

# Обзор статей по квантовой биологии

Докладчик: Таюпов Мансаф Масхутович



# Quantum effects in biology: golden rule in enzymes, olfaction, photosynthesis and magnetodetection

Jennifer C. Brookes

London Centre for Nanotechnology, University College London,  
17–19 Gordon Street, London WC1E 6BT, UK

 JCB, 0000-0002-8235-2290



HFSP Journal

ISSN: 1955-2068 (Print) (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tfls19>

## Quantum physics meets biology

Markus Arndt , Thomas Juffmann & Vlatko Vedral

To cite this article: Markus Arndt , Thomas Juffmann & Vlatko Vedral (2009) Quantum physics meets biology, HFSP Journal, 3:6, 386-400

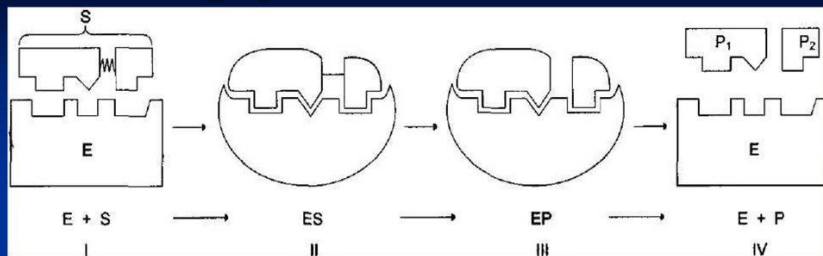
# Биологические процессы, возможно, связанные с КМ



Обоняние

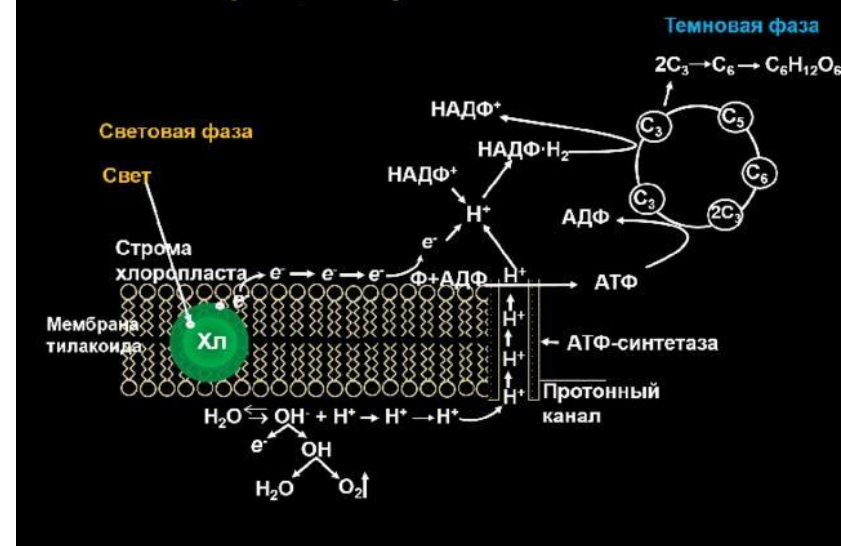


## Этапы ферментативного катализа.



I - этап сближения и ориентации субстрата относительно активного центра фермента; II - образование фермент-субстратного комплекса (ES) в результате индуцированного соответствия; III - деформация субстрата и образование нестабильного комплекса фермент-продукт (EP); IV - распад комплекса (EP) с высвобождением продуктов реакции из активного центра фермента и освобождением фермента.

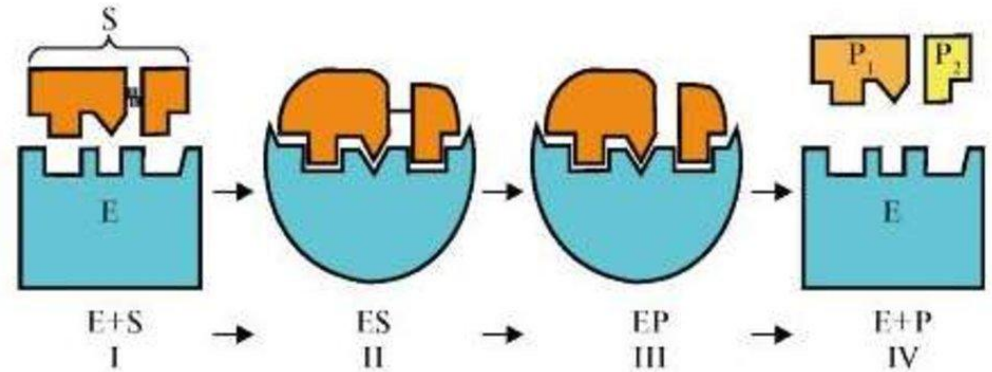
## Процесс фотосинтеза



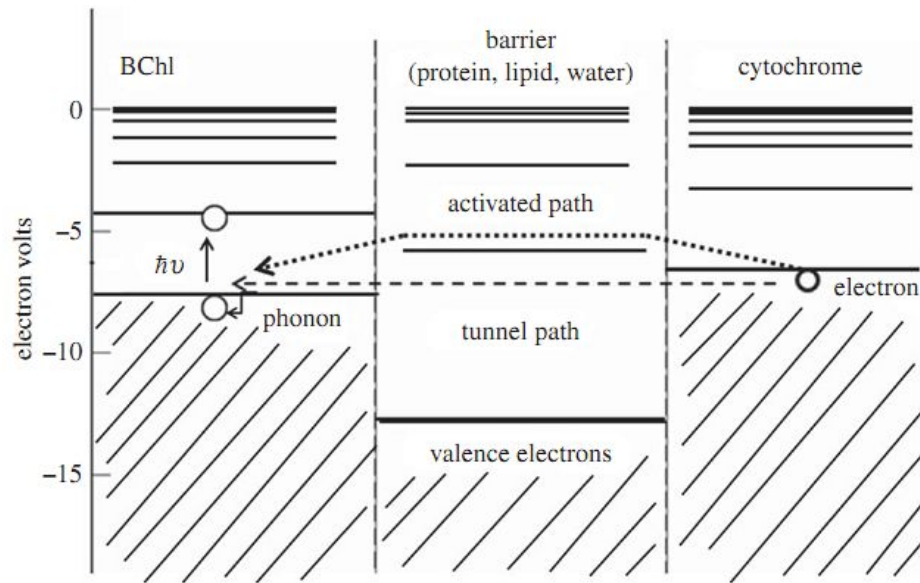
# Механизм ферментативного катализа



1. Теория Фишера: «ключ-замок».
2. Теория Кошланда: «рука и перчатка».
3. Теория вынужденного индуцированного соответствия субстрата и активного центра или теория гибких эластичных групп активного центра.



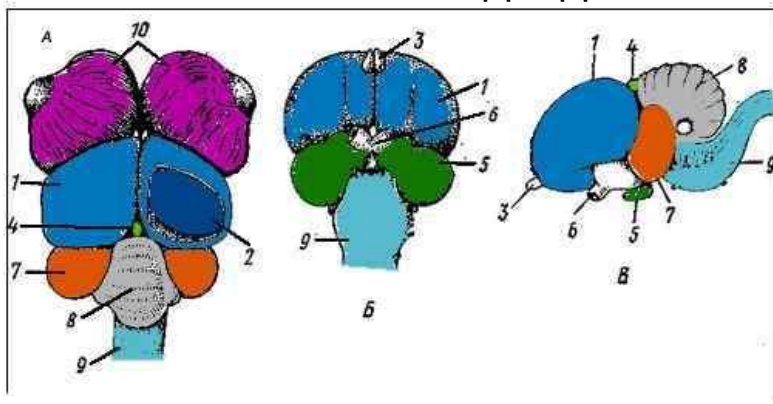
- Ферментативные процессы – это каталитические механизмы, служащие для осуществления необходимых биохимических процессов в организме, например, катализирование ферментом ацетилхолинэстеразы гидролиза нейротрансмиттера ацетилхолина. Парадигмой для ферментативных реакций является концепция «замок – ключ», согласно которой в модели фермент-субстрат фермент и субстрат имеют особенные геометрические формы, подходящие друг к другу. Эта концепция исходит из факта, что субстрат фермента прикрепляется к «активной стороне» структуры фермента, вступая в особые связи с группами аминокислот фермента. Эти группы типично выступают как нуклеофильные реагенты или кислотные/основные катализаторы в реакции, которая может возникнуть только в случае установления соединения: ключ (субстрат) должен подойти к замку (ферменту).



- Важные эксперименты, проведенные в 1966г. Де-волтом и Б. Чансом, впервые доказали наличие в ферментах туннельного эффекта. В фотосинтезирующей бактерии *Chromatium vinosum* фотохимическое окисление цитохрома запускает процесс перехода электрона от цитохрома (донор, D) к бактериохлорофиллу, BChl (акцептор, A). Пока эти две молекулы не будут находиться в непосредственной близости (в пределах Ван-дер-Ваальсового радиуса), переходу электрона от цитохрома к BChl препятствует непроницаемый отталкивающий барьер. Как и предполагалось, эксперименты показали, что при высоких показателях температуры окисление является *зависимым от температуры*; скорость реакций выше при повышенных температурах, что указывает на наличие некоего энергетического барьера, который нужно преодолеть. Удивительно, но при пониженных температурах (4 – 100 К) зависимость от температуры теряется, реакция всё равно возникает, несмотря на отсутствие энергии, «необходимой» для преодоления барьера активации ТПС. Это означает, что при отсутствии необходимости наличия кинетической энергии для преодоления барьера, электроны могут пройти через барьер посредством квантово-механического эффекта туннелирования. Таким образом, это открытие подчеркнуло неспособность ТПС объяснить независимость скорости реакции от температуры при ее низких значениях и высокую скорость перехода электрона. Хотя повышение температуры и увеличивает скорость химической реакции, в классической теории не рассматриваются самые высокие темпы протекания реакций. Квантовое туннелирование – способ преодоления барьера, прохождением сквозь него.

# Магнитодетекция у животных

## Классический подход



### Головной мозг голубя

А-сверху с глазными яблоками, вскрыта крышка

правого полушария; Б - снизу; В - сбоку

1-большие полушария; 2-полосатые тела; 3-обонятельные доли; 4-эпифиз; 5-гипофиз; 6-хиазма и зрительные нервы; 7-зрительные доли среднего мозга; 8-позжечок; 9-продолговатый мозг; 10-глаза

Ферромагнитные скопления в различных органах птиц (клюв), образуют магниточувствительный белок, который действует аналогично физически движущемуся компасу.

(+) Когда вводили обезболивающее в клюв голубей, или разрезали нерв они теряли ориентацию в МП

(-) Железосодержащие клетки являются не нервными, а макрофагами, потребляющими бактерий.

## Подход связанный с КМ



Сетчатка содержит светочувствительные белки-криптохромы, которые под воздействием света и магнитного поля могут по-разному возбуждаться в зависимости от ориентации силовых линий поля.

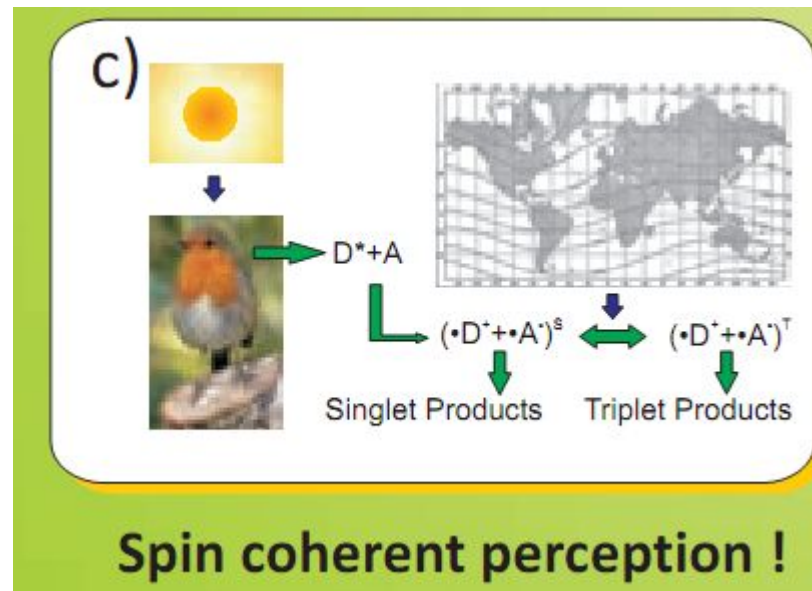
(+) Хорошо объясняется с помощью КМ-перенос электрона и фотовозбужденного флавиноадениндинуклеотида вдоль цепочки молекул триптофана и обратная рекомбинация

(-) Птицы, скорее всего, используют для ориентации в пространстве все свои органы чувств и существенный вклад вносит также и зрение.

Механизм радикальной пары был приписан сигнализации белковый криптохром, который можно найти в сетчатке птицы (Вильчко и Вильчко, 2006).

Реакция должна быть чувствительной и к геомагнитному полю (Соловьев и Шультен, 2009).

Механизм изначально призван объяснить фотохимически индуцированную динамическую поляризацию в ядрах (Closs, 1969; Kaptein и Oosterhoff, 1969): когда свет падает на молекулу донора-птице в глаз, может возбудить у нее синглетное состояние [рис. 3 (с)]. Молекула дальше может передать электрон соседней молекуле акцептора. Свежеобразованная пара радикальных молекул обычно начинается в синглетном состоянии (полное спиновое квантчисло:  $s = 0$ ), но при наличии сверхслабых связей с молекулярными ядрами, может подвергнуться взаимопревращению между синглетным и триплетным состояниями. Поскольку спин в остальном достаточно хорошо защищен от воздействия окружающей среды, на короткой шкале времени предполагается, что спиновая пара остается квантово-коррелированной, т.е. запутанной при этом процессе.

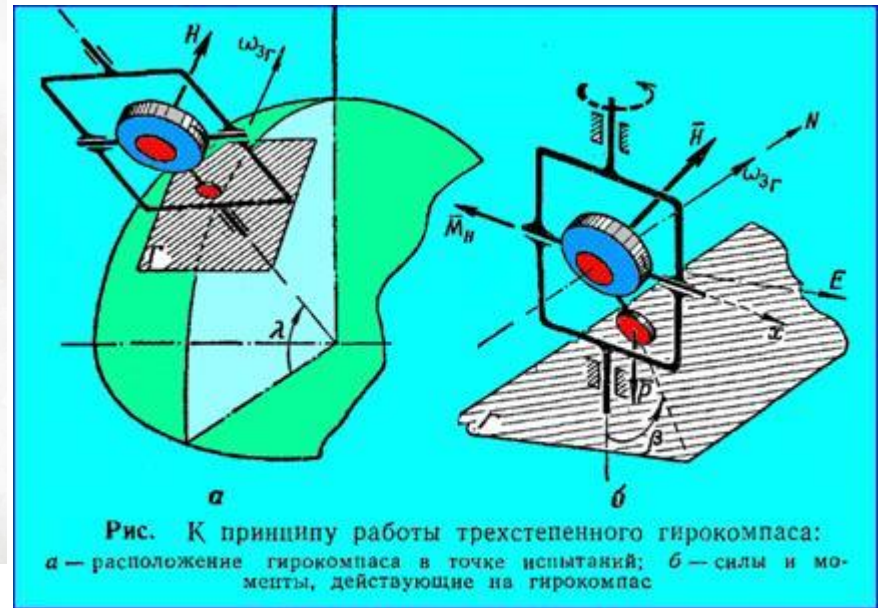


**Spin coherent perception !**

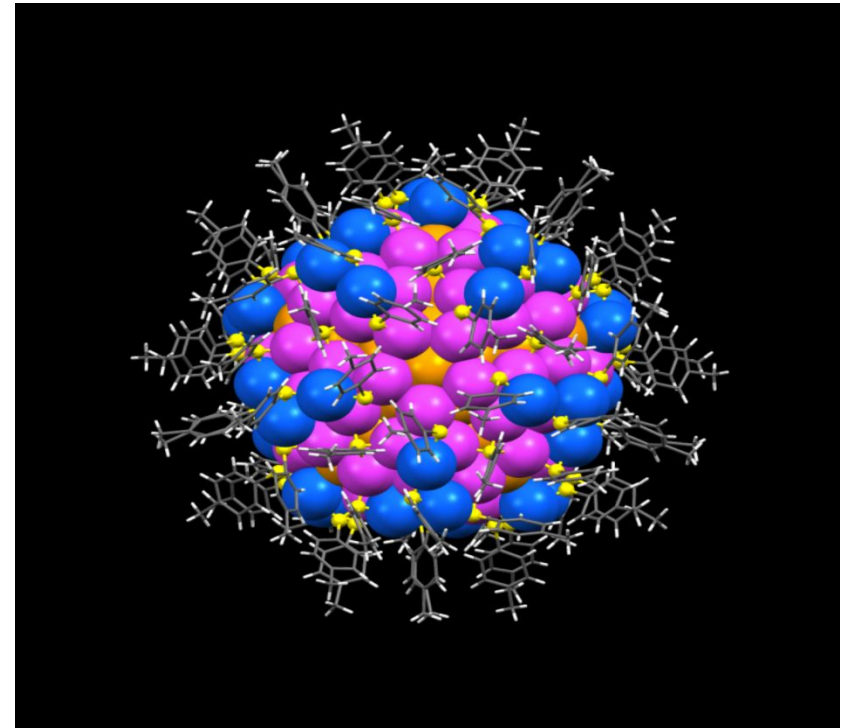
Спин электрона вращается и магнитное поле Земли будет варьировать соотношение между синглетным и триплетным состояниями.

Поскольку многие химические реакции зависят от спина - в частности, также обратный перенос электрона от акцептора к донору. Поэтому, по видимому поворот спина также должна влиять на соотношение молекулярные продукты, которые окончательно формируются с высоты птичьего полета. Модель для трансдукция от радикальной пары к нейрональным коррелятам была предложена Weaver et al. (2000), который также оценил требования к размеру и температурной зависимости системы для того, чтобы определить ее чувствительность.

- Эта идея дополнительно подтверждается недавними экспериментами Маэда и соавт. (2008), который показал, что механизм радикальной пары в магнитном поле земли на самом деле достаточно силен, чтобы изменить конечные химические продукты в специально разработанном комплексе, который был построен из каротиноида, порфирина и фуллерена C<sub>60</sub>.



- Живет на глубине
- Относительно слабые световые детекторы
- Криптохромов не обнаружено
- **Определенно другой способ магнитодетекции!**





# Предлагаемая трактовка

- В организмах существуют скопления ферромагнетиков .  
возмо**→** образование структур типа ферромагнетик-полимер(белок)-  
ферромагнетик

Док.дисс. Воробьева Н.В.

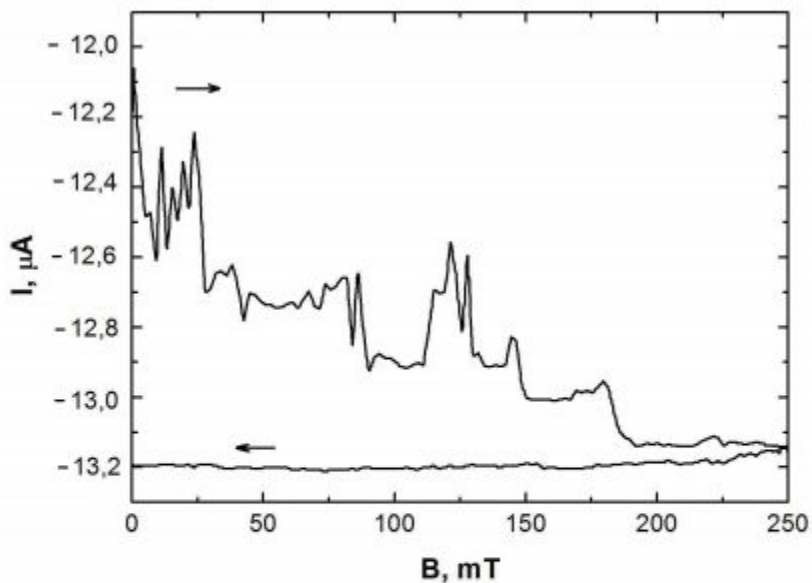
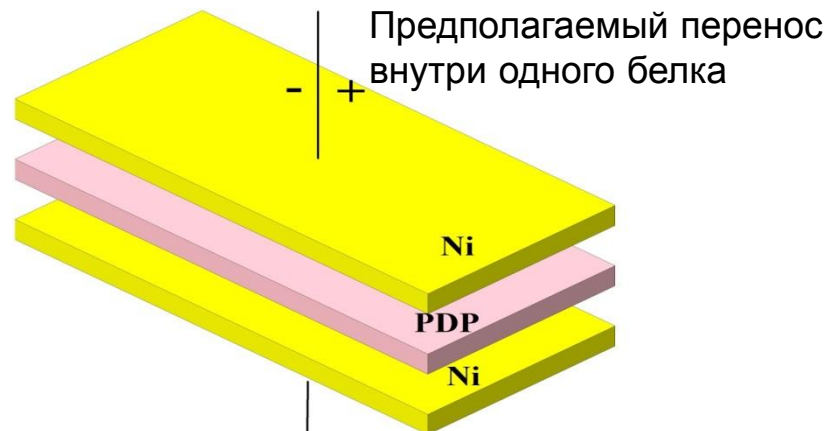
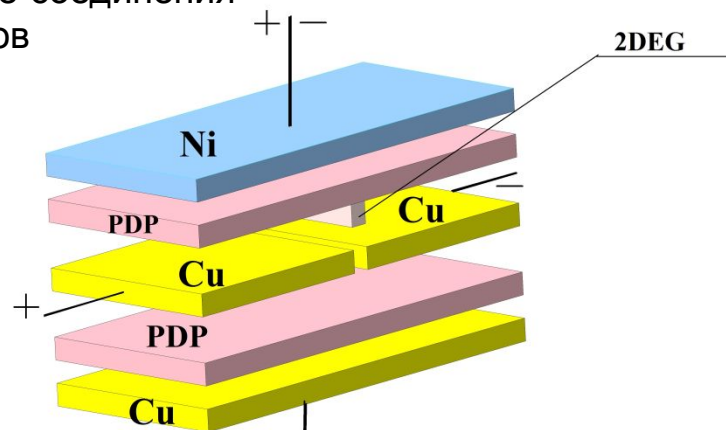


Рис. 64. Электронное переключение проводимости магнитным полем структуры ферромагнетик-полимер в предпороговом состоянии по электрическому полю. Внешнее механическое давление отсутствует. Подложка – монокристаллический никель. Магнитное поле параллельно плоскости образца.

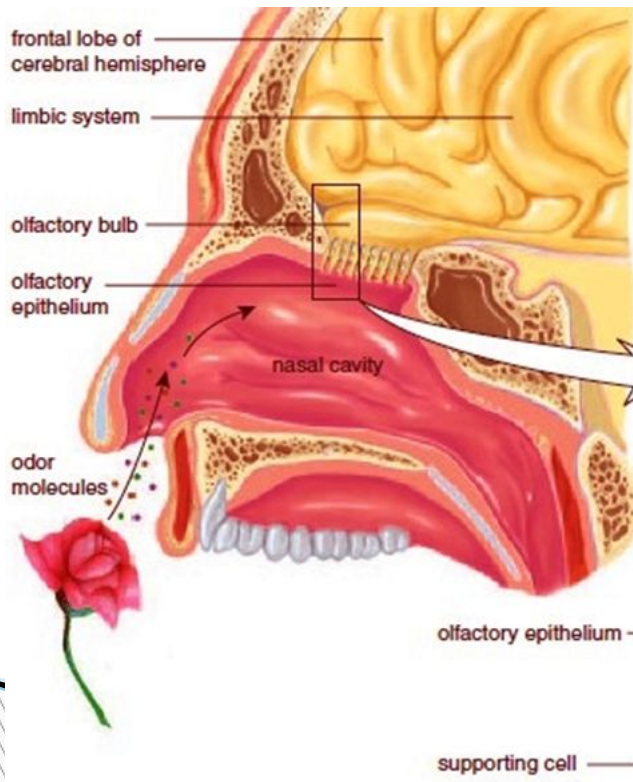


На границе соединения двух белков

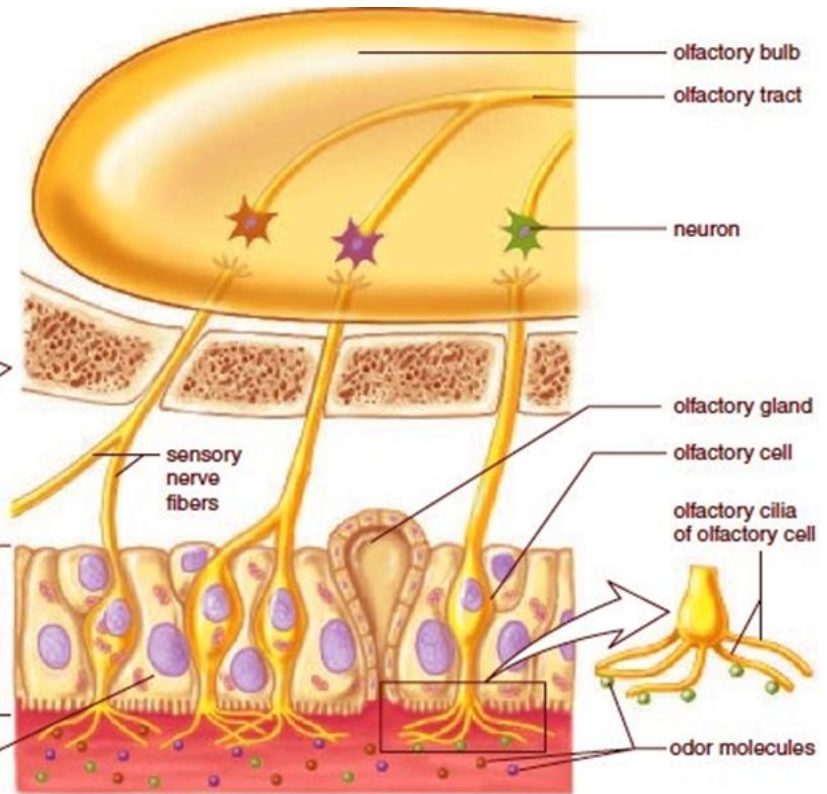


В организме есть медленные свободные электроны???

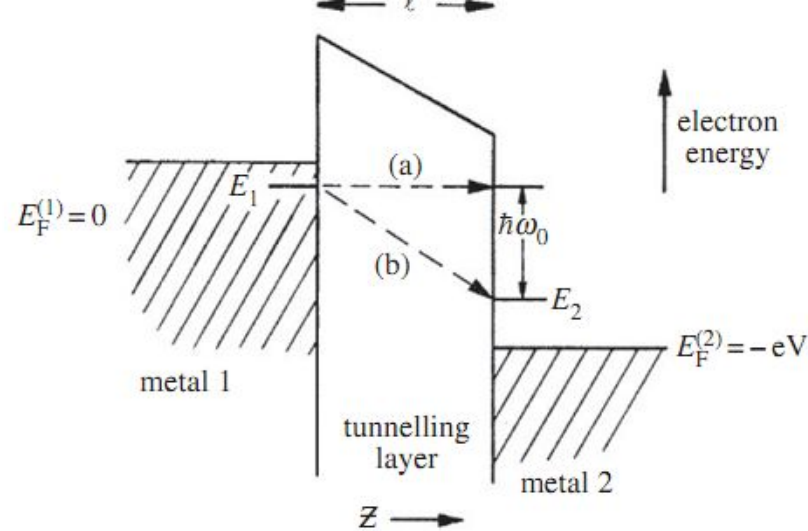
Электрический ток в структурах индуцируется самим МП???



a.



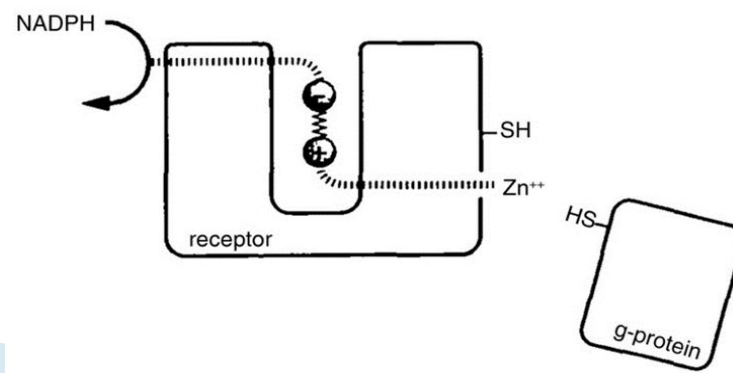
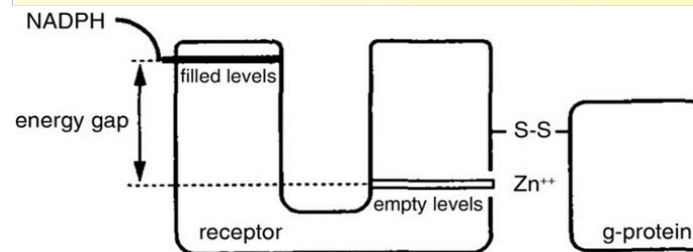
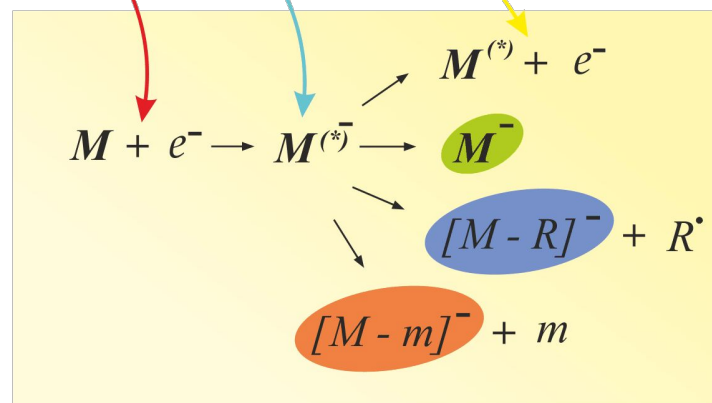
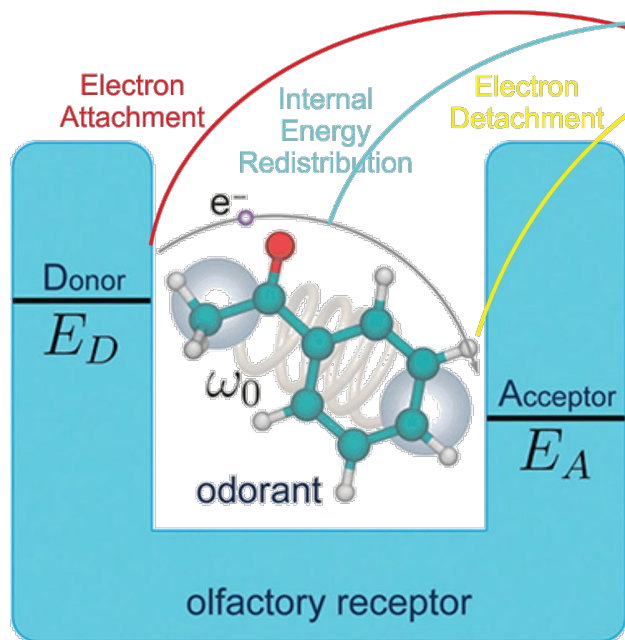
b.



**Figure 5.** Lambe & Jacklevic demonstrate inelastic electron tunnelling through a metal junction, from [32]. There are two possible ways for the electron to cross the tunnelling layer (insulating barrier) via (a) an elastic or (b) an inelastic transition. The inelastic transition occurs when there is a molecule bridging the tunnelling layer with a mode of vibration,  $\hbar\omega_0$ , that the tunnelling electrons excites, and so loses energy too.

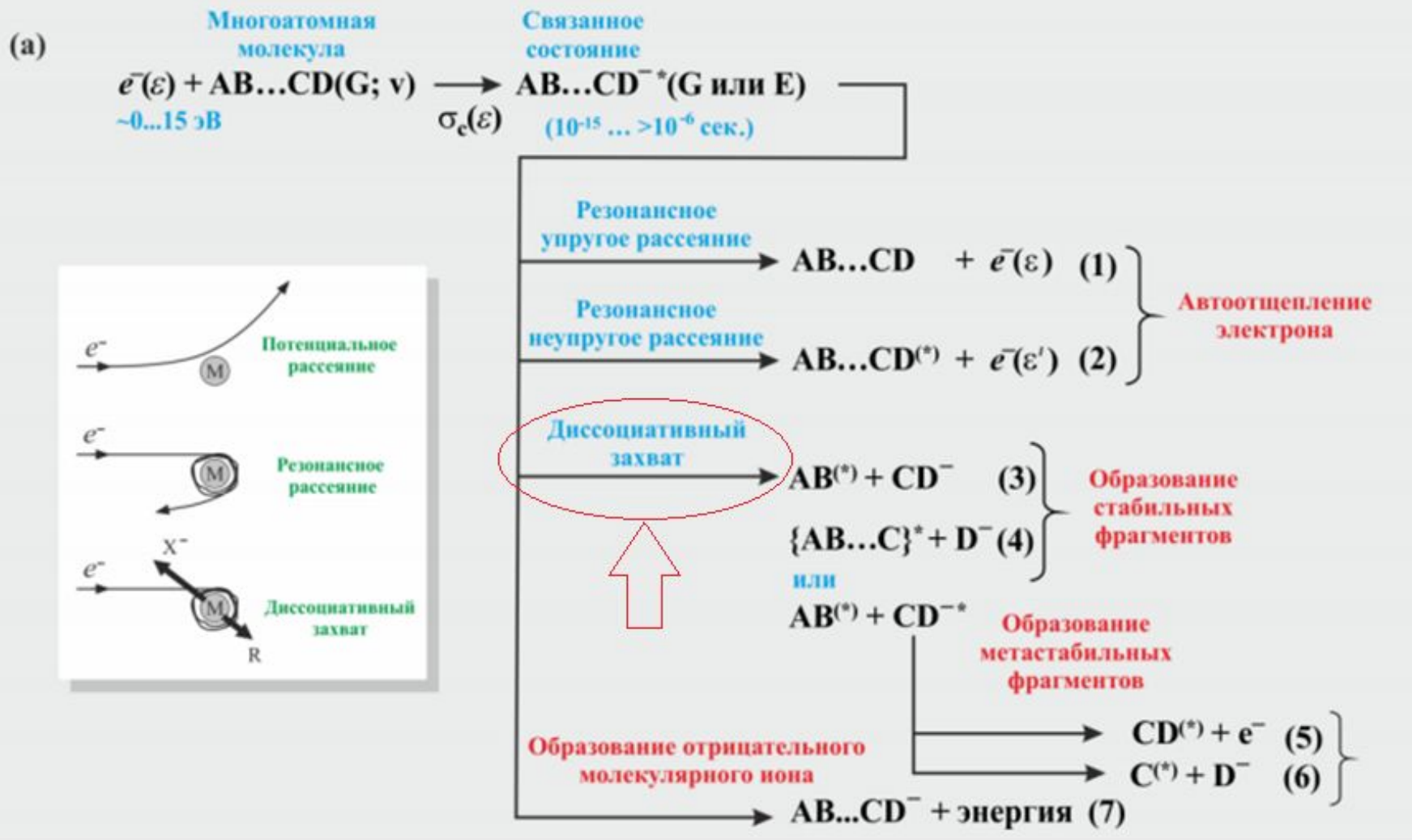
- Дайсон, а затем Райт впервые предложили «что-то», описанное выше, могут быть молекулярные колебания одоранта: что рецептор каким-то образом вылавливает тепловые флуктуации одоранта. Однако, поскольку все в биологических процессах термически колеблется, как рецептор извлекает эту информацию из шума?
- Позже, Турин [31] предположил, что рецептор обнаруживает квантово-механические колебания одоранта. Этот процесс
- Jaklevik & Lambe [32] уже установили механизм передачи сигналов 1968, где они показали неупругое туннелирование электронов (IET) через малую молекулу, которая соединяет электродное соединение кодирует информацию о молекулярной энергетике (квантованные колебания или фононы) в результирующем токе (рис. 5).

# Спектроскопический механизм распознавания запаха



1. L. Turin, A spectroscopic mechanism for primary olfactory reception. *Chemical senses* 21 (1996) 773
2. I.A. Solov'yov, P.Y. Chang, K. Schulten, Vibrationally assisted electron transfer mechanism of olfaction: myth or reality? *Physical Chemistry Chemical Physics* 14 (2012) 13861

# Резонансный захват электронов



**Спасибо за внимание!!!**

