

исследование фундам. процессов, лежащих в основе живой природы. Как самостоят. отрасль науки Б. оформилась в 1961 (1-й междунар. биофиз. конгресс). Для изучения отд. биол. явлений физ. идеи и методы использовались значительно раньше. Многие физики начиная с эпохи Возрождения ставили и решали биол. проблемы, нек-рые физ. задачи были решены в результате попыток исследовать биол. явления.

Применение физ. идей и методов к биол. объектам требует учёта их специфики, что и определяет Б. как самостоят. отрасль науки. Специфика биол. объектов заключается в том, что в их построении участвует информация, возникшая в результате эволюции и содержащаяся в наборе генов (геноме). Эта информация проявляется в структуре биол. объектов, к-рая упорядочена, аperiodична, термодинамически неравновесна и приспособлена для выполнения определ. функций. По структуре биол. объекты аналогичны искусств. конструкциям (к-рые также строятся целесообразно на основании информации, накопленной человечеством). Это свойство биол. структур имеет место на всех уровнях: макромолекулярном (белки, ферменты; см. *Полимеры биологические*), клеточном (органеллы и мембраны; см. *Клеточные структуры*) и организменном. Существуют два пути учёта биол. информации, заключённой в объекте: прямой и косвенный.

Первый путь предполагает построение структуры живого объекта (на всех его уровнях от макромолекулярного до организменного) на основе информации, заложенной в его геноме. В природе этот путь реализуется в онтогенезе, т. е. процессе развития организма из оплодотворённой яйцеклетки. При его теоретич. исследовании в Б. используют методы теории самоорганизации (см. *Синергетика*) и матем. моделирования (см. ниже).

Др. путь — эксперим. исследование структуры биол. объекта, при этом используют все известные физ. методы. Богатую информацию на макромолекулярном уровне даёт *рентгеновский структурный анализ*, на уровне мембран и клеточных оргanelл — *электронная микроскопия*, на более высоких уровнях — *микроскопия и анатомия*. Получаемая информация эквивалентна биол. информации, заложенной в объекте, иными словами, если известна сама конструкция, то нет необходимости знать информацию, на основе к-рой она была построена. Дальнейшее исследование поведения объекта проводится в Б. на основании законов физики и химии с учётом конструкции объекта. В Б. развиваются оба пути, но при решении конкретных задач второй преобладает.

Согласно принятой классификации, Б. разделяется на молекулярную Б., клеточную Б. и Б. сложных систем. Иногда выделяют в качестве самостоят. разделов биомеханику, биоэнергетику, матем. биофизику.

**Молекулярная биофизика.** В её задачу входит исследование физ. и физ.-хим. свойств и взаимодействий макромолекул и молекулярных комплексов, составляющих живые организмы. Сюда же относятся задачи определения структуры биол. систем на молекулярном уровне, тесно связанные с биохимией, а также процессы превращения и миграции энергии. Наиб. важны для Б. исследования молекул белков и нуклеиновых к-т.

**Белковые макромолекулы** представляют собой линейные полимеры, состоящие из цепочки аминокислот. Полимер свёрнут в структуру (глобулярную либо фибриллярную). Биол. катализаторы (наз. ферментами или энзимами) имеют глобулярную форму. Последовательность аминокислот в каждом белке (первичная структура) задаётся генетически; укладка этой цепочки в глобулу (наз. третичной структурой) определяется первичной структурой и одинакова во всех молекулах данного белка. Третичную структуру стабилизируют водородные связи, ван-дер-ваальсовы силы, гидрофобные взаимодействия, а также солевые и дисульфидные мостики. Выделяют след.

элементы белковой конструкции (наз. вторичными структурами):  $\alpha$ -спиральные участки,  $\beta$ -структуры и «шарнирные» группы. Физ. свойства элементов существенно различны. Так,  $\alpha$ -спирали представляют собой жёсткие стержни, в  $\beta$ -структурах первичная последовательность уложена в виде складок. «Шарнирные» участки содержат малые аминокислоты и допускают повороты жёстких участков. Кроме того, в белках имеются неспирализованные участки, характеризующиеся меньшей жёсткостью. Нек-рые белки-ферменты состоят из неск. макромолекул, составляющих т. н. четвертичную структуру.

Непосредств. участие в биохим. реакциях принимает небольшое число хим. групп фермента, расположенных в т. н. активном центре. Процесс состоит из след. этапов: 1) сорбция исходных хим. соединений на активном центре; 2) реакция внутри образованного комплекса; 3) десорбция конечных соединений (продуктов) с тела фермента. Процесс регулируется веществами, наз. *модуляторами* или *эффекторами*. Среди них имеются *ингибиторы* (тормозящие реакцию) и *активаторы* (ускоряющие её). Активаторы, принимающие непосредств. участие в процессах в активном центре, наз. *кофакторами* (или *коферментами*); возможна также активация путём воздействия на удалённые от активного центра участки фермента. Ингибиторы делятся на конкурентные (или *зостерические*), к-рые связываются с активным центром, и неконкурентные (*аллостерические*), воздействующие на тело фермента. Аллостерич. активация и торможение связаны с изменением конструкции фермента при взаимодействии его с эффекторами.

**Конформационные переходы.** Конформацией белка-фермента наз. состояние, в к-ром определена вся конструкция макромолекулы. Молекулы белка могут находиться в неск. конформациях, в к-рых топология укладки первичной последовательности и размеры  $\alpha$ -спиралей и  $\beta$ -структур одинаковы, но связи между ними различны (а следовательно, различны и конструкции). Переходы между конформациями, т. н. *конформац. переходы* (КП), происходят при изменениях внеш. условий (темпер., влажности и т. п.), зарядового состояния, взаимодействия с субстратом, медиатором и т. п. Изменения характеристик (ср. размеров, плотности и т. п.) при КП невелики, но каталитич. способности меняются очень сильно.

Теория КП основана на определении свободных энергий разных конформаций и аналогична теории фазовых переходов в физике конденсир. сред. Отличия от этой теории таковы: 1) размеры макромолекулы ограничены, поэтому переход через критич. точку происходит в области параметров, в к-рой присутствуют молекулы обеих конформаций; 2) при подсчёте свободной энергии необходимо учитывать вклад упругой энергии; 3) энтропийный и энтропийный вклады в свободную энергию могут быть локализованы в разных частях макромолекулы; 4) относит. изменения энтропии и энтропии (отнесенные к массе макромолекулы) при КП могут быть невелики; КП может происходить в небольшой части конструкции, что тем не менее ведёт к существ. изменению её характера.

В процессе ферментативного катализа происходит ряд КП. В Б. развиты спец. методы, позволяющие определить число стадий ферментативной реакции и кинетич. коэф. перехода между ними. Скорость всей ферментативной реакции определяется кинетич. коэф. наиболее медленной стадии. Осн. проблемой ферментативной кинетики является природа механизмов, обеспечивающих высокую эффективность и специфичность ферментов. Эффективность означает, что скорости ферментативных реакций в  $10^7$ — $10^{10}$  раз выше скоростей аналогичных реакций без фермента (т. н. конгруэнтных реакций, проходящих через те же промежуточные состояния, что и ферментативные). Специфичность