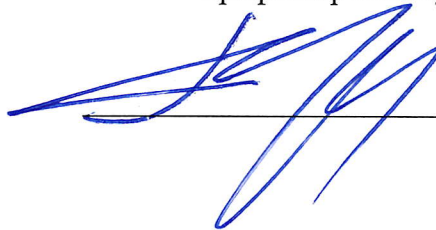


**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



---

**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа «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  $20 \text{ мДж} \cdot \text{м}^{-2}$ ?

### 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  $10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , 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

$$\xi(r) = \varepsilon \left[ \left( \frac{r_0}{r} \right)^{12} - \left( \frac{r_0}{r} \right)^6 \right]$$

Константа взаимодействия ( $\varepsilon$ ) равна  $0,8 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ , а равновесное расстояние ( $r_0$ ) 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  $0,03 \text{ Дж} / \text{м}^2$ ?

### Билет № 6

1. Физико-химические предпосылки и возможные сценарии формирования предшественников живых клеток.
2. Вторичная структура полипептидов. Стабильность  $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -структуры в воде. Переход спираль-клубок.
3. Оцените (в том числе в единицах кТ) величину энергии связи ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Br}^-$  на расстоянии 0,293 нм, равном сумме двух ионных радиусов среде с диэлектрической проницаемостью 80. Сравните ее с энергией ковалентных связей  $E(\text{C-H}) \sim 400 \text{ кДж} \cdot \text{М}^{-1}$ .

### 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  $1,2 \text{ мДж} \cdot \text{м}^{-2}$ , температура плавления равна  $50^\circ\text{C}$ , а температура системы на  $1^\circ\text{C}$  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  $\text{Ih}$ ?
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. Иерархия структур ДНК.
3. Рассчитайте величину энтропии протонного беспорядка в тетрамере молекул воды.

### Билет № 11

1. Спектроскопия ЯМР. Химический сдвиг:  $\sigma$  (Гц) и  $\delta$  (м. д.). Анизотропия химического сдвига.
2. Модели эволюции нуклеотидных последовательностей. Разброс скоростей эволюции позиций.
3. Как связана среднеквадратичная флуктуация угла поворота ( $\langle \theta^2 \rangle$ ) с вращательным коэффициентом диффузии для сферической вирусной частицы (вириона)? Оцените время поворота вириона на угол  $90^\circ$ , если тепловая энергия ( $kT$ ) составляет  $4,1 \cdot 10^{-21}$  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  $2\lambda$ , со временем трансляционной диффузии на такое же расстояние.

### Билет № 12

1. Термодинамика образования новой фазы и процессы зародышеобразования.
2. Для константы кислотности лизина значение  $pK_a$  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/м<sup>2</sup>, соответственно.

### Билет № 13

1. Хиральные спиральные структуры из молекул воды.
2. Модели популяционной (демографической) динамики.
3. Рассчитайте pH водного раствора аргинина с концентрацией  $0,2$  М, если для аргинина  $pK_a = 12,5$ .

### Билет № 14

1. Структура и эволюция РНК. Консервация вторичной структуры РНК.
2. Электрокинетические явления. Электрофорез.
3. Определить среднюю молярную теплоту расширения реального газа при температуре  $T$ , если известна зависимость летучести от температуры.

### Билет №15.

1. Основные импульсные последовательности двумерной спектроскопии ЯМР.
2. Генетический код и трансляция.
3. Какую симметрию имеют смещения ядер при малых колебаниях молекулы воды? Таблицу характеров неприводимых представлений группы симметрии молекулы воды считать известной.

### 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<sup>-1</sup>. Найдите для него число Рейнольдса, считая, что плотность и динамическая вязкость воздуха равны  $1,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$  и  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-2}$ .

### Билет №17.

1. Структура и эволюция РНК. Стохастические контекстно-свободные грамматики. Ковариантные модели для профилей РНК.
2. Реакционные центры фотосинтезирующих организмов: состав и скорости элементарных стадий.
3. Каков максимальный угол  $\theta$  рассеяния  $\alpha$ -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  $V_1 = \frac{2}{3}V_0$  и  $V_2 = \frac{1}{3}V_0$ . 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  $0^\circ$ , поверхностное натяжение воды  $72 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

### 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  $\alpha$ . 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 В-форме, с расстоянием между фосфатными группами 1,7 Å, 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  $\alpha$ -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.