

Физикой липидных мембран на кафедре занимаются две группы: одну возглавляет С.А. Акимов, а другую — проф. С.И. Мухин.

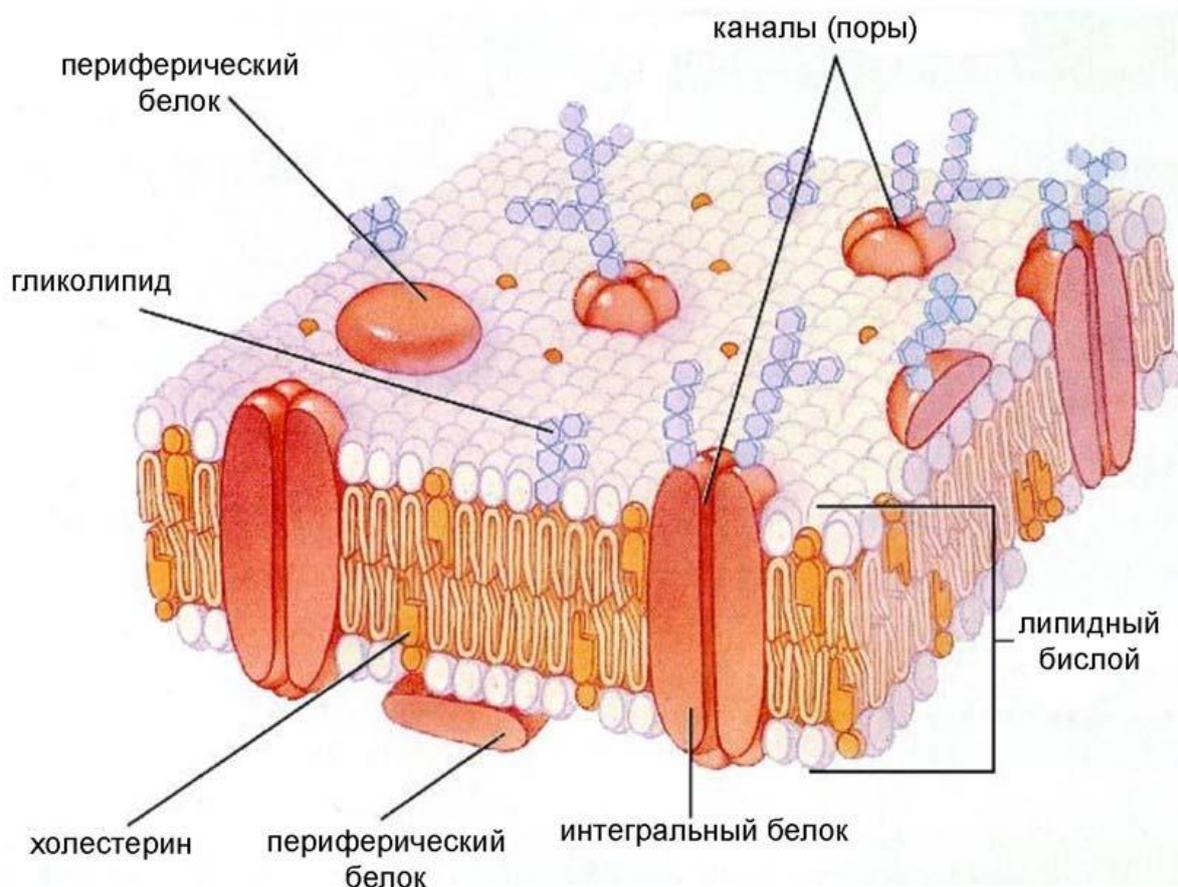
Эта страница:

- [Два слова об объекте](#)
- [Теория упругости липидных мембран](#)
- [Теория упругости липидных мембран: некоторые члены группы](#)
- [Теория упругости липидных мембран: некоторые публикации](#)
- [Модель гибких струн](#)
- [Модель гибких струн: члены группы](#)
- [Модель гибких струн: некоторые публикации](#)

Два слова об объекте

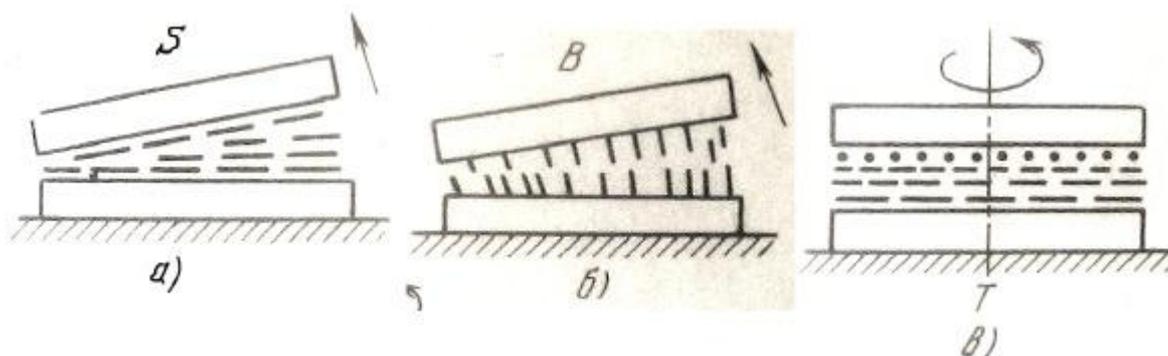
Липидная мембрана это одна из стенок которые отделяют клетки друг от друга.

Клеточная мембрана представляет из себя липидную мембрану в которой плавают биологические активные молекулы: белки. Липидная мембрана представляет из себя двуслойную мембрану состоящую из молекул липидов. Липид имеет полярную голову и два неполярных хвоста. Поэтому в воде, которая является полярной жидкостью липиды организуются в такие структуры чтобы головы торчали наружу, а хвосты были бы спрятаны от воды. Биологические функции белков зависят, в том числе, и от свойств/состояния липидной мембраны.



Теория упругости липидных мембран

В группе С.А. Акимова мембрана изучают с точки зрения теории упругости. Суть теории в том, что она разделяет произвольное состояние мембраны на три базовых деформации: кручение, изгиб, и сдвиг. Для каждого типа даётся формула содержащая коэффициент. Коэффициент каждого типа деформации подлежит измерению на опыте.



Таким образом удаётся объяснить некоторые микробиологические явления, например малый размер так называемых рафтов — липидных доменов обогащённых сфингомиелином. Теория также может указать на новые феномены, что должно быть проверено при помощи эксперимента.

Если же объяснить явление не удаётся — вероятно вы что-то не учли, либо учли то, чего в явлении нет. В любом случае применение теории упругости к жидко-кристаллическим мембранам не перестаёт от этого быть важной и красивой наукой.

Особенность работы в области теоретической физики жидко-кристаллических мембран на нашей Кафедре состоит в том, что у нас существуют контакты как с экспериментаторами так и с людьми занимающимися компьютерным моделированием липидных мембран.

Накопленные знания о липидных мембранах в целом — определяют то, как разработчики лекарств мыслят о путях решения конкретных медицинских проблем: например вывода из строя данного белка, или затруднение слияния мембран.

В этом гранте цель группы это выяснить механизмы и условия сортировки трансмембранных и монослойных интегральных белков в поле геометрической кривизны мембраны.

Зная коэффициент, можно вычислить энергию конформации. Сравнивая энергии различных конформаций можно сделать вывод об относительной энергетической выгодности одного состояния по сравнению с другим.

Теория упругости липидных мембран: некоторые члены группы



П.И. Кузьмин



С.А. Акимов



Т.Р. Галимзянов

Теория упругости липидных мембран: некоторые публикации

1. Sergey A. Akimov, Peter I. Kuzmin, and Vadim A. Frolov. Coordination of bending and wedging in membrane fission. *Biophysical Journal*, 102(3, Supplement 1):322a, January 2012. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006349511031134>, doi: [10.1016/j.bpj.2011.11.1765](https://doi.org/10.1016/j.bpj.2011.11.1765).
2. Timur R. Galimzyanov, Rodion J. Molotkovsky, Joshua J. Zimmerberg, Sergey A. Akimov, and Fredric S. Cohen. Elastic deformations at a boundary stabilizes opposition of monolayer rafts in the structure of a bilayer raft. *Biophysical Journal*, 102(3, Supplement 1):295a, January 2012. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006349511029833>, doi: [10.1016/j.bpj.2011.11.1635](https://doi.org/10.1016/j.bpj.2011.11.1635).
3. Anna V Shnyrova, Pavel V Bashkirov, Sergey A Akimov, Thomas J Pucadyil, Joshua Zimmerberg, Sandra L Schmid, and Vadim A Frolov. Geometric catalysis of membrane fission driven by flexible dynamin rings. *Science (New York, N. Y.)*, 339(6126):1433–1436, March 2013. doi: [10.1126/science.1233920](https://doi.org/10.1126/science.1233920).

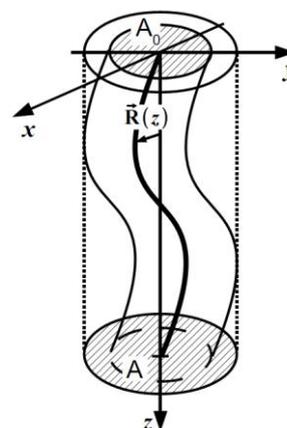
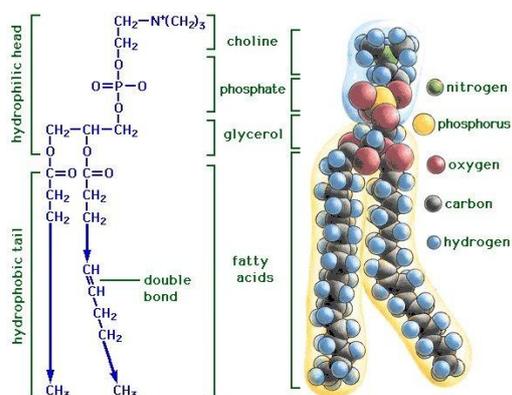
Модель гибких струн

Один из способов изучения липидных мембран предоставляет модель гибких струн (МГС). В МГС липид представляет из себя гибкую струну. МГС можно рассматривать как компьютерную программу: вы даёте ей параметры липида

- несжимаемую толщину;
- изгибную жёсткость;
- количество углеводородных групп;
- ещё несколько

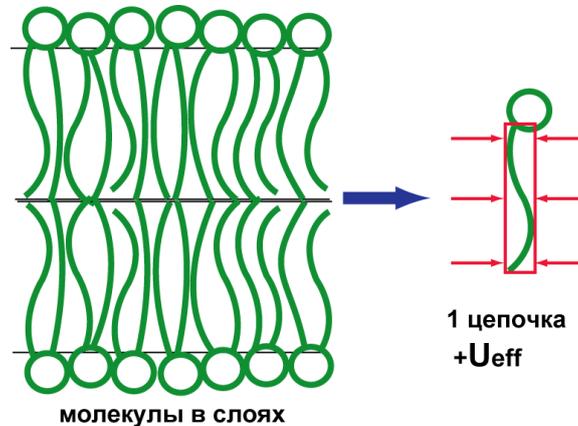
и поверхностное натяжение мембраны — а МГС в ответ выдаёт Вам свойства мембраны состоящей из таких липидов:

- распределение давления поперёк мембраны;
- суммарное давление хвостов;
- энергии малых деформаций;
- различные термодинамические коэффициенты, такие как коэффициент термического расширения или модуль сжатия;
- площадь в среднем приходящуюся на липид в мембране в равновесии;
- и другие



Энергия струны есть кинетическая энергия колебания, плюс энергия изгиба, и плюс энергия взаимодействия с соседними липидами.

Вид последнего слагаемого моделируется квадратичным потенциалом, кривизну которого предстоит определить. Кривизна его характеризует интенсивность взаимодействия липида с соседями.



Взаимодействие с соседними липидами моделируется в рамках среднего поля.

В модели рассматривается функция отклонения центров струны от вертикали. Произвольная конформация (состояние) цепочки представляется в виде суммы нескольких высокоэнергетических колебаний.

Далее возникает хитрый трюк, основанный на том, что статистическую сумму липида (т.е. количество доступных ему состояний) можно представить как контурный интеграл, либо как сумму по упомянутым выше высокоэнергетическим колебаниям. В итоге удаётся выразить интенсивность взаимодействия липида с соседями... через свойства липида! (предполагается что мембрана монокомпонентна — т.е. состоит из липидов одного сорта)

Любопытно, что хотя липид в мембране есть классический объект, в модели присутствует постоянная Планка. Она возникает при подсчёте всех возможных состояний липида (т.н. статистической суммы).

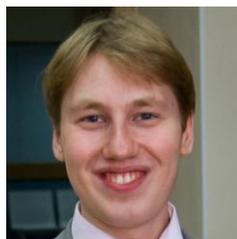
Зная интенсивность взаимодействия с соседними липидами, Вы получаете доступ к энергии липида, и таким образом ко всем статическим свойствам мембраны.

В этом гранте цель группы это рассчитать зависимость модуля изгиба мембраны от температуры и определить вклад нормальных флуктуаций бислоя в модуль изгиба и в профиль латерального давления мембраны.

Модель гибких струн: члены группы



С.И. Мухин



Б.Б. Хейфец



А.А. Дроздова

Модель гибких струн: некоторые публикации

1. S. I. Mukhin and B. B. Kheifets. Pore formation phase diagrams for lipid membranes. *JETP Letters*, 99(6):358–362, May 2014. URL: <http://link.springer.com/article/10.1134/S0021364014060095>, doi: [10.1134/S0021364014060095](https://doi.org/10.1134/S0021364014060095).
2. Sergei I. Mukhin and Svetlana Baoukina. Analytical derivation of thermodynamic characteristics of lipid bilayer from a flexible string model. *Physical Review E*, 71(6):061918, June 2005. URL: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.71.061918>, doi: [10.1103/PhysRevE.71.061918](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.71.061918).
3. Sergei I. Mukhin and Boris B. Kheifets. Analytical approach to thermodynamics of bolalipid membranes. *Physical Review E*, 82(5):051901, November 2010. URL: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.82.051901>, doi: [10.1103/PhysRevE.82.051901](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.82.051901).