

МГПУ им. И.П. Шамякина

В. П. БАСАРГИН¹, Б. Е. ХАМЗИНА²

¹МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

²КГУ им.Ш. Уалиханова (г. Кокшетау, Казахстан)

ПРИМЕРЫ ИСТОРИЗМА, ПРЕЕМСТВЕННОСТИ И ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН

Сформированность физических понятий и процессов, изучаемых в курсе общей физики на биологическом факультете (1 к.), становится крайне важной в курсе «Биофизика» (3 к.). Это прежде всего касается таких понятий, как электрическое поле, потенциал, разности потенциалов (напряжение U), электроемкость, проводимость, без которых невозможно изучение важнейших тем биофизики, например, «физика биологических мембран».

В условиях непрерывного образования здесь можно говорить о преемственности, так как она является условием повышения эффективности образования, обеспечивающим качественную подготовку выпускников учреждений образования на всех уровнях. Разнообразие всех подходов к определению преемственности позволило при изучении этого феномена использовать системный подход, в котором А.П. Сманцер выделяет подсистему учебно-познавательной преемственности [3], в рамках которой мы рассмотрим межпредметную связь общей физики и биофизики на примере различных модельных представлений.

В курсе физики при изучении раздела «Электростатика» по темам электрическое поле, емкость и другие необходимо провести небольшой исторический экскурс, который позволит проследить за процессом формирования основных понятий физики электрических полей, необходимых в курсе «Биофизика».

Первая попытка математизировать электрические явления принадлежит Ф.У. Теодору Эпинусу (1721–1802). Теория Эпинуса базируется на действии электрических сил на расстоянии. Он опирается на предположения Ньютона, который считал, что взаимодействуют электрические жидкости, и Франклина, разделяющего электрическую силу на положительную и отрицательную. В своем труде «Теория электричества и магнетизма», в частности, он полагает, что каждое тело в своем естественном состоянии обладает определенным количеством электричества, электрические явления проявляются тогда, когда количество жидкой электрической материи больше или меньше того, которое должно быть в естественном состоянии. Следующий шаг в теории и практике электростатического поля сделали Кэвиндиш, а затем Ш. Кулон. Первый из них полагал, что сила взаимодействия заряженных тел обратно пропорциональна некоторой степени расстояния между ними. Кулон путем проведения тонких экспериментальных исследований дал количественную оценку этого взаимодействия. Им было доказано, что электрические заряды распределяются по поверхности проводника. Механика Ньютона естественным образом распространялась на электростатику. Л. Эйлер и С. Пуассон разработали теорию потенциала, распространяя ее на электрические поля [2]. Формы силовых линий для различной геометрической конфигурации зарядов можно получить различными способами. Рассмотрим электрическое поле между равномерно заряженными параллельными заряженными плоскостями равной площади, считая его однородным. Две параллельные пластины, разделенные зазором, называются конденсатором (рисунок 1).

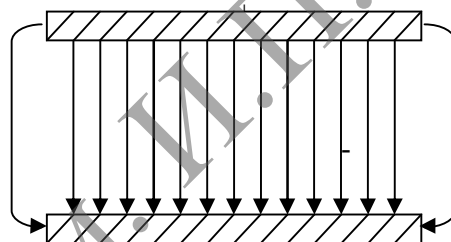


Рисунок 1 – Силовое поле в плоском конденсаторе

В биофизических исследованиях биологическая мембрана может быть смоделирована в виде плоского конденсатора, считая, что его пластины – две заряженные поверхности мембраны. Для такого поля применимы следующие формулы и соотношения: Напряженность поля $E = U/d$; заряд пластин $Q = CU$; емкость конденсатора $C = \epsilon\epsilon_0 S/d$; удельная емкость $C_{уд} = \epsilon\epsilon_0/d$, пользуясь которыми, можно определить любой параметр такого конденсатора.

Рассмотрим более подробно физические методы и способы определения параметров биологических мембран.

Биологическую мембрану можно рассматривать как электролитический конденсатор (рисунок 2), в котором пластинами являются электролиты (внеклеточные и цитоплазматические растворы), в которые опущены гидрофильные головы липидных молекул. Пластины разделены диэлектрическим слоем, образованным неполярной гидрофобной частью липидных молекул (двойной слой хвостов). Они образуют диэлектрический слой с диэлектрической проницаемостью $\epsilon \approx 2$. Из общей физики емкость такого плоского конденсатора определяется

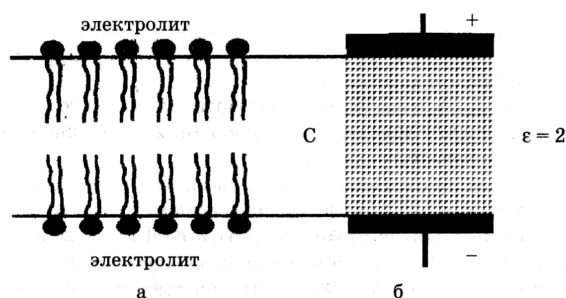


Рисунок 2 – Биомолекулярный слой липидов (а); мембрана как конденсатор (б), (C – электрическая емкость, ϵ – диэлектрическая проницаемость)

по формуле $C = \epsilon\epsilon_0 S/d$, где ϵ_0 – электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, S – площадь пластины, d – толщина диэлектрика (расстояние между пластинами). Удельная емкость (на единицу площади) $C_{уд} = \epsilon\epsilon_0/d$. Отсюда можно найти толщину липидной части мембраны d . Вычисления показали, что толщина неполярной части бимолекулярного слоя липидов сложенных определенным образом, $d = 3,5$ нм [1].

С помощью рентгеноструктурного анализа, а затем, используя электронно-микроскопические исследования, удалось получить изображение биологических мембран и уточнить ее толщину. Толщина мембраны лежит в диапазоне от 7,5 до 10 нм.

Режим функционирования мембраны сильно зависит от ее физических свойств – микровязкости липидного бислоя, подвижности фосфолипидных молекул в мембране, фазового состояния мембранных липидов. Для определения этих свойств в биофизике используются современные физические методы анализа – флуоресцентный, электронного парамагнитного резонанса, ядерного парамагнитного резонанса. С помощью этих методов было установлено, что мембрана в физиологическом состоянии имеет жидкокристаллическую структуру смектической фазы и при понижении температуры может переходить в гель – состояние [1].

Одна из важнейших функций биологической мембраны – генерация и передача биопотенциалов. Биопотенциалы, регистрируемые в организме, – это в основном мембранные потенциалы.

Мембранный потенциал – это разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностями мембраны. Они в ответе не только за транспорт веществ через мембрану, но и за формирование электрических импульсов (потенциалов действия) функционирования всех органов и систем организма. Формирование мембранных потенциалов с движением через мембрану различных ионов. В межклеточном пространстве имеется избыток ионов Na^+ и Cl^- , а внутри клетки наибольшую концентрацию имеют ионы K^+ . На поверхности мембраны образуется двойной слой зарядов, создающий мембранную разность потенциалов, задается уравнением Нернста $U = \varphi_i - \varphi_e = -61 \cdot \log(C_i/C_e)$, где C_i – концентрация ионов на внешней поверхности, C_e – на внутренней.

Таким образом, при изучении курса общей физики необходимо обратить особое внимание на формирование у студентов представления о понятиях вязкость, подвижность молекул, диффузия, фазы и фазовые переходы, электрическое поле, емкость, электрические потенциалы, что будет необходимо им для усвоения курса «Биофизика».

ЛИТЕРАТУРА

1. Мэрион, Дж. Б. Общая физика с биологическими примерами / Дж. Б. Мэрион. – М.: Высш. шк., 1986. – 350 с.
2. Саламатин, В.А. История и концепции современного естествознания: учебник для вузов / В.А. Саламатин. – М.: ПЕРСЭ, 2002. – 464 с.
3. Сманцер, А.П. Теория и практика реализации преемственности в обучении школьников и студентов: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01 / А.П. Сманцер. – Минск, 1992. – 31 с.