Падуе Галилео Галилея (1564-1642), как он решил сде­лать себе такой же прибор, чтобы направить его на небо. Галилео уже в то время был убежденным последователем Коперника, причем он одновременно глубоко интересовался движениями маятника и связанной с этим проблемой свободного падения тел. За несколько первых ночей наблюдения неба он увидел достаточно для того, чтобы разгромить всю аристотелевскую картину этой безмолвной стихии. Ибо Луна оказалась несовершенной сферой, а покрытой морями и го­рами; планета Венера, так же как и Луна, имела фазы, в то время как планета Сатурн казалась разделенной на три планеты. И, что важнее всего, Галилей заметил, что вокруг Юпитера вращаются три звезды или луны — миниатюрная модель системы Коперника, которую каждый смотрящий в телескоп мог уви­деть собственными глазами.

Галилею удалось то, что безуспешно пытались сделать другие, а именно — сформулировать математическое описание движения тел. Эта задача должна была стать главным делом его жизни, нашедшим свое полное выражение только в опубликованных уже после его осуждения «Диалогах о двух новых науках», но намечающимся в «Диалоге о двух главнейших системах мира», кото­рому суждено было стать непосредственной причиной его столкновения с цер­ковью.

Галилео начал подвергать сомнению все общепринятые воззрения, обратившись для этого к помощи нового метода — метода эксперимента. Бросал ли он фактически тяжести с верхушки Пизанской башни или нет, неважно; мы знаем, что для проведения точных измерений падения тел он использовал в своих опытах как маятник, так и наклонную плоскость.

Это были чуть ли не самые первые эксперименты в новой науке. Они отли­чались от экспериментов схоластов XIII столетия главным образом тем, что были скорее исследовательскими, чем иллюстративными, и в еще большей степени — своим количественным характером, позволившим связать их с математической теорией. Сам Галилей занял в отношении своих собственных опы­тов какую-то промежуточную позицию. Он однажды заявил, что проводит их не для того, чтобы убедиться самому, но чтобы убедить других. Галилей был непоколебимо убежден в том, что может объяснить природу с помощью разума. В этом смысле его опыты были скорее демонстрацией, чем экспериментами. Тем не менее он проводил их в действительности, в отличие от идеальных бумажных экспериментов, затуманивающих современную физику. И, что еще важнее получая неожиданные для себя результаты, он не отвергал их, но возвращался к исходному положению, подвергая сомнению свои собственные доказатель­ства и тем самым проявляя насущно необходимое уважение к факту, являю­щееся отличительным признаком экспериментальной науки.

Математическое объяснение экспериментов Галилея над падающими телами оказалось значительно труднее самих опытов. Нужно было уяснить, как это тело, постоянно меняющее свою скорость, может иметь в данный момент опре­деленную скорость. И действительно, Галилей начал с ошибки, предположив, что скорость падающего тела возрастает пропорционально пройденному им рас­стоянию, в то время как в действительности она зависит — позднее он сам пришел к этому выводу — непосредственно от *времени,*в течение которого данное тело падает. (…)

…Соединяя точный экспе­римент с математическим анализом, он решил сравнительно простую задачу свободного падения тел, показав, что в безвоздушном пространстве они описа­ли бы параболическую траекторию.

Тем самым он создал первый определенный образец методов современной физики, которые должны были получить такое исключительно успешное развитие в последующие столетия. Действительно, до самого последнего времени введенный им точный физический метод принимался как *определенный*основной метод науки, такой, к которому в конце концов может быть сведена всякая другая наука.

***Возрождение математики***

Достижение Галилея и Кеплера стало возможным потому, что они в совер­шенстве владели новой *математикой*,расцветшей вместе с эпохой Возрожденния. Виет (1540—1603) сделал решающий шаг, введя *символику*во все алгебраиче­ские доказательства путем применения буквенных обозначений для выражения как известных, так и неизвестных величин не только в алгебре, но также и в тригонометрии. Этот чисто технический прием значительно ускорил вычисления и устранил путаницу, неизбежно вносимую словесными обозначениями. Благо­даря его работе, равно как и работе Кардано (1501-1576), а также Тартальи, можно было пользоваться алгебраическими методами для решения любой за­дачи, где величины могли быть выражены цифрами. (…) Для завершения цепи доказательств Галилею необходимо было связать математику с механикой. Решение этой задачи занимало его на протяжении всей научной деятельности. Леонардо искал способов количественного подхода к механике ощупью; Галилей, обладая преимуществом лучше поставленных экспериментов и более практически применимой математики, овладел им в пол­ной мере. Он стал одним из основоположников научной техники. Другим осно­воположником был тот же Симон Стевин из Брюгге, первый выдающийся инже­нер новой Голландии, принимавший активное участие в освободительной войне. |Ему принадлежит заслуга выведения законов сложения сил и создания коли­чественной гидравлики.

К 1642 году, году смерти Галилея и рождения Ньютона, оба великих и стоивших больших трудов открытия — открытие вращения планет и крово­обращения — прочно завоевали себе место в науке. Первая теоретическая задача научной революции была решена: классическая картина мира разру­шена, хотя место ее заняли пока еще только грубые наметки новой. При этом удалось найти новые средства для понимания и покорения природы, однако лишь очень немногое из достигнутого могло быть использовано для общих практических целей. Даже телескоп явился скорее техническим, нежели науч­ным изобретением. Прежде чем плоды революции в мышлении могли сказаться в практической жизни, необходимо было, чтобы таившиеся в новой науке воз­можности дошли до сознания не только ученых, но и нового класса пред­приимчивых людей, делавших свою собственную политическую революцию, — торговцев, мореплавателей, промышленников, государственных деятелей и ран­них прогрессивных капиталистов.

***Пророки. Бэкон и Декарт***

Завершение выполнения этой задачи должны были взять на себя два человека, происходивших из менее развитых в культурном отношении, но зна­чительно более активных северных стран, — Бэкон и Декарт. Эти две крупные фигуры появились па стыке средневековой и современной наук. Оба были по самой сущности своей пророками и публицистами, людьми, которые уже видели возможности познания и поставили себе целью показать их миру. Оба они были по масштабам своих знаний универсалами, несмотря на все их раз­личие в подходе к проблемам познания.

Третьей и окончательной фазы своего становления новая наука достигла во второй половине XVII столетия. С точки зрения интеллектуальной, как мы уже видели, почва для этого была подготовлена низвержением феодально-классических теорий в течение предыдущих ста лет. Хотя низвержение это сделало возможным дальнейший прогресс и укрепление науки, однако оно было не единственной и не главной причиной той вспышки активности, кото­рая менее чем за пятьдесят лет фактически создала большинство отраслей сов­ременной науки.

Третья фаза научной революции соответственно представляла собой период образования первых хорошо организованных научных обществ— Лондонского королевского общества и Французской Королевской академии, поставивших перед собой задачу сосредоточить свое внимание на главных технических проблемах того времени — *накаливания*и *гидравлики, артиллерий­ского дела*и *мореплавания,*одновременно чуть ли не нарочито избегая общих философских дискуссий. Прогресс науки особенно стимулировали проблемы мореплавания, ибо именно при нахождении их решений в замечательном синтезе Ньютона объединялись два элемента ранней науки — механика и астро­номия. (…)

Отличительной чертой этого периода было *экстенсивное*исследование, охватывающее всю область природы и созданного человеком, и *конструктив­ная*теория в тех частях, где могли быть применены математические методы. Не было больше необходимости, как в предыдущий период, сосредоточивать все усилия на ниспровержении физики Аристотеля пли физиологии Галена. Теории Коперника, Галилея и Гарвея признавались новыми «виртуозами» почти единодушно. Однако в отличие от своих предшественников они пытались придать им более глубокий физический и философский смысл. Первой в этой области была система Декарта, подчеркивающая простое протяжение, полное и непрерывное заполнение вселенной тонкой материей, движущейся путем удара от одной частицы к другой. Это была теория о *заполненности*простран­ства.

Хотя все эти достижения свидетельствуют о значительном расцвете науч­ной деятельности во многих областях, основным вопросом и величайшим науч­ным триумфом XVII столетия, несомненно, явилось завершение общей си­стемы *механики,*способной объяснить движение звезд в рамках наблюдаемого поведения материи на земле. Здесь современники фактически раз и навсегда сводили свои счеты с древними греками. Как древние греки, так и люди XVII ве­ка придерживались одного мнения о важности изучения небес. Однако по­скольку интерес к этому вопросу со стороны последних носил скорее практи­ческий, чем философский характер, они нуждались в ответе совершенно иного порядка. Поисками такого полного и удовлетворительного по форме ответа занимался ряд математиков и-астрономов, в том числе почти все выдающиеся имена в науке того периода — Галилей, Кеплер, Декарт, Борелли, Гук, Гюй­генс, Галлей, Рен, — но все должно было привести к ясному объединению механики в «De Philosophiae natural is Principia Mathematical («Математи­ческие начала натуральной философии» — *Перев.)*Ньютона, где он изложил и обосновал свою теорию всемирного тяготения.

Хотя система всемирного тяготения казалась в то время, и продолжает оставаться сейчас, величайшей работой Ньютона, его влияние на науку и за ее пределами было даже еще более действенным благодаря тем методам, кото­рыми он пользовался для достижения своих результатов. Его исчисление бес­конечно малых дало универсальный способ перехода от определения изме­нений величии к определению самих величии, и наоборот. Ньютон дал мате­матический ключ, который был пригоден для решения физических проблем еще в течение 200 лет. Изложением своих законов движения, связывавших силу не с самим движением, но с изменением движения, он окончательно пор­вал со старым традиционным взглядом, утверждавшим, что для поддержания движения нужна сила, и отвел трению, делающему применение такой силы необходимым во всех действующих механизмах, лишь второстепенную роль, устранение которой было делом каждого хорошего инженера. Одним словом, Ньютон раз и навсегда установил *динамический*взгляд на вселенную вместо удовлетворявшего древних *статического.*Это преобразование, в соединении с его атомизмом, показало, что взгляды Ньютона, чего он сам не сознавал, полностью соответствовали экономическим и социальным условиям его вре­мени, когда индивидуальная инициатива, где каждый отвечает сам за себя, заменяла окостеневший иерархический порядок позднего классического и феодального периода, при котором каждый человек знал свое место.

Совершенно независимо от этих действительных достижений работа Ньютона, сама являвшаяся венцом достижений века эксперимента и вычисле­ния, создала надежный метод, который мог быть с успехом использован учеными последующих времен. В то же время она еще раз убедила как ученых, так и людей, не принадлежавших к миру науки, что вселенная управляется про­стыми математическими законами. Так, например, законы электричества и магнетизма, как мы увидим ниже (стр. 337), были построены по образцу законов Ньютона, а атомистическая теория химии явилась непосредственным продуктом его атомистических выводов.

***Авторитет и влияние Ньютона***

Успехи Ньютона таили в себе и соответствующие опасности для будущего. Его дарования были так велики, система его казалась столь совершенной, что все это положительно обескуражило научный прогресс в следующем веке или допустило его только в тех областях, которых Ньютон не затронул. В Англии это обстоятельство сдерживало развитие математики вплоть до сере­дины XIX века. Влияние Ньютона пережило даже его систему, и весь тот тон, который он задал науке, принимался как нечто до такой степени само собой разумеющееся, что вызванные им жесткие ограничения, вытекавшие в значительной степени из его теологических предубеждений, не были осознаны до эпохи Эйнштейна, да даже и сейчас осознаны еще не полностью.

Как это ни парадоксально, но при всем его желании свести философию к ее математическому выражению наиболее непосредственное влияние идеи Ньютона оказали в области экономики и политики. Найдя свое преломление

в философии друга Ньютона — Локка и его последователя — Юма, они создали общее чувство скептицизма по отношению к авторитету и веру в laisser-faire, которые должны были ослабить престиж религии и уважение к божественно установленному общественному порядку. Непосредственно через Вольтера, который первым ознакомил французов с работой Ньютона, они должны были способствовать «просвещению» и тем самым — идеям французской революции. Они и поныне продолжают оставаться философской базой буржуазного либе­рализма.

Оглядываясь назад, на эпическое развитие новой науки в XV, XVI и XVII веках, нам с наших позиций сейчас легче увидеть, почему рождение науки произошло именно в данное время и именно в данном месте. Мы можем увидеть, как оно непосредственно шло за широким возрождением торговли и промышленности, знаменовавшим подъем буржуазии в XV и XVI веках и ее политическую победу в Англии и Голландии в XVII веке. Рождение науки следует сразу же за рождением капитализма. Тот самый дух, который разрушил застывшие формы феодализма и церкви, порвал также и с еще более старой, рабовладельческой, консервативной традицией классического мира. В науке, так же как и в политике, разрыв с традицией означал освобождение человече­ской изобретательности и проникновение ее в скрытые от нее до тех пор области. Ни одна часть вселенной не была слишком далекой, никакое ремесло не было слишком низким для интересов новых ученых.

***Единство науки XVII века***

И все же, несмотря на все разнообразие областей исследования, наука XVII века имела определяющее ее единство, опиравшееся на троякую основу: единство лиц, идей и применения. Прежде всего, ученый XVII столетия был в состоянии охватить все отрасли известной в то время науки и создать в них оригинальные труды. Ньютон был не только математиком, астрономом, опти­ком и механиком, но и в течение ряда лет занимался химией; хотя он опублико­вал лишь немного работ в этой области, однако, по видимому, понимал ее гораздо более глубоко, чем кто-либо другой из ученых того времени. Гук, не будучи выдающимся математиком, работал, однако, как мы уже видели, во всех этих областях, равно как и в области физиологии, и является одним из пионеров микроскопии. В самом центре научного движения находился и Рен, которого мы знаем как архитектора. В результате такой универсальности ученые или *«виртуозы»*XVII столетия могли составить значительно более единообразную картину областей науки, чем это удавалось сделать в последующие времена.

***Математическая философия***

Во-вторых, определяющее единство науки порождалось руководящей идеей и методом работы, который являлся, по существу, математическим и основывался на математике, выведенной непосредственно из греческой науки, но включавшей в себя также и достижения арабов, индийцев и, возможно, китайцев. Однако эта направленность имела и свои отрицательные стороны; следствием такого преобладающего влияния математики явилось существенное, хотя и неосознанное, ограничение сферы деятельности пауки XVII века. Воз­никла тенденция вообще обходить те области опыта, которые в то время не могли быть сведены к математике, и выражать математически, с несколько комичными результатами, даже те области, которые никакого отношения к математике не имели. Так, например, один из последователей Гарвея пытался объяснить действие различных желез тела относительной инерцией их частиц, зависевшей от того, под каким углом были направлены их протоки. Особенно любопытный случай произошел в области общественных наук, когда Спиноза (1632-1677), самый замечательный из всех философов XVII века, попытался свести к математическим принципам этику. Именно в результате преимуще­ственного акцентирования математики ученые XVII века достигли больших успехов только в тех областях науки, которыми до них занимались уже гре­ки, таких, как механика и астрономия, и почти совсем не продвинули вперед химии и биологии.

***Наука и технические проблемы***

Третьим и наиболее характерным унифицирующим принципом новой науки был интерес ученых к важным техническим проблемам того времени. Как мы уже видели, огромный прогресс техники начиная с XIV века и даже еще раньше явился следствием разрыва с традицией в условиях сложившейся в Европе благоприятной обстановки, когда обильные природные ресурсы должны были эксплуатироваться небольшим количеством людей, что стимули­ровало изобретательность. Решения этих проблем, достигнутые в горном деле и металлообработке, транспорте и текстильной промышленности, были техни­ческими решениями, но, порвав с традицией, ученые выдвинули новые про­блемы, решать которые была призвана новая паука того времени. Достаточное число этих проблем, особенно проблемы мореплавания, артиллерийского дела и механики, не выходили за рамки греческой традиции знания и непо­средственно разрешались на практике. Остальные вдохновляли науку XVIII века.

***Наука доказывает свою ценность***

Правда, вначале ученые претендовали на то, что могут добиться больших результатов, чем это было возможно в то время. Вплоть до конца XVIII века наука черпала из промышленности значительно больше, чем была еще в состоя­нии возвратить ей. Должно было пройти, по крайней мере, еще сто лет, прежде чем ученые могли предложить что-нибудь новое для замены или усовершен­ствования традиционных приемов, использовавшихся в химии и биологии; медицина потребовала для этого даже еще более долгого срока. Даже в области хорошо освоенных физических наук, как в механике, так и в артиллерийском деле, преимущество все еще было на стороне практиков. Усовершенствованию обработки металла суждено было еще долгое время быть делом рук рабочих-машиностроителей, усовершенствованию пушек—делом литейщиков. При работе с деревом или грубо отлитым металлом невозможно было использовать все те тонкости обработки, которые могли быть предложены новой математи­кой и динамикой. Ньютон, например, действительно вычислил траекторию полета ядра с учетом сопротивления воздуха. Его методы продолжали при­меняться еще во время второй мировой войны, но в то время они были совер­шенно неприменимы. Канал ствола у пушек был неровным, ядра к ним не под­ходили, качество и количество пороха были в каждом заряде различными, а для прицельной стрельбы не существовало других средств, как установка пушки вручную, с помощью веревок и клиньев. Артиллерист-практик, знав­ший все несовершенство своего искусства, мог прекрасно обходиться без бал­листики. Единственное исключение из этого правила представляло искус­ство часовщика, самые высокие достижения которого — конструирование мор­ских хронометров—требовали известного знания динамики.

Единственной областью, где новая паука сделала большие успехи, было мореплавание. Это явилось действительно достижением, поскольку оно имело место в такое время, когда контроль над морскими путями и открытие Нового Света явились ключом к национальному, экономическому и политическому успеху. Доказав свою ценность в этой области, наука стала утвердившейся частью повой господствующей капиталистической цивилизации. Она приоб­рела целостность и положение, которые ей суждено было навсегда сохранить за собой. Значение науки должно было непрерывно расти относительно и абсолютно, по мере того как для всех становилось очевидным, что военное и экономическое превосходство европейской цивилизации над старыми циви­лизациями ислама, Индии и Китая было результатом ее технических дости­жений и что усовершенствование техники требовало постоянного применения и развития науки. (…)

На своих ранних стадиях новая экспериментальная наука по необходимости носила критический, раз­рушительный характер; задачей ее на позднейших стадиях развития было обеспечить новую основу для философии, которая больше гармонировала бы с потребностями времени.

Разрыв никогда не был полным; власть религии — как внутренне ей при­сущая, так и та, которой облекло ее общество, — была все еще слишком силь­на, чтобы позволить сколько-нибудь серьезное отклонение от общей схемы сотворения и спасения, которой придерживались в равной степени как като­лики, так и протестанты. Тем не менее в обращении со схемой божественного управления миром допускались большие вольности; у Декарта и Бэкона они были выражены совершенно явно, но проявлялись даже и в более осторожной, туманной философии Галилея и Ньютона. Именно эти вольности должны были составить основу для критики всего здания религии в следующем веке.

Парадокс научной революции состоял в том, что те, кто внес в нее наи­больший вклад (в основном это научные новаторы от Коперника до Ньютона), были наиболее консервативны в своих религиозных и философских взглядах. И если они не были ортодоксальными, то лишь потому, что считали, что ор­тодоксальность сбилась с пути разума. Они принимали программу св. Фомы Аквинского, проповедующую примирение веры с разумом, но были вынуж­дены отвергнуть его выводы, поскольку теперь выяснилось, что система мира, с которой он согласовал свою веру, была явно абсурдной. Их собственные формы такого примирения должны были оказаться еще менее долговремен­ными. Но пора господства теологии над наукой прошла. Теология могла еще извращать и задерживать прогресс науки, но не могла его остановить. По молчаливому соглашению религия была ограничена моральной и духовной сферой, В сфере же материального мира — хотели ли того или не хотели — окончательно свершилась научная революция.

***Наука прочно утверждается***

К 1690 году наука определенно сформировалась. Она приобрела огромный авторитет, по крайней мере, в высших кругах общества того времени. Она имела собственные организации в лице Королевского общества и Королевской академии наук, которые были тесно связаны узами личного общения с правя­щими кругами — с парламентом и влиятельными семействами вигов в Англии, с королевским двором во Франции. Она распространялась на другие страны. Была создана последовательная методология эксперимента и математического анализа, последовательный метод, с помощью которого можно было рано или поздно взяться за разрешение любой проблемы. Основы науки могли быть позднее пересмотрены и изменены, однако воздвигнутое на них сооружение было прочным и, что еще важнее, общий метод для построения его был теперь известен и уже не подвергался угрозе быть когда-либо снова забытым.

Однако уже в самом успехе раннего научного метода таились элементы опасности. Самый метод содержал в себе многие старые идеи, неизбежно ока­зывавшие свое влияние на мышление первых ученых, и включал их, равно как и новые концепции, выведенные путем опыта, в новую философию науки. Именно эта бессознательная реликвия прошлого проявляется сейчас во многих идеалистических научных теориях наших дней; и весьма возможно, что задачей науки XX века будет разрушение системы Ньютона, подобно тому как XVII век разрушил систему Аристотеля.

**ЧАСТЬ V**

**НАУКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

**ВВЕДЕНИЕ**

***Капитализм и наука***

XVIII и XIX века были великими веками формирования современного мира, веками, которые тем, кто жил в то время, казались освободительной эпохой общественного развития, когда человек нашел, наконец, истинный путь к процветанию и безграничному прогрессу. Нам, пережившим волнения и пери­петии XX века, они кажутся веками подготовки, веками, в течение которых ценою огромных страданий были совершены большие дела, чтобы в результате породить величественную, но неустойчивую культуру. Они охватывают период утверждения науки как неотъемлемой части новой промышленной цивили­зации. Новые методы экспериментальной науки, выработанные в эпоху рево­люции XVII века, должны были распространиться на все области человече­ского опыта, и в то же время применение их должно было соответствовать великому перевороту в средствах производства, который мы называем про­мышленной революцией, и вдохновлять его.

Промышленная революция не была главным образом — а если и была, то не в своих начальных стадиях — плодом прогресса науки, хотя некоторые достижения науки, в частности паровая машина, и должны были стать суще­ственными факторами ее успеха. Тем не менее все это движение было значи­тельно теснее связано с ростом и переходом экономической системы *капита­лизма*из фазы, когда господствующей силой в ней были купцы и мелкие про­мышленники, в такую фазу, когда преобладающую роль стали играть финансо­вые магнаты и тяжелая индустрия.

Не случайно, что теоретические формулировки науки, технические изме­нения в промышленности и экономическое, а также политическое господство капитала развивались и процветали совместно, в одно и то же время и в одних и тех же местах. Однако раскрыть существовавшую между ними связь — дело нелегкое. Технические приемы, экономические формы и научные знания — все это в тот период развивалось быстро; иногда верх брал один из этих аспектов, иногда — другой. В этом разделе мы поставили перед собой, в частности, задачу сделать попытку разобраться в том, какова была роль науки в происходивших технических и экономических изменениях, а также проследить влияние этих изменений на рост и характер самой науки. Это может, однако, выявиться только после более детального изучения отдельных аспектов такой взаимосвязи, и выводы могут быть рассмотрены лишь в конце этого раздела.

Вначале же необходимо дать развернутое описание социальных и эконо­мических преобразований в данный период так, чтобы изменения в науке были показаны в соответствующей перспективе. Уже к концу XVII века была под­готовлена почва для дальнейшего прогресса нового — капиталистического — способа производства. Там, во все еще лишь маленьком уголке Европы, ограни­ченном почти исключительно Англией, Нидерландами и Северной Францией, городская средняя буржуазия в большей или меньшей степени освободилась от феодальных ограничений; эта часть общества могла финансировать произ­водство с целью получения прибылей, располагая постоянно растущим рынком сбыта для своей продукции во всем мире, открытом для нее новыми морскими путешествиями. (…)

***Техника и наука***

Хотя на первых своих стадиях изменения в технических приемах, поро­ждаемые потребностями экономики, могли происходить и действительно проис­ходили без вмешательства пауки, часто случалось, что даже простое следование по проторенным путям приводило к непредвиденным трудностям, устранить которые можно было, лишь призвав на помощь науку. Так, например, мог истощиться такой естественный источник снабжения, как растительные краси­тели, что могло быть следствием простого расширения производства тканей; тем самым возникал спрос на искусственный их заменитель, который мог быть найден только с помощью науки (стр. 354). Или возьмем другой пример — пере­ход от кустарного к массовому пивоварению мог сам по себе вызвать катастро­фические последствия, предотвратить которые можно было только обратясь к науке.

Такая вспомогательная, почти лечебная роль науки в промышленности была к концу XIX века заменена более позитивной. Идеи, зарождавшиеся в недрах самой науки, находили свое материальное воплощение и развитие в новых отраслях промышленности. Первой и самой важной из этих воплощен­ных идей явилась паровая машина — *философская*машина начала XVIII века; однако лишь ее общие принципы стали известны, производство и применение ее стали делом практического инженерного искусства. В конце XIX века воз­никшие как научные отрасли промышленности, например начавшие тогда оформляться химическая и электрическая промышленность, продолжали оста­ваться таковыми; полностью же они развились лишь в XX веке.

Связь науки с историей общества этого периода ни в коей мере не ограни­чивается, однако, ее ролью в процессе развития производства. Начинала скла­дываться новая, основанная на денежном обмене, форма общества, которое в отличие от средневекового общества с его неподвижным статусом и социальной ответственностью опиралось на свободу и личную инициативу. Это обще­ство, хотя блага его и ограничивались определенным классом и определенной страной, требовало для своего выражения и обоснования новых идей. Оно нашло их главным образом в методах и результатах достижений новых наук» в то время как последние испытывали глубокое, хотя и неосознанное влияние господствующих общественных взглядов на формулирование научных теорий.

***Научная и промышленная революции***

Попытка отграничить промышленную революцию XVIII века от научной революции XVII века может показаться несколько произвольной. Само собой разумеется, что между ними не было непрерывной преемственности. Каза­лось бы, лучше было бы рассматривать их как последовательные фазы одного великого преобразования. Тем не менее мне кажется, что такое разграниче­ние обусловливается соображениями не одного только удобства. Между этими двумя периодами существует заметное качественное различие. В течение пер­вого из них прорыв был осуществлен в основном в сфере понимания, в те­чение второго — в области практики. Заманчивым кажется расценивать это как отношение причины и следствия, однако действительная связь между ними, как я надеюсь показать, является значительно более сложной. До известной степени обе эволюции — познания и умения — шли параллельно, движимые са­мостоятельными внутренними факторами, хотя и постоянно воздействуя друг на друга, особенно в периоды быстрого прогресса (стр. 650 и далее), К концу XVII века начал давать о себе знать третий, экономический фактор — появ­ление капитализма в промышленности. Именно в нем мы можем искать при­чин для перехода науки XVII века — математической, астрономической, ме­дицинской — к науке XVIII века — химической, термической, электрической.

Окончательным моим решением было разделить весь период на четыре важные фазы. Сначала идет переходная, или латентная, фаза (8.1), ведущая к промышленной революции, то есть время с 1690 по 1760 год. Вторая фаза

 (8.2-8.4) включает весь период Французской революции — с 1760 по 1830 год. Она носит революционный характер как в области техники и науки, так и в сфере политики, поскольку она охватывает значительные успехи промыш­ленной революции, а также пневматическую или химическую революцию, усту­пающие по своему значению только революции XVII века в области матема­тики и механики.

Третья фаза (8.5-8.6), относящаяся к середине XIX века, с 1830 по 1870 год, представляет собой то, что было названо зенитом капитализма. И, наконец, четвертая, весьма короткая фаза (8.7-8.8), охватывающая отрезок времени с 1870 по 1895 год, ознаменовалась во внешнем мире началом современного империализма, а в науке — переходным периодом, предшествовавшим великой революции XX века.

Вторая и третья фазы включают в себя два выдающихся периода про­гресса н торжества науки. Первая из них представляла собой своеобразный период застоя после героического XVII века, некоторую, так сказать, пере­дышку и подготовку к предстоявшему прогрессу. Такова же, правда в несколько ином отношении, была и четвертая фаза, хотя в обоих случаях люди, работавшие в это время, чувствовали, что завершают построение великого здания: в одном случае — здания ньютоновой физики, в другом — великого синтеза Фарадея и Максвелла в области физики и не менее великих синтезов Дарвина и Пастера — в области биологии. (…)

Связь между этими различными аспектами социальных изменений не могла быть случайной. В самом деле, чем внимательнее мы их рассматриваем, тем более запутанными кажутся нити, связывавшие в то время науку, технику, экономику и политику в единую систему преобразования культуры. Этот период является решающим для развития человечества. Именно тогда, и только тогда, был совершен решающий поворот в господстве человека над природой, выразившийся в замене как ручного труда, а также слабых сил человека и жи­вотного многочисленными машинами, так и непостоянных ограниченных сил воды и ветра более мощной энергией пара. Основными преобразованиями XVI и XVII веков, сделавшими возможными эти преобразования XVIII века, были зарождение экспериментальной количественной науки и введение капиталисти­ческих методов производства. В то время, когда происходили эти события, между ними по-прежнему не было почти никакой связи.

***Промышленная революция***

Название «промышленная революция» впервые было дано этому периоду Энгельсом, по-видимому, еще в 1844 году. Позднее оно встречается и в про­изведениях Тойнби. Никакого иного термина, кроме термина «революция», нельзя употребить для характеристики изменения производительности в тех областях промышленности, где оно возникло.

***Творцы промышленной революции***

Сама промышленная революция в начальных стадиях своего развития не являлась плодом каких-либо достижений науки; творцами ее были ремеслен­ники-изобретатели, чей успех обусловливался исключительно благоприятными экономическими условиями. Фактически главные события в развитии текстиль­ной промышленности произошли без применения каких-либо радикально новых научных положений. Подлинное значение этих событий заключалось в том, что они свидетельствовали о вступлении в действие нового фактора. Рабочий с его небольшим накопленным или полученным в долг капиталом впервые предъ­являл свои права на преобразование и направление процессов производства в «подлинно революционном духе», как говорил Маркс, в противополож­ность простому господству купца над производством мелких ремесленников посредством постепенного их вытеснения (putting-out system).

Энергия пара

Тем не менее без паровой машины и буквально безграничных возможностей даваемой ею энергии революция, быть может, ограничилась бы ускорением перемещения текстильной промышленности в такие хорошо обводненные райо­ны» как Ланкашир и Вест-Райдинг в Йоркшире, и достижения ее не пошли бы далее аналогичных технических достижений Китая за много столетий до этого. Именно использование паровой машины в качестве источника энергии для тек­стильной промышленности объединило две вначале изолированно развивавшие­ся отрасли — тяжелую и легкую промышленность — и создало тот современный промышленный комплекс, который должен был распространиться из места своего зарождения, Англии, по всему миру. Сейчас паровая машина, как будет показано ниже (стр. 322 и далее), представляет собой по преимуществу созна­тельное применение научной мысли на практике, и в этом смысле наука сыгра­ла в этой революции важную роль.

В свою очередь сама промышленная революция должна была дать стимул и оказать поддержку новому подъему научной деятельности. Такой подъем был даже еще теснее связан с проблемами, поднятыми промышленностью, чем это имело место в XVII веке. Не только в Англии, Шотландии и Франции, но, по мере приближения к концу XVII века, также и в России, Италии и Германии движение за сознательное использование науки «для улучшения ремесел и ма­нуфактур» распространилось среди только что поднявшейся буржуазии и поль­зовалось благосклонностью даже в среде аристократии и просвещенных деспо­тов, подобных Екатерине Великой и австрийскому императору Иосифу II. Однако в XVIII веке интерес к науке имел иной характер, чем в предшествовав­шем веке; он был более тесно связан с достижениями в области производства и имел революционную окраску.

Семьдесят лет — с 1760 по 1830 год, и в особенности тридцать лет — с 1770 по 1800 год, явились периодом решающего поворота в мировой истории. Они знаменуют первую практическую реализацию новых возможностей машин в рамках новой, капиталистической производительной промышленности. Сто­ило только стать на этот путь, как огромный размах прогресса промышленности и науки XIX столетия стал неизбежным. Новая система была настолько дей­ственнее и настолько дешевле старой, что никакая серьезная конкуренция с ней была уже невозможна. Не могло быть также и никакого поворота назад. Рано или поздно должен был измениться весь уклад, жизни каждого человека во всем мире. Этот критический переход явился кульминационным пунктом тех преобразований в технике и экономике, которые, как это было показано, достигли наивысшей точки в Англии, в области техники, около 1760 года, а во Франции, в области экономики и политики, — тридцатью годами позже. Осуществить эти преобразования было нелегко; и не случайно, что период этот был эпохой беспримерных в истории революций и войн.

В науке преобразования XVIII века носили также революционный харак­тер, причем выражение «революция в пневматике» относится только к одно­му из аспектов этих преобразований. Хотя в традиционных трудах по истории науки они и трактуются только как придаток к отказу Коперника —Галилея — Ньютона от античной науки, это критерий лишь того, до какой степени сами историки все еще находятся под гипнозом классической традиции. XVII век разрешил поставленные древнегреческой наукой проблемы с помощью новых математических и экспериментальных методов. Ученые XVIII века должны были решать этими методами такие проблемы, о которых древние греки никогда даже и не задумывались. Но они должны были сделать больше того; им пред­стояло прочно ввести науку в производственный механизм в качестве его нераз­дельной составной части. Применение силовых установок, химии и электричест­ва отныне должно было сделать науку совершенно необходимой для промышлен­ности. Первый шаг к этому был сделан в XVII веке, когда достижения в области астрономии поставили науку па службу мореплаванию. И все же она в значи­тельной степени продолжала оставаться тем, чем стала в классические време­на, — некоей скрытой частью системы верований, воздвигнутой в интересах пра­вящих классов. Иными словами, это была часть идеологической надстройки. По сути дела, наука ничего не дала промышленности. На заре же XIX века она должна была, не теряя своего академического характера, стать одним из глав­ных элементов производительных сил человечества. Это, как мы увидим далее, должно было стать постоянной и неизменно растущей в своем значении харак­терной ее чертой, которой суждено было пережить социальные формы капи­тализма, содействовавшего ее зарождению.

В области идей век революций дал очень мало такого, что можно было бы сравнить с научными открытиями или техническими изобретениями этого пе­риода. Для того чтобы переварить в голове события и преобразования, быстро следовавшие одни за другими на протяжении периода с 1760 по 1830 год, тре­бовалось время. В области мышления эпоха эта находится на грани двух пе­риодов Идеи, вдохновившие революцию, были идеями французских философов — Вольтера и Руссо. Они были наследием Ньютона и Локка, основанным на эмо­циональной вере в человека и в возможность его совершенствования посред­ством свободных учреждений и просвещения, стоит только порвать те узы, которыми связали его церковь и корона. Отзвук этих идей в Германии можно было найти в глубокомысленных размышлениях Канта (1724-1804), пытавшегося объединить в единую систему достижения науки и внутренний свет разума.

Идеи, которые должны были зародиться в XIX веке, были основаны на тяжком опыте промышленной революции и отказе людей, которым принадлежа­ла культура и собственность, слишком буквально применять лозунги свободы, равенства и братства. Попытка применить социальную философию Просвеще­ния во французской революции обнаружила ее серьезные недостатки. В частности, она показала, как мало новые идеи касались жизни крестьян и бедных рабочих, составлявших основную массу населения. Именно они — *народ* — придали революции ее силу, однако, когда ее непосредственная цель — ликвидация ограничений, налагавшихся феодализмом на частное предприни­мательство, — была достигнута, тот же самый народ стал *чернью,*угрозой, постоянно висевшей над обладателями собственности, столпами общества. Наука, просвещение, либеральная теология, некогда бывшие в моде, стали те­перь считаться опасными мыслями. Непосредственный переход этот можно на­глядно увидеть, сравнив оптимизм Годвина (1756-1836) с суровой и безнадеж­ной картиной человеческого существования, нарисованной Мальтусом (1766-1834) (стр. 553).

Значительный прогресс идей явился прямым следствием великих преобра­зований этого времени. Это было признание наличия исторического и непрелож­ного элемента в человеческих делах. В соответствии с официальной — ньютонов­ской — либеральной точкой зрения считалось, что *естественные законы,* которые были перенесены с солнечной системы на жизнь человека и на человеческое общество, установлены на вечные времена. Нужно было лишь открыть, что представляли собой эти законы, и раз навсегда привести промышленность, сельское хозяйство и общество в соответствие с ними. (…)

Если в XVIII веке любознательные и дальновидные люди стали осознавать приближение машинной промышленности, то в середине XIX века последствия ее введения не могли пройти незамеченными для большинства даже ненаблю­дательных людей во всех уголках земного шара. Посредством простого увели­чения размаха и расширения сферы применения более ранних изобретений было осуществлено полное преобразование жизни десятков миллионов людей, жив­ших в новых промышленных странах. Быстро вырастали новые крупные горо­да, заселенные столь же быстро растущим населением. Наряду с ростом про­мышленности развивались и совершенно новые средства транспорта: железные дороги, связавшие между собой промышленные центры, и пароходы, собирав­шие и доставлявшие им сырье и развозившие во все концы земли их продукцию. Поистине, там, где XVIII век нашел ключ к *производству,*XIX веку суждено было дать ключ к *средствам связи.*Никогда еще ни одно подобное изменение в жизни людей не происходило с такой основательностью и быстротой. Повсю­ду, куда распространился индустриализм, уничтожались старые феодальные общественные отношения. Основная масса населения превратилась в наемных рабочих. Вся экономическая и политическая инициатива принадлежала ново­му классу капиталистических *предпринимателей.*Даже в области государ­ственного устройства остатки феодальной реакции были легко сметены успехом революции 1830 года во Франции и реформой избирательной системы 1832 года в Англии, и государство, по выражению Маркса, стало представлять собой «... только комитет, управляющий общими делами всего класса буржуазии». Не было больше такой необходимости в охране привилегии с помощью законо­дательства; с того момента, как собственность была ограждена, сама экономи­ческая система должна была позаботиться о том, чтобы каждый получил ров­но столько, сколько он стоил.

Никогда еще богатство не собиралось с такой легкостью; нищета никогда еще не была столь широко распространенной и неогражденной никакими со­циальными законами. Новые успехи техники несли с собой дым, копоть, неряш­ливость и уродство, какие не могла бы породить ни одна из прежних циви­лизаций. Именно в этой обстановке наука приближалась к своему нынешнему уровню активности и значимости. Действительно, как мы видели, она уже до начала XIX века была необходимым помощником в организации работы новых отраслей промышленности, и по мере того как этот век близился к концу, круг ее услуг промышленности непрестанно возрастал. Она значительно выросла и в процессе этого роста неизбежно начала испытывать прямое влияние господствующих социальных сил капитализма.

***Появление инженеров***

И железные дороги, и пароходы явились непосредственным продуктом дея­тельности новой профессии — инженеров-механиков и оказались возможными благодаря наличию дешевого железа, которое выплавлялось теперь с помощью каменного угля в масштабах, во много раз превышавших прежние. Возникно­вение нового типа инженера представляло собой новое социальное явление.

(…) Практическое применение науки в середине XIX века развивалось настолько быстрее, чем сама наука, что организация этого применения и его дальнейшее расширение стали делом практиков. Эти последние в большинстве своем (только самые выдающиеся из них, подобно Ричарду Тревитику (1771-1833), Джорджу Стефенсону и И. К. Брюнелю (1806-1859), представляли собой исключение) приступили к решению этой задачи так же, как это делали их предшественники, — путем проб и ошибок, и дополнили революционные новшества, непосредственно исходившие от науки, своими эво­люционными техническими усовершенствованиями. Таким образом, поршневая паровая машина, несмотря на почти 200-летний путь усовершенствований, является в принципе той же машиной, которая в 1785 году вышла из мастерских Болтона и Уатта.

***Железные дороги и пароход***

Первоначально железные дороги были продуктом каменноугольной про­мышленности. Попытка поставить машину на колеса, чтобы превратить ее в *па­ровоз,*представлявшая собой новшество величайшего значения, была предпри­нята также и на шахтах (стр. 325). В 30-х и 40-х годах XIX века в Англии на­ступила эпоха железных дорог, которые покрыли страну своей сетью; на про­тяжении всего столетия это новшество распространялось на остальную часть мира, что привело к огромному расширению старого, гражданского машино­строения, продолжившего традиции таких строителей каналов, дорог и мостов XVIII века, как Макадам и Рении. (…)

***Телеграф***

Усовершенствования в области транспорта, как результат изобретения железных дорог и парохода, явились стимулом для поисков возможностей быстрой связи. Потребность в быстрой передаче известий, как об этом свидетель­ствует множество сигнальных вышек, была стара как мир; однако, если не считать магии или телепатии, было очень мало средств для ее осуществления, и исключение представляли лишь сигналы тревоги. Даже потребности войны не породили чего-нибудь более искусного, чем релейный семафорный телеграф. И тем не менее такие средства имелись под рукой уже в течение некоторого времени. Уже в 1737 году электричество применялось для передачи сообщений на расстояние в несколько миль, однако использование статического элек­тричества было и затруднительным и ненадежным. Именно совпадение появле­ния железных дорог с открытием Эрстедом влияния электрических токов на компас дало искомый дешевый и верный метод как раз тогда, когда потреб­ность в нем достигла максимума, и обеспечило успешное изобретение электро­магнитного телеграфа.
К 50-м годам XIX века наука уже приносила дивиденды. Развивалась но­вая химическая промышленность, основанная главным образом на потребности растущей текстильной промышленности в соде и серной кислоте, а открытие анилиновых красок обеспечило будущее органической химии. Были сделаны первые шаги в направлении использования науки, в частности химии, для усо­вершенствования сельского хозяйства путем применения искусственных удоб­рений

Биология также начинала находить себе новое применение за пределами традиционной области сельского хозяйства. Химик Пастер (1822-1895) изыскивал способы усовершенствования производства пива и вина и пред­принял свое первое успешное наступление на болезни не человека, а, что было весьма характерным, на заболевание ценного в экономическом отношении шелковичного червя

Здесь впервые появилась возможность осуществления научного, в отличие от традиционного, контроля над жизненными процессами. Даже медицина на­чинала идти в ногу со временем и вынуждена была, довольно неохотно, принять от новой химической промышленности такие ее дары, как анестезирующие сред­ства. Фактически из-за экономики нищеты, перенаселенности и политики Iaisser-faire вообще здоровье населения промышленных стран было сейчас, по-видимому, хуже, чем в любой другой период их истории. Катастрофические эпидемии восточной холеры, занесенной сюда в связи с новыми возможностями транспорта, не прекращались до тех пор, пока сама интенсивность этих эпи­демий и та угроза, которую они несли с собой средней буржуазии, не привели к осознанию необходимости оздоровительных мер и не ограничили до извест­ной степени произвола хозяев трущоб (стр. 365).

***Организация науки***

Возможности как для практики, так и для преподавания науки ни в коей степени не соответствовали той функции, которую она уже выполняла в эко­номической жизни. Это было особенно справедливо в отношении Англии, где наука находила себе наиболее широкое поле применения. К 1830 году груп­па молодых английских ученых под руководством Чарлза Бэббеджа (1792-1871) подняла голос протеста прежде всего против неспособности как прави­тельства, так и его представителя в науке — Королевского общества откликать­ся на новые запросы. (…)

***Наука в университетах***

Именно в этот период середины XIX века была сломлена оппозиция науке со стороны английских и французских университетов, существовавшая на протяжении свыше 200 лет. В Англии это произошло частично путем создания новых колледжей, позднее превратившихся — в Лондоне и в промышленных городах — в университеты, частично же путем создания новых факультетов в уже существовавших университетах. Если в начале XIX века многие, «если не большинство, крупные ученые в Англии вырастали из среды любителей науки или же начинали свою деятельность в качестве учеников или подма­стерьев, как это было с Дэви и Фарадеем, к середине этого века тип универси­тетского профессора, уже хорошо известный на континенте, становится харак­терным типом ученого и в Англии. Знаменитая выставка 1851 года явилась символом единства науки, изобретательства и мануфактуры, причем известная доля полученных от нее доходов пошла на основание нового научно-педагогиче­ского центра — Королевского научного колледжа в Саут-Кенсингтоне. Во Фран­ции решающий шаг в этом направлении был сделан значительно раньше, когда были учреждены Политехническая и Высшая нормальная школы (стр. 288).

Руководящую роль во внедрении науки в повседневную жизнь универси­тетов взяла на себя в первую очередь Германия. Действительно, университеты Германии начали реорганизовываться еще в эпоху просвещения, в XVIII веке. Во главе этого движения встал Геттингенский университет, основанный в 1736 году Георгом II в своих ганноверских владениях. Начиная с 30-х годов XIX ве­ка университеты различных германских государств соперничали друг с другом в создании научных кафедр, а также, хотя и медленнее, — и учебных лаборато­рий, прототипом для которых служила лаборатория Либиха в Гессене. Герма­ния поздно присоединилась к научному движению; ее правящий класс отли­чался большей дисциплиной и меньшей самостоятельностью, чем это имело ме­сто во Франции и Англии. Однако он был в состоянии компенсировать в форме организации то, чего ему не хватало в смысле индивидуальной инициативы. К середине XIX века и во все возраставшей степени позднее Германия начала готовить опытных ученых, а также учебники и аппаратуру для удовлетворения потребностей, далеко выходивших за пределы ее границ.

Результатом всех этих изменений явился огромный рост масштабов и пре­стижа научной работы. Работа эта постепенно приобретала все более официаль­ную организацию, и занятие ею превратилось в профессию, подобную более старым профессиям юриста и медика. В ходе такого процесса, однако, эта про­фессия в значительной степени потеряла свою прежнюю независимость, свой статус любительства. Не столько наука преобразовывала университеты, сколь­ко университеты преобразовывали науку. Ученый все меньше представлял собой борца против традиционного авторитета и мечтателя и все больше превра­щался в «мужа науки», передававшего великую традицию. В частности, ученые Германии, которые сначала присоединились к либеральному движению, стали после поражения 1848 года наиболее стойкими сторонниками официаль­ной государственной машины.

Прогресс науки в середине XIX столетия охватил столь широкий фронт, что на протяжении нескольких страниц можно осветить лишь главные ее дости­жения. Физика, химия и биология — все эти науки развивались и разветвлялись на отдельные отрасли. Проводилась огромная исследовательская работа вовсех областях естествознания и техники — такая, о которой мечтал, но которой не мог вести Бэкон. Работа эта осуществлялась людьми, уже овладевшими ис­кусством наблюдения, эксперимента и вычисления, завещанным человечеству XVII и XVIII столетиями. Все ранее развившиеся отрасли знания продолжали углублять свои исследования и находить новое применение в практике.

***Триумф химии***

Химию справедливо можно назвать наукой XIX столетия. Это положение объясняется в основном тем, что именно она была той наукой, которая сыграла столь важную вспомогательную роль в текстильной промышленности — про­мышленности, которой принадлежало ведущее место на протяжении всего столетия. Как будет сказано ниже (стр. 344 и далее), химия выросла на проч­ной основе революционного утверждения атомистической теории и быстро ока­залась способной заниматься всеми видами веществ. Здесь важно отметить, что с течением времени химия стала окрашивать, как в буквальном, так и в пе­реносном смысле, всю продукцию промышленности. Новые дешевые синтетиче­ские материалы — примеси, духи, краски, получаемые в большей своей части из каменноугольной смолы, — заменяли соответствующие естественные продукты, которые были слишком дорогими и редкими, чтобы удовлетворить спрос новых рынков. Именно в этот переходный период центр исследовательской работы в области химии переместился из места ее зарождения в XVIII веке — Англии через Францию, где она была кодифицирована и расширена, в Германию, явив­шуюся первой страной, осуществившей на практике все многообразие воз-

можности применения химии. Роковые последствия этого перехода должны были проявиться в следующем столетии.

***Сохранение энергии***

На фоне этого действенного прогресса науки, старой и новой, два крупных теоретических обобщения выступают как главный вклад XIX века в науку. Одним из них, в области физики, была теория *сохранения энергии;*другим, вобласти биологии, — теория *эволюции.*Первая, как мы увидим (стр. 328), является плодом осознания целой плеядой ученых, от Карно до Гельмгольца, всей важности взаимопревращаемости различных форм энергии как кос­мического закона. В действительности идея эта возникла как результат изуче­ния превращения энергии угля в силу, что нашло свое практическое воплоще­ние в паровой машине еще на заре промышленной революции. Постепенно эта мысль принимала все более отчетливо выраженную математическую форму и вы­росла в науку —*термодинамику,*первый закон которой — закон сохранения энер­гии —связан со вторым ее законом, определяющим ограниченность запасов энер­гии в природе. Характерно для того времени, что второй закон был открыт Сади Карно еще в 1824 году, ибо именно этот, а не первый закон определяет ко­личество работы, которая может быть получена машиной данного типа из каж­дой тонны угля. Этот *коэффициент полезного действия*машин редко превышал в то время пять процентов.

Уже к концу 60-х годов первая, простая и оптимистическая фаза развития раннего капитализма начинала приходить к концу. Глубокий кризис, начавший­ся в 70-х годах XIX века, ознаменовал переход от эпохи фритредерского капи­тализма, с Англией в качестве промышленной мастерской мира, к новому, имев­шему более широкий базис финансовому капиталу, когда Франция, Германия и Соединенные Штаты выдвинулись на передний план благодаря протектированным рынкам. Мощные производительные силы, высвобожденные промышленной революцией, начали к этому времени ставить перед владельцами предприятий проблему неизменно возраставших излишков продукции. В условиях капита­лизма излишки эти не могли быть возвращены тому, кто их произвел, то есть рабочим. Когда такие излишки накапливались внутри страны, это вело к еще большему перепроизводству и к лихорадочным поискам во всем мире новых рынков сбыта, которые скоро оказывались заполненными. Результатом такого положения явились колониальная экспансия, мелкие войны и подготовка к вой­нам больших масштабов, которые должны были произойти в следующем веке.

Мы также впервые видим массовое применение науки в целях войны:появляются подводные лодки, торпеды, бризантные взрывчатые вещества и крупнокалиберные орудия, знаменующие начало механизации военного дела. Важнейшими характерными событиями XIX века в промышленности явились создание дешевой стали и начало использования электрической энергии. Этот период ознаменовался также применением двигателя внутреннего сгорания, который должен был революционизировать транспорт следующего столетия. Не менее важными по своему конечному значению были первые успехи научной медицины в снижении нормы заболеваний инфекционными болезнями и в созда­нии средств, позволяющих человеку осваивать тропические районы.

Более широкое использование науки и ученых вызвало потребность в рас­ширении подготовки научных кадров и в дальнейшей организации науки. Един­ственным организационным новшеством явилось возникновение промышленной исследовательской лаборатории, которая почти незаметно выросла из мастер­ской или частной испытательской лаборатории изобретателя, превратившегося в дельца, подобно Сименсу или Эдисону. Однако одновременно росли также и университетские лаборатории благодаря именно тому факту, что новые воз­можности применения науки означали новые возможности заработка и привле­кали к себе все больше и больше студентов. Таким образом, несмотря на все уверения в бескорыстии, академическая наука этого периода в конечном счете зависела от успехов науки в промышленности. Тем не менее науке была в боль­шинстве случаев предоставлена возможность пользоваться значительной сво­бодой при условии уважения ею традиционных границ в области политики и религии.

Конец XIX века, как и его начало, ознаменовался реакцией в области фи­лософии, стремившейся строго ограничить поле деятельности и значение науки. Однако в то время как реакция ранних лет была направлена на противодействие влиянию французской революции, позднейшая реакция была продиктована тревожным осознанием неизбежности грядущей социалистической революция. Несмотря на огромные новые богатства, производившиеся промышленностью, деятельность которой принимала все более научный характер, создавалось впе­чатление, что напряжение в общественной жизни скорее усиливалось, чем уменьшалось; в рядах культурной интеллигенции, несомненно, наблюдалось чувство опустошенности и обреченности, своего рода чувство fin de siecle, только слишком хорошо обоснованное. Марксистский социализм, особенно в Европе, казалось, предлагал промышленным рабочим многообещающую альтернати­ву. Поэтому именно здесь развитие философии было наиболее непосредственно затронуто всеми этими проблемами, однако и Англия и Америка при всем их традиционном безразличии к философии не оставались в стороне от их влия­ния.

Наблюдался поворот назад от туманного и оптимистичного материализма середины века к неопозитивизму Маха (1838-1916) и Оствальда (1853-1932), которые под предлогом очистки науки от ненужных умственных построений устранили материю и заменили ее комплексами ощущений или удобных фикций. Это и другие подобные философские течения, такие, как «elan vital» Бергсона (1859-1941) и прагматизм Уильяма Джемса (1842-1910), были направлены на то, чтобы удалить из науки революционное жало, высмеять всякую мысль о том, что наука могла бы быть использована для достижения каких-либо серьезных улучшений в судьбе человека, и сделать ее приемлемой для официаль­ной религии и государства (стр. 569 и далее).

Эти философские течения, несомненно, были только симптомами поглоще­ния науки машиной капитализма, как следствие растущей ее технической необ­ходимости. Поворот ученых в сторону чистой науки и отход их от социальной ответственности был облегчен усилением притока пожертвований, позволявших большую специализацию, а также тонко продуманным распределением почестей и покровительства. Самый рост числа ученых также усиливал эту тенденцию приспособиться к обстановке и уклониться от ответственности. К концу века независимые ученые составляли незначительное меньшинство. Большинство-получало свое жалование от университетов или правительства и более чем ког­да-либо усвоило образ мыслей правящего класса.

Трудно сказать, насколько эти приспособленческие тенденции задержали развитие науки, так как в современной истории огромный рост масштабов самой науки перевесил их влияние. Однако тот факт, что такое тормозящее влияние действительно имело место, по-видимому, подтверждается всеми подробны-

ми исследованиями прогресса определенных научных отраслей. Дело заклю­чалось не столько в том,-что некоторые явления были оставлены без внимания, и не в том, что когда они наблюдались, то из них не делалось выводов, казавших­ся очевидными, хотя это, безусловно, случалось не раз и не два; скорее дело было в том, что в социальной системе конца XIX века не было подлинного чувства направлении или идеи о взаимозависимости различных областей дея­тельности. Если бы такое направление имелось, то многие из тех великих от­крытий, которые должны были быть сделаны в конце XIX века, могли бы про­изойти па два, если не больше десятка лет раньше. Усилий, растраченных на бесплодное рафинирование старых теорий, было более чем достаточно для соз­дания новых теорий. Можно сказать, что подобная идея была чуждой науке того времени, — некоторые говорят, что так это обстоит и сейчас, — однако не мо­жет быть сомнения в том, что всесторонний и организованный научный порыв великих периодов, таких, как середина XVII и конец XVIII веков и даже сере­дина XIX века, по-видимому, исчез. И только в беспокойный период XX века он снова должен был проявиться со всей силой.