



Билеты государственного экзамена по магистерской программе  
“Квантовые и нелинейные колебательные системы”

*<sup>1</sup>Кафедра физики колебаний физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*

(Дата: 14 марта 2017 г.)

## Билет 1

1. Материальные уравнения электродинамики. Линейные и стационарные среды. Комплексная диэлектрическая проницаемость диэлектриков, металлов, полупроводников в различных частотных диапазонах.
2. Квантовые стандарты частоты. Цезиевый стандарт.
3. Объект представляет собой одномерную дифракционную решетку с коэффициентом пропускания  $t(x) = t_0 \left(1 + m \cos \frac{2\pi}{d} x\right)$ . Он освещается плоской световой волной с амплитудой  $\lambda$ . Получить выражение для распределения интенсивности света на выходе системы когерентной обработки информации, в которой полностью удаляется нулевая компонента оптического спектра. Как должен выглядеть пространственный фильтр в этом случае?

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*




## Билет 2

1. Дисперсия электромагнитных и акустических волн. Частотная и пространственная дисперсия. Фазовая и групповая скорости. Скорость переноса энергии.
2. Флуктуационно-диссипационная теорема.
3. Найти собственную частоту основной моды электромагнитных колебаний прямоугольного полого резонатора с идеально проводящими стенками. Размеры резонатора: 40 мм x 26 мм x 12 мм.

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*

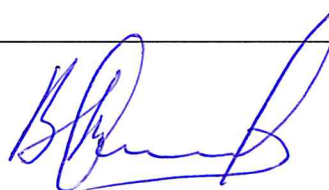


## Билет 3

1. Собственные колебания в электромагнитном резонаторе. Примеры собственных колебаний в прямоугольном резонаторе с металлическими стенками. Собственная и нагруженная добротности резонатора.
2. Спектральная плотность мощности флуктуаций, способы ее измерения. Спектральная плотность дробового шума. Дробовой шум в мезоскопических структурах.
3. Найти критическую частоту моды  $H_{20}$  полого прямоугольного волновода сечением 26 мм x 12 мм.

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*



## Билет 4

1. Собственные колебания в электромагнитном резонаторе. Примеры собственных колебаний в сферическом диэлектрическом резонаторе. Собственная и нагруженная добротности резонатора.
2. Квантовый шум в оптических системах. Сжатые состояния света.
3. Определить температуру доплеровского предела лазерного охлаждения атомов натрия (масса атома  $m_a = 4 \cdot 10^{-26}$  кг), если длина волны излучения, вызывающего резонансное возбуждение атома  $\lambda = 589$  нм, время жизни возбужденного состояния  $\tau = 16,2$  нс. Какую среднеквадратичную скорость имеют при этом атомы в ловушке?

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*

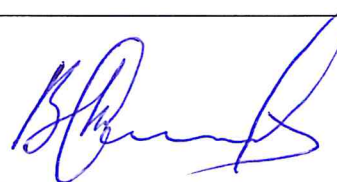


## Билет 5

1. Колебания в системах с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. График Вина. Связанные волны в волноводных системах. Пространственно-временная аналогия.
2. Методы визуализации фазовых объектов: метод темного поля, метод фазового контраста, акустооптический метод
3. Оптический резонатор состоит из двух одинаковых зеркал, имеющих коэффициент пропускания  $T = 9 \cdot 10^{-5}$  и коэффициент поглощения  $D = 1 \cdot 10^{-5}$ , разделенных расстоянием  $L = 1$  м. Определить время жизни фотона в резонаторе

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*



## Билет 6

1. Трехчастотное нелинейное взаимодействие волн в среде с сильной дисперсией. Приближение заданной волны накачки. Условия синхронизма. Регенеративное и нерегенеративное взаимодействие.
2. Планковские единицы основных физических величин. Их роль в современной физике.
3. Затухание световой волны ( $\lambda = 630$  нм в вакууме) в кварцевом оптоволокне составляет 3 дб/км. Какую добротность будет иметь оптический микрорезонатор с модами шепчущей галереи, изготовленного из материала этого волокна ( $n = 1,4$ ), если исключены все источники потерь, кроме потерь в материале?

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*

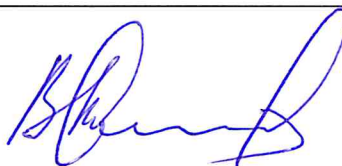


## Билет 7

1. Флуктуации в радиофизических системах. Корреляционные и спектральные характеристики шумового процесса. Теорема Винера-Хинчина.
2. Двухуровневая система. Частота биений Раби. Мазер.
3. Найти спектральную плотность мощности флуктуаций тока фотодиода с квантовым выходом равным 1, если на него подается лазерное излучение мощностью  $W = 1$  мВт и длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм.

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*




## Билет 8

1. Соотношение неопределенности. Роль обратного флуктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы.
2. Угловой спектр плоских волн. Пространственные частоты.
3. Время жизни фотона в оптическом резонаторе, состоящем из двух одинаковых зеркал, разделенных расстоянием  $L = 1$  м, составляет  $\tau = 60$  мкс. Определить резкость  $F$  резонатора.

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*

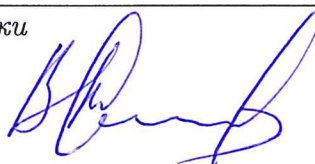


## Билет 9

1. Классическая теория информации. Связь между энтропией и информацией. Рост энтропии при классических вычислениях и связанная с ним диссипация энергии.
2. Пространственная фильтрация оптических изображений. Схема фильтрации по Аббэ.
3. Используя логику построения планковских единиц основных физических величин, определить «планковский электрический заряд».

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*

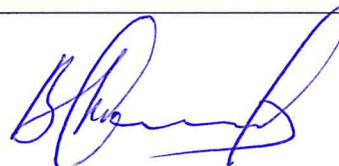


## Билет 10

1. “Переплетенные” квантовые состояния. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Гипотеза скрытых переменных. Неравенства Белла и их экспериментальная проверка.
2. Открытые оптические резонаторы, их характеристики и способы их возбуждения.
3. Используя флуктуационно-диссипационную теорему, вычислить спектральную плотность мощности флуктуационной силы, действующей на механическую пружину, имеющую коэффициент упругости (жесткость)  $K$  и коэффициент трения  $H$ .

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*

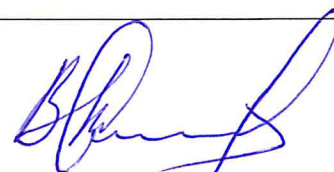


## Билет 11

1. Зонная диаграмма p-n перехода: в равновесии, при прямом и обратном смещении. ВАХ p-n перехода
2. Качественное описание принципа работы полупроводникового лазера. Материалы и диапазоны длин волн излучения полупроводниковых лазеров.
3. Оценить минимальное время задержки полевого транзистора с длиной канала  $l = 100$  нм, если сопротивление сток-исток составляет  $R = 40$  Ом, паразитная емкость подводящих проводов  $C = 0.1$  пФ, а максимальная возможная скорость свободных носителей заряда  $V = 10^7$  см/с.

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*



## Билет 12

1. Физический механизм усиления в полевом транзисторе. Дифференциальные сопротивления, крутизна. Простейшая схема усилителя.
2. Спектральная плотность мощности флуктуаций, способы ее измерения. Формула Найквиста для механической системы.
3. Падение напряжения на участке полупроводника длиной  $l = 1$  мм составляет  $U = 0.1$  В. Какова плотность тока  $I$  в кремнии, если концентрация донорной примеси в нем составляет  $N_d = 10^{16}$  см<sup>-3</sup>, а соотношение между скоростью  $V$  свободных носителей и напряженностью поля  $E$  линейно:  $V = \mu E$ , где  $\mu = 1450$  см<sup>2</sup>/(В·с) — подвижность электронов. Считать, что при комнатной температуре все электроны покинули донорные уровни и оказались в зоне проводимости.

---

*Зав. отделением радиофизики и электроники  
физического факультета МГУ,  
профессор В.А. Макаров*



A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to be 'B' and 'L'.

14 марта 2017 г.