

мерно $2 \cdot 10^{10}$ лет назад этот сгусток начал расширяться взрывным образом, причем из фотонов и нейтрино возникали электроны и нуклоны, затем, по мере охлаждения Вселенной, легкие, а далее тяжелые атомы. По-видимому, расширение Вселенной непрерывно. Силы всемирного тяготения определили возникновение звезд и галактик. При высоком гравитационном сжатии температура звезды повышается вплоть до возникновения термоядерных процессов. Эти процессы ответственные за эволюцию звезд, за такие катастрофические события, как вспышки сверхновых. Солнце — звезда, находящаяся на определенной стадии эволюции, образование планет является одним из следствий развития Солнца. По современным данным Земля существует около $4,5 \cdot 10^9$, жизнь на Земле около $3,5 \cdot 10^9$ лет.

В эволюции звезд и планетных систем так же, как и в биологической эволюции, происходит «борьба за существование» — возникшие центры тяготения конкурируют друг с другом за конденсируемый материал. И в космологии, и в биологии мы имеем дело с созданием новой информации при возникновении новых звезд или новых видов или особей. Новая информация создается в результате запоминания случайного выбора. Эти процессы протекают в результате неустойчивостей предшествующих состояний. Они имеют характер фазовых переходов (§ 15.5 и 17.6).

Таким образом, теоретические подходы, основанные на теории информации и рассмотрении устойчивости динамических систем, в принципе являются общими для физики живой и неживой природы.

§ 1.4. Биологическая индивидуальность

Принципиальная особенность живой природы состоит в ее неограниченном многообразии. В настоящее время известно около $3 \cdot 10^6$ видов различных живых существ. Число различных особей многоклеточных растений или беспозвоночных животных вообще не поддается оценке — оно чрезвычайно велико. Мы пока не различаем индивидуальности представителей данного штамма одноклеточных, но, надо думать, такие особенности существуют. Нет двух одинаковых организмов на Земле. Это объясняется генетической изменчивостью, реализуемой в очень широких пределах, и различиями во взаимодействиях со средой. Дарвиновская эволюция неразрывно связана с изменчивостью, с неограниченной индивидуализацией организмов. Научная биология не могла бы существовать без своих описательных разделов — зоологии и ботаники.

В неживой природе ситуация иная. Число различных атомов, считая изотопы, составляет около 5000. Сегодня известно около 10^2 элементарных частиц. Число различных атомов и простых молекул, наблюдаемых в космосе, также имеет порядок сотен, и при исследовании эволюции звезд не приходится оперировать большим числом элементарных сущностей. Число различных

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