

Утверждено  
решением Ученого Совета  
физического факультета МГУ  
от 26.12.2019 г.

Декан физического факультета МГУ  
профессор Н.Н.Сысоев



Государственный экзамен по физике  
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
Магистерская программа  
*«Медицинская физика»*

**Билет № 1**

1. Физика ядерного магнитного резонанса. Импульсные магнитные поля. Спиновая релаксация. Уравнения Блоха
2. Периодические процессы в биологии и медицине.
3. Чему равна энергия фотона, поглощенного ядром  $^{1\text{H}}$  в магнитном поле 1.5 Тл?

**Билет № 2**

1. Принцип построения изображений в компьютерной томографии. КТ-числа. Электронные окна.
2. Строение молекулы воды. Роль гибридизации 2s- и 2p- орбиталей атома кислорода.
3. Эндогенный (метаболизм) CO. Колебательные постоянные молекулы  $^{12\text{C}}{^{16\text{O}}}$  в основном электронном состоянии равны  $\omega_e = 2170 \text{ см}^{-1}$ ,  $\omega_e x_e = 13,3 \text{ см}^{-1}$ . Найти частоту центра основной горячей полосы излучения с уровня  $v = 3$ .

**Билет № 3**

1. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Требования к радиофармпрепаратам для целей ПЭТ. Кинетическое сканирование. Диагностические возможности ПЭТ томографии.
2. Слабая водородная связь в биологических системах.
3. Какими должны быть радиусы кривизны  $R_1 = R_2$  поверхностей лупы, чтобы она давала увеличение для нормального глаза  $\Gamma = 10$ ? Показатель преломления стекла, из которого сделана лупа,  $n = 1,5$ .

**Билет № 4**

1. Математическое описание формирование изображения оптической системой (в том числе, человеческого глаза).
2. Основные уравнения ферментативной кинетики (уравнение Михаэлиса-Ментен, схема Боттса-Моралеса, кооперативность).
3. Показать, что для системы, подчиняющейся закону Генри, выполняется закон Рауля.

**Билет № 5**

1. Эксимерный лазер. Абляция биологических тканей. Рефракционная хирургия. Формула Мюннерлина.
2. Структура биологических мембран. Растворимость. Свободная энергия переноса. Термодинамический критерий гидрофобности и гидрофильности.
3. Эндогенный (метаболизм) CO. Колебательные постоянные молекулы  $^{12\text{C}}{^{16\text{O}}}$  в основном электронном состоянии равны  $\omega_e = 2170 \text{ см}^{-1}$ ,  $\omega_e x_e = 13,3 \text{ см}^{-1}$ . Найти частоту центра основной полосы первого обертона.

**Билет № 6**

1. Фемтосекундные лазеры. Принципы ОКТ-томографии.
2. Генерация и распространение нервного импульса. Уравнение Ходжкина-Хаксли).
3. Оценить максимальный размер фоторецептора человеческого глаза, обеспечивающего, в соответствии с критерием Релея, 100% остроту зрения при фотопическом зрении: диаметр зрачка 2 мм, длина глаза 25 мм, длина волны света 0.5 мкм

### **Билет № 7**

1. Дискретизация и улучшение качества изображений глазного дна (изменение контраста яркости, выравнивание гистограммы, подавление шума, подчеркивание границ).
2. Доплер-эффект и его роль в медицинской акустике. Вывод основных соотношений.
3. Как изменится объем белка, представляющего собой а-спираль длиной 45 нм и диаметром 1,1 нм, после его полной денатурации? Среднюю длину статистического сегмента принять равной 5 нм.

### **Билет № 8**

1. Методы восстановления изображений (линейная фильтрация Тихонова, оптимальный фильтр Виннера, критерий изопланатизма для случая глаза человека, нелинейные методы).
2. Строение нуклеиновых кислот. Структуры ДНК.
3. Определить диаметр поры при проникновении иона в липидный слой мембранны, если затраты энергии, необходимые для проникновения через пору, составляют 50 кДж/моль. Считать: радиус иона  $a = 0,1$  нм, диэлектрическая проницаемость водной поры  $\epsilon_p = 80$ , диэлектрическая проницаемость липидного бислоя  $\epsilon_l = 2$

### **Билет № 9**

1. Основные методы лечения злокачественных новообразований. Радиохирургия и лучевая терапия. Основные принципы и задачи. "Доза-эффект-осложнения". Радиомодификация. Методы дистанционного и контактного облучения.
2. Флуоресцентная спектроскопия. Импульсно-лазерная флуориметрия. Метод «матричной» лазерной флуоресцентной спектроскопии. Принципы диагностики.
3. Средняя длина Молекулы ДНК, входящей в состав одной хромосомы человека составляет 4,3 см. Представим, что ДНК – статистический клубок. Определить характерный объём такого клубка и сравнить его с объемом клетки.

### **Билет № 10**

1. Радионуклидная терапия. Радиофармпрепараты для радионуклидной терапии. Протонная хирургия. Пик Брегга. Прямое и косвенное воздействие радиации.
2. Основные типы динамического поведения биологических систем. Автоколебания и автоволны. Метод фазовой плоскости. Понятие устойчивости. Классификация особых точек.
3. Определить 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 № 11**

1. ОФЭКТ и радионуклидная диагностика. Требования к радиофармпрепаратам. Методы радионуклидной диагностики. Радионуклидное сканирование.
2. Модели популяционной (демографической) динамики.
3. Рассчитайте изменение энтропии 1000 г воды в результате ее замерзания при -5°C. Темпера та плавления льда при 0°C равна 6008 Дж/моль. Теплоемкости льда и воды равны 34,7 и 75,3 Дж/(моль. К), соответственно. Объясните, почему энтропия при замерзании уменьшается, хотя процесс - самопроизвольный.

**Билет № 12**

1. Основы физики лазеров. Открытый резонатор. Определение устойчивости резонатора. Типы резонаторов. Продольные и поперечные моды резонатора. Спектр лазерной генерации.

2. Как расположены молекулярные орбитали молекулы  $O_2$ ?

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

**Билет № 13**

1. Молекулярные лазеры. Волноводный  $CO_2$  лазер, его применение в кардиохирургии.

2. Генетический код, трансляция, посттрансляционная модификация.

3. Оцените разрешающую способность глаза, полагая диаметр зрачка  $d = 4$  мм,  $\lambda = 0.55$  мкм.

**Билет № 14**

1. Цепочки перемешивания (полиады) квантовых состояний в многоатомных биомолекулах. Большие молекулы – переход от дискретной структуры энергетических уровней к квазиконтинууму.

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

3. Концентрация ионов (ммоль/л) между двумя сторонами клеточной мембранны в мышце лягушки имеет следующие значения:  $Na$  (120 / 9,2),  $K$  (2,5 / 140),  $Cl$  (120 / 3–4), где цифры относятся к внешней / внутренней стороне мембранны, соответственно. Определить разность потенциалов на мембране в случае пассивного транспорта каждого типа ионов.

**Билет № 15**

1. Молекулярное (рэлеевское) рассеяние света. Аэрозольное рассеяние света.

2. Основные параметры вторичных структур белков.

3. Численность культуры бактерий при неограниченном питании за 5 часов увеличилась от  $2 \times 10^6$  до  $3 \times 10^8$  клеток. Каков интервал между последовательными делениями, если смертность отсутствует?

**Билет № 16**

1. Столкновительное уширение спектральных линий: физика классическая и квантовая.

2. Функции, строение и физические характеристики биомембран.

3. Построить на фазовой плоскости решение системы нелинейных дифференциальных уравнений (1)  $dx/dt = x - y$ ; (2)  $dy/dt = 1 - xy$ .

**Билет № 17**

1. Основы теории метаболического контроля: постулаты, теоремы, обобщения, принципиальные ограничения, альтернативные подходы.

2. Пространственное и электронное строение пептидной группы.

3. Рассчитать количество информации, закодированное последовательностью  $n$  нуклеотидов в цепи ДНК и в первичной структуре белка, состоящего из  $m$  аминокислот. Сделать оценку при  $n = 600$  и  $m = 200$ .