Государственный экзамен по физике

Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

Программа подготовки магистров **«Биофизика»**

**Билет № 1**

1. Биологические и физические критерии живых систем. Роль химии.

2. Факторы, определяющие ширину и форму сигнала ЭПР: времена продольной релаксации и поперечной релаксации, g-фактор, изотропное и анизотропное сверхтонкое взаимодействие.

3. Чему равна критическая концентрация мицеллообразования для сферических липидных мицелл радиусом 2 нм, содержащих по 1000 молекул липида и имеющих поверхностное натяжение 20 мДж⋅м–2?

**Билет № 2**

1. Идеи симметрии в физике и биологии. Симметрии в живых системах как причины и как свойства. Типы симметрий. Хиральность.

2. Строение молекулы воды. Роль гибридизации 2s- и 2p- орбиталей атома кислорода.

3. Оцените вязкость разбавленной суспензии эритроцитов, считая, что клетки друг с другом не взаимодействуют. Вязкость буферного раствора 10–3 Па·с, объемная доля эритроцитов составляет 2%.

**Билет № 3**

1. Активные среды и автоволновая самоорганизация в биологических системах различных иерархических уровней. Основные математические модели.

2. Изотерма адсорбции Гиббса.

3. Определить основной терм атома кислорода.

**Билет № 4**

1. Физические принципы построения и функционирования молекулярных машин в живых системах. Протонный и натриевый насосы, сократительные белки, микротрубочки.

2. Условия равновесия фаз в гетерогенной системе.

3. Взаимодействие двух атомов в равновесном состоянии описывается потенциалом Леннарда-Джонса

.

Константа взаимодействия (*ε*) равна 0,8⋅10–18 Дж, а равновесное расстояние (r0) составляет 0,33 нм. Какая сила будет действовать на атомы при расстоянии между ними, равном половине равновесного?

**Билет № 5**

1. Хиральность как физический фактор стратификации структурных уровней в биомакромолекулах, как инструмент фолдинга и как элемент конструкций молекулярных машин.

2. Физические основы первичных кинетических и термодинамических изотопных эффектов дейтерия.

3. Чему равно линейное натяжение мембраны, если критический размер пор равен 2,6 нм, а поверхностное натяжение мембраны 0,03 Дж/м2?

**Билет № 6**

1. Физико-химические предпосылки и возможные сценарии формирования предшественников живых клеток.

2. Вторичная структура полипептидов. Стабильность α-спирали и β -структуры в воде. Переход спираль-клубок.

3. Оцените (в том числе в единицах *кТ*) величину энергии связи ионов Na+ и Br– на расстоянии 0,293 нм, равном сумме двух ионных радиусов среде с диэлектрической проницаемостью 80. Сравните ее с энергией ковалентных связей Е(С–Н) ~ 400 кДж\*М­1.

**Билет № 7**

1. Биофизические аспекты трансформации типов клеток в биологической эволюции.

2. Растворимость. Свободная энергия переноса. Термодинамический критерий гидрофобности и гидрофильности.

3. Оценить энергетический барьер для нуклеации кристалла лизоцима, если критический размер кристаллита составляет 50 нм, свободная энергия поверхности равна 1,2 мДж⋅м–2, температура плавления равна 50 ºС, а температура системы на 1 ºС ниже.

**Билет № 8**

1. Биофизические аспекты коэволюции двух ветвей геобиосферы.

2. Генерация и распространение нервного импульса (уравнение Ходжкина-Хаксли).

3. Вычислите свободную энергию переноса одного моля одновалентных катионов натрия радиусом 0,1 нм из среды с диэлектрической проницаемостью 10 в среду с диэлектрической проницаемостью 80.

**Билет № 9**

1. Типы льда. Каковы причины возникновения остаточной энтропии во льду Ih?

2. Понятие о самоорганизации белков. Сформулируйте "Парадокс Левинталя" и опишите его решение. Что такое нуклеационный механизм сворачивания? Роль хиральности.

3. Полимерная цепь в хорошем растворителе удерживается с помощью двух лазерных пинцетов. Как будет выглядеть кривая зависимости сила–растяжение? Как изменится сила, приложенная к пинцетам, если при постоянном расстоянии между ними постепенно заменить хороший растворитель плохим?

**Билет № 10**

1. Магнитные наноструктуры и железо в биогенных системах. Ферритин. Магнитосомы. Нанофазные оксиды железа и нейродегенеративные патологии.

2. Строение нуклеиновых кислот. Структуры ДНК.

3. Рассчитайте величину энтропии протонного беспорядка в тетрамере молекул воды.

**Билет № 11**

1. Спектроскопия ЯМР. Химический сдвиг: σ (Гц) и δ (м. д.). Анизотропия химического сдвига.

2. Строение, механические характеристики и функции основных компонентов цитоскелета эукариот.

3. Как связана среднеквадратичная флуктуация угла поворота (<*θ*2>) с вращательным коэффициентом диффузии для сферической вирусной частицы (вириона)? Оцените время поворота вириона на угол 90°, если тепловая энергия (*kT*) составляет 4,1·10–21 Дж, вязкость равна 0,001 Па·с, а вирион можно считать сферой с радиусом 2 мкм. Сравните время, необходимое для перемещения фиксированной точки поверхности вириона на расстояние 2πa, со временем трансляционной диффузии на такое же расстояние.

**Билет № 12**

1. Термодинамика образования новой фазы и процессы зародышеобразования.

2. Для константы кислотности лизина значение p*Ka* равно 10, а для полилизина 9,5. Как объяснить такой сдвиг?

3. Определите равновесный угол смачивания для капли воды на поверхности листа настурции, если поверхностные свободные энергии для границ раздела лист–воздух, лист–вода и воздух–вода равны 18; 73,2 и 72 мДж/м2, соответственно.

**Билет № 13**

1. Хиральные спиральные структуры из молекул воды.

2. Модели популяционной (демографической) динамики.

3. Рассчитайте рН водного раствора аргинина с концентрацией 0,2 М, если для аргинина pKa = 12,5.

**Билет № 14**

1. Структура и эволюция РНК. Консервация вторичной структуры РНК.

2. Электрокинетические явления. Электрофорез.

3. Определить среднюю мольную теплоту расширения реального газа при температуре *Т*, если известна зависимость летучести от температуры.

**Билет № 15**

1. Основные импульсные последовательности двумерной спектроскопии ЯМР.

2. Генетический код и трансляция.

3. Изобразите качественно спектр ЭПР убихинона, если .

**Билет № 16**

1. Структура и эволюция РНК. Компенсаторные замены и методы сравнения. Термодинамический подход.

2. Биофизика мышечного сокращения: модель скользящих нитей, уравнение Хилла.

3. Комар, имеющий размеры порядка 10–3 м летит со скоростью 10–1 м·с–1. Найдите для него число Рейнольдса, считая, что плотность и динамическая вязкость воздуха равны 1,3 кг·м–3 и 1,8·10–5 Н·с·м–2.

**Билет № 17**

1. Cтруктура и эволюция РНК. Cтохастические контекстно-свободные грамматики. Ковариантные модели для профилей РНК.

2. Реакционные центры фотосинтезирующих организмов: состав и скорости элементарных стадий.

3. Каков максимальный угол *θ* рассеяния *α*-частицы и дейтрона при упругом рассеянии на водороде?

**Билет № 18**

1. Основы ЯМР-томографии.

2. Основные параметры вторичных и третичных структур белков.

3. Сосуд объемом *V*0 разделен перегородкой на две части с объемами  и . В большей части находится 0,1 моль идеального газа; в меньшей же создан высокий вакуум. Определите изменение энтропии при удалении перегородки.

**Билет № 19**

1. Основы метода полимеразной цепной реакции.

2. Активный транспорт веществ и ионов через клеточные мембраны.

3. Вирус имеет форму цилиндра высотой 200 нм и диаметром 10 нм. Найдите критическую концентрацию образования нематической жидкокристаллической фазы в соответствии с теорией Онсагера.

**Билет № 20**

1. Принципы электронной микроскопии.

2. Пространственное и электронное строение пептидной группы.

3. Вычислить высоту поднятия воды в капилляре диаметром 1 мкм, если угол смачивания 0о, поверхностное натяжение воды 72·10–3 Н/м.

**Билет № 21**

1. Клеточный цикл. Фазы клеточного цикла.

2. Биофизические критерии устойчивости экосистем.

3. Внутри мыльного пузыря радиуса *r* находится идеальный газ. Наружное давление *p*0, поверхностное натяжение мыльной воды α. Найти разность между молярной теплоемкостью газа при нагреве его внутри пузыря и молярной теплоемкостью этого газа при постоянном давлении.

**Билет № 22**

1. Пассивный транспорт веществ и ионов через клеточные мембраны.

2. Зависимость скорости биохимической реакции от температуры.

3. Оцените скорость движения цепи ДНК, содержащей 1 млн пар оснований, в полиакриламидном геле в электрическом поле с напряженностью 2 В/см. Во сколько раз увеличилась бы скорость, если бы в этом эксперименте использовали фрагменты ДНК в десять раз меньшего размера? Молекула ДНК находится в B-форме, с расстоянием между фосфатными группами 1,7 Ǻ, нет никаких эффектов конденсации заряда, вязкость раствора составляет 0,002 Па⋅с, а длина куновского сегмента – 300 мономеров.

**Билет № 23**

1. Энергетический метаболизм клетки и его регуляция.

2. Полиморфизм структур льдов.

3. К поверхности заряженных сферических вирусных частиц прикреплены полимерные цепи, например, полиэтиленгликоля. При каком расстоянии между частицами энтропийные силы, обусловленные взаимодействием цепей полимеров, станут значительными по сравнению с силами электростатического отталкивания?

**Билет № 24**

1. Атомно-силовая микроскопия.

2. Митохондрии: строение, состав, функции.

3. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии определяется зависимость энтальпии образца от температуры. Для перехода спираль–клубок в α‑спиральном полипептиде ширина перехода уменьшается при увеличении длины полимера. Как объяснить это явление с точки зрения термодинамики перехода?

**Билет № 25**

1. Определение времен спин-спиновой релаксации и спин-решеточной релаксации. Метод спинового эха.

2. Доннановское равновесие. Осмотические эффекты в клетке.

3. Оцените КПД Na-насоса в аксоне кальмара.