

В пределе  $\hbar \omega_1 \gg mc^2$  рассеяние происходит в основном назад в системе центра инерции. В лаб. системе дифференц. сечение имеет вид

$$d\sigma = r_0^2 d\Omega_2 \text{ при } \theta^2 \leq mc^2/\hbar\omega_1,$$

$$d\sigma = \frac{1}{2} r_0^2 \frac{mc^2}{\hbar\omega_1(1-\cos\theta)} d\Omega_2 \text{ при } \theta^2 \geq mc^2/\hbar\omega_1;$$

полное сечение равно

$$\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \approx 0,66 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2 \text{ при } \hbar\omega_1 < mc^2.$$

М. В. Герентьев.

**КЛЕТОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ** (биологические структуры) — надмолекулярные агрегаты, входящие в состав живых клеток, образованные биополимерами (белками, жирами, нуклеиновыми кислотами и др.) без участия ковалентных связей между этими молекулами. Все биохим. реакции, происходящие в клетках и обеспечивающие их метаболизм, подвижность и деление, осуществляются с помощью организованных определен. образом К. с. Объединяясь, К. с. образуют специализиров. клеточные органеллы: ядра (в к-рых сосредоточена генетич. информация организма), митохондрии (где производится универсальное топливо живой клетки — аденозинтрифосфатная кислота, АТФ), хлоропласты (в к-рых происходит преобразование световой энергии в химическую — процесс фотосинтеза), системы подвижности клеток и др. (см. также *Биофизика*).

В условиях, близких к физиологическим, К. с. являются термодинамически устойчивыми образованиями, т. е. не требуют затрат энергии для поддержания своего существования и могут собираться самопроизвольно из отд. блоков (т. е. самосборка К. с.). Структурная целостность К. с. обеспечивается относительно слабыми водородными связями, возникающими между отд. компонентами структуры, ионными, гидрофобными взаимодействиями, а также ван-дер-ваальсовыми силами. Основа функциональной активности К. с. — перестройки их надмолекулярной организации, происходящие при изменении ионной силы, темп-ры среды, а также при подводе энергии извне.

В зависимости от типа образующих К. с. молекул форма и размеры надмолекулярных агрегатов могут быть либо строго определенными (как, напр., белковые оболочки вирусов; рибосомы — комплексы, содержащие много молекул белка и неск. молекул рибонуклеиновой кислоты, на к-рых производится сборка новых белков; бактериальный мотор и др.), либо неопределенными в одном, двух или трёх направлениях (жгутики и реснички, мышечные волокна, мембраны, в т. ч. фотосинтезирующие, и мембранные комплексы и т. д.). К. с. последнего типа в структурном отношении напоминают т. н. лиотропные жидкие кристаллы (см. *Расстворы*).

### 1. Мембраны.

Мембраны, представляющие собой плоские или изогнутые слои (толщиной ок. 8 нм), образованные молекулами белков, жиров (липидов) и углеводов, — это К. с., повсеместно встречающиеся в живых клетках и регулирующие обмен разл. веществами между клеткой и внеш. средой (клеточная, или плазматич. мембрана) либо между разл. частями клетки (внутр. мембраны).

**Общая структура.** Основу мембран образует двойной слой липидов (доля к-рых составляет ок. 50% мембраны по массе), в этот слой встроены белковые молекулы, придающие специфич. свойства разл. участкам мембран и тем самым позволяющие последним принимать участие в разнообразных метаболич. процессах. Молекулы липидов упакованы в слой так, что гидрофобные («жирные») части этих молекул отделены от воды, в то время как гидрофильные части («полярные головки») погружены в неё (рис. 1). Двойной слой липидов обычно образует своеобразную двумерную жидкость с вязкостью, близ-

кой к вязкости жидкого масла, поэтому молекулы липидов и белков легко перемещаются в плоскости слоя (латеральная диффузия). При нек-рых условиях (напр., при понижении темп-ры) в мембранах могут происходить фазовые переходы, сопровождающиеся изменением ориентации полярных головок и (или) затвердева-

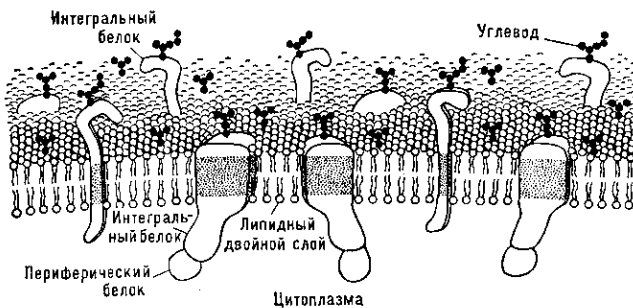


Рис. 1. Общая схема строения плазматической мембраны. Периферические белки почти всегда расположены на внутренней (цитоплазматической) поверхности мембраны, а углеводы — на внешней.

нием углеводородных хвостов липидов, что приводит к изменению функциональных свойств мембраны.

В зависимости от расположения на поверхности белковых субъединиц гидрофильных и гидрофобных участков, т. е. в зависимости от третичной структуры белка, к-рая определяется его первичной структурой (последовательностью аминокислот в цепи молекулы, заданной генетически), а также его вторичной структурой (пространств. расположением звеньев цепи, чаще всего спирально или листом; см. *Полимеры биологические*), взаимодействие белков с липидным слоем носит разл. характер. В случае т. н. интегральных белков белковая молекула (имеющая топологию шара или тора), по экватору к-рой проходит полоска жирных аминокислот, встраивается в мембрану, пронизывая (иногда насквозь) липидный слой. При этом участки белка, поверхность к-рых гидрофобна, оказываются внутри мембраны, а участки с гидрофильной поверхностью выступают в окружающую жидкость или цитоплазму клетки (рис. 1). Периферические белки не встроены в двойной слой, а связаны с теми или иными интегральными белками, взаимодействуя с ними либо путём образования плотного контакта между соотв. гидрофобными поверхностями этих молекул, либо через водную прослойку, если взаимодействуют гидрофильные поверхности.

**Фотосинтезирующие и фоторецепторные мембраны.** Энергия, поступающая в клетку в разл. формах, преобразуется в энергию фосфатных связей АТФ на спец. мембранах, энергия, выделяющаяся при окислении разл. органич. веществ, — на внутр. мембранах митохондрий и т. д.

Простейшей фотосинтезирующей системой является т. н. пурпурная мембрана солелюбивых бактерий, в к-рой мембранный белок (бактериородопсин) функционирует как протонная помпа. В пурпурной мембране цепочка белка бактериородопсина (молекула к-рого состоит из 248 аминокислотных остатков) свивается в спираль, к-рая затем сгибается в 6 точках так, что получающиеся 7 стержней-спиралей примерно равной длины выстраиваются параллельно, и эта стопка располагается в пурпурной мембране, причём оси спиралей оказываются перпендикулярными плоскости мембраны (рис. 2). Отд. молекулы (стопки спиралей) собираются затем по три, образуя два концентрич. цилиндра из 9 и 12 стержней. Эти двойные цилиндры в пурпурной мембране плотно упакованы в двумерной гексагональной решётке, образуя кристаллич. «бляшки». Промежутки между отд. молекулами бактериородопсина заполнены молекулами липидов (одна «бляшка» содержит  $\sim 10^4$  молекул белка и  $\sim 10^6$  молекул липидов). На поверхно-