

соединений, известных современной химии, имеет порядок 10^6 , но здесь нет никаких ограничений. Существенно, однако, что атомы или молекулы данного вещества неотличимы друг от друга.

Конечно, и в неживой природе имеется индивидуализация на макроскопическом уровне. Реальные кристаллы данного минерала различаются, так как они выросли в различных условиях. Нет двух совершенно одинаковых камней, обкатанных морским прибоем.

Однако это многообразие не имеет принципиального значения для развития неживой природы, в которой при наличии изменчивости отсутствует наследственность.

Каковы могут быть химические, молекулярные основы безграничного разнообразия живых систем? Они определяются макромолекулярным строением генов и организмов. Полимерные цепи, макромолекулы не подчиняются основному закону химии — закону постоянства состава. Представим себе сополимер, построенный из двух сортов мономерных единиц. Если число звеньев макромолекулярной цепи равно 100 (это совсем не длинная цепь), то число различных цепей, содержащих два типа звеньев, равно $2^{100} \approx 10^{30}$. Таким образом, в данном макроскопическом образце сополимера может не быть двух одинаковых макромолекул.

Действительно, в конечном счете биологическая изменчивость определяется разнообразием генов, т. е. достаточно протяженных участков макромолекул ДНК, представляющих собой сополимеры, построенные из звеньев четырех типов.

Как и физика в целом, биофизика — количественная наука, широко применяющая математический аппарат. Биология как таковая, и прежде всего популяционная генетика, также математизируется. Однако имеются большие трудности при математическом описании индивидуальных особенностей организмов. Такое описание может быть лишь численным, но не аналитическим.

§ 1.5. Финализм и каузальность

Биологическая эволюция определяется преимущественным выживанием популяций, более приспособленных к условиям среды. Соответственно строение организма характеризуется такой приспособленностью и адаптацией к определенной экологической нише. Поэтому в биологии естественным образом возникает финалистическая трактовка изучаемых явлений. Развитие зиготы во взрослый организм можно описывать, пользуясь понятием цели: целью развития является создание приспособленного организма. Уже на ранних стадиях эмбриогенеза определенные группы клеток предназначены для развития в определенный орган, и этим задается их функциональность на всех уровнях, вплоть до молекулярного.

Организм подобен машине, построенной по плану для достижения определенных целей. Более того, это машина высшего

уровня сложности, способная целесообразно реагировать на заранее не запланированные события. Пример — производство организмом высшего животного антител в ответ на практически любые антигены, в том числе и искусственные; с которыми никогда не приходится встречаться в природе. Финалистическое описание непосредственно следует из историчности живых организмов. Оно не свойственно обычной физике и химии. Очевидна бессодержательность такого, например, утверждения: «Ионы натрия и хлора взаимодействуют друг с другом для того, чтобы построить кубический кристалл». Напротив, утверждение «...так как ионы Na^+ и Cl^- имеют единичные заряды и такие-то радиусы, ионный кристалл NaCl должен быть кубическим» имеет ясный смысл. Биологи часто задают вопрос «для чего?», физики спрашивают «почему?». Очевидно, что истинный научный смысл имеет именно второй вопрос. Физика и естествознание в целом каузальны — наука ищет причины (causa) явлений.

В действительности нет противоречия между финализмом и каузальностью, и указанное различие между физикой и биологией является внешним. Финализм возникает в физике всякий раз, когда мы встречаемся с проблемами устойчивости, с вариационными принципами. Мы имеем в виду устойчивость в строгом математическом смысле, по Ляпунову (см. гл. 15). Устойчивое состояние динамической системы сохраняется при малых возмущениях — система, будучи отклонена от этого состояния, в него возвращается. Финалистическая формулировка: система стремится сохранить свое состояние. Напротив, неустойчивое состояние необратимо изменяется при малом возмущении — система стремится перейти в другое состояние. Пример — состояние равновесия физического маятника, устойчивое и неустойчивое.

Вариационный принцип всегда финалистичен. Так, согласно принципу наименьшего действия Гамильтона, вариация действия равна нулю, действие минимально. «Цель механической системы состоит в ее наименьшем действии». Но, как показывает классическая механика, принцип Гамильтона эквивалентен уравнениям движения Лагранжа, в свою очередь следующих из второго закона Ньютона. Этот закон каузален, он описывает ускоренное движение как результат действия сил. Другие примеры финалистически формулируемых законов физики: принцип Ферма в оптике, принцип Ле Шателье в термодинамике, правило Ленца в электродинамике. Вариационный финализм сводится к каузальности. Число таких примеров неограниченно.

§ 1.6. Свойства открытых систем

Как уже сказано, живые системы принципиально открыты и тем самым неравновесны. Одним из первых это понял советский биолог Бауэр, писавший, что «...неравновесное состояние живой материи и, следовательно, ее постоянно сохраняющаяся работоспособность обуславливаются... молекулярной структурой живой