Билет № 1.

1. Если при некоторой частоте отношение поперечных компонент электрического и магнитного полей в бегущей волне типа ТЕ, распространяющейся в идеальном пустом волноводе, равно 2, то фазовая скорость этой волны равна

1) $1{,}5\times10^{10}$ см/сек ; 2) 6×10^{10} см/сек ; 3) 3×10^{10} см/сек ; 4) 12×10^{10} см/сек .

2. Дисперсионное уравнение для низшей моды в пустом ($\varepsilon=\mu=1$) прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения a и b $(a>b)$ можно записать в виде

1) $h=\sqrt{(\omega/c)^2-(\pi/b)^2}$ 2) $\lambda_в=2\pi/h$ 3) $\omega^2=(\pi c/a)^2+h^2c^2$ 4) $k=\omega/c$

Обозначения: c – скорость света в вакууме, $\lambda_в$ – длина волны в волноводе, h – продольное волновое число, k – волновое число плоской волны в вакууме.

3. Собственные колебания в прямоугольном резонаторе с размерами ребер внутренней полости a, b, d могут происходить только на частотах

1) $\omega_{mnp}=c\pi\sqrt{(m/a)^2+(n/b)^2+(p/d)^2}$ 2) $\omega_{mnp}=c\pi\sqrt{(m/b)^2+(n/d)^2}$

3) $\omega_{mnp}=c\pi\sqrt{(m/a)^2+(n/d)^2}$ 4) $\omega_{mnp}=c\pi\sqrt{(m/a)^2+(n/b)^2}$

Здесь m, n, p – целые числа, одно из которых может быть равно нулю

4. В пустом (не заполненном никакой средой) металлическом прямоугольном резонаторе с размерами полости $a=\pi/3$ м, $b=\pi/4$ м, $d=\pi/5$ м некоторый заданный сторонний источник возбуждает **низшую моду** электромагнитных колебаний. При каком из четырех указанных ниже значений частоты ω этого источника запасенная в резонаторе колебательная энергия поля будет наибольшей?

1) $\omega=3\cdot10^8$ 1/с ; 2) $\omega=\pi\cdot10^8$ 1/с ; 3) $\omega=2\pi\cdot10^8$ 1/с ; 4) $\omega=15\cdot10^8$ 1/с

5. Волновое сопротивление линии передачи в терминах тока и напряжения равно

1) отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде тока в отраженной волне
2) отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде тока в падающей волне
3) нулю, если линия изготовлена из идеальных проводников
4) отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде напряжения в отраженной волне

6. Если импеданс нагрузки на конце линии равен удвоенному волновому сопротивлению линии, то амплитуда отраженной волны

1) втрое меньше амплитуды падающей
2) вдвое меньше амплитуды падающей
3) вдвое больше амплитуды падающей
4) равна амплитуде падающей

ВАРИАНТ 2

1. Что верно для главной (ТЕМ) волны в идеальной линии передачи без заполнения ($\varepsilon = \mu = 1$) ?

1) Длина волны не зависит от частоты.
2) Продольное волновое число равно нулю.
3) Критическая частота равна нулю.
4) Электрическое поле всюду параллельно магнитному

2. Переменный поверхностный электрический ток частоты ω равномерно распределен по плоскости поперечного сечения z = 0 прямоугольного волновода. Вектор плотности тока перпендикулярен узкой стенке волновода. Если частота тока $\omega < \omega_{кр}$ для **низшей** моды, то на большом расстоянии z от плоскости z = 0 поперечное распределение электрического поля $\vec{E}(x, y)$ внутри волновода

1) близко к однородному (повторяет распределение тока в сечении z = 0);
2) близко к полю моды TE_{11} ;
3) близко к полю низшей моды (TE_{10})
4) ~~близко к полю моды TE_{01} .~~

3. Собственная частота низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами ребер a, b, d ($a > b > d$) равна

1) $\omega = c\pi / d$
2) $\omega = c\pi / a$
3) $\omega = c\pi / \sqrt{a^2 + b^2}$
4) $\omega = c\pi\sqrt{(1/a)^2 + (1/b)^2}$.

4. При увеличении проводимости стенки пустого волновода в 4 раза длина затухания распространяющейся в нем волны

1) уменьшится в 2 раза;
2) не изменится;
3) увеличится в 2 раза;
4) увеличится в 4 раза.

5. Отношение амплитуды напряжения к амплитуде тока в линии передачи в любом сечении линии

1) равно волновому сопротивлению линии, если коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю
2) равно волновому сопротивлению, если линия на конце закорочена (импеданс нагрузки равен нулю)
3) равно волновому сопротивлению, если коэффициент отражения от нагрузки равен единице
4) тождественно равно нулю, если линия на конце закорочена, т.е. импеданс нагрузки равен нулю

6. Коэффициентом отражения от нагрузки на конце линии передачи называется

1) отношение напряжения на нагрузке к напряжению на входе линии
2) отношение амплитуды напряжения на нагрузке к амплитуде силы тока через нагрузку
3) отношение амплитуды тока в отраженной волне к амплитуде напряжения в падающей волне (обе величины определяются на конце линии)
4) отношение амплитуды напряжения в отраженной волне к амплитуде напряжения в падающей волне (обе величины определяются на конце линии)

Билет №3.

1. Дисперсионное уравнение для любой волны типа TE в пустом прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения a и b $(a > b)$ можно записать в виде

1) $\dfrac{\omega^2}{c^2} = h^2 + \left(\dfrac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\dfrac{n\pi}{b}\right)^2$; 2) $h = \sqrt{(\omega/c)^2 + (m\pi/a) + (n\pi/b)^2}$;

3) $\dfrac{\omega^2}{c^2} = h^2 + \left(\dfrac{\pi}{a}\right)^2$; 4) $h = \sqrt{(\omega/c)^2 - (m\pi/a)^2 - (n\pi/b)^2}$.

Обозначения: h – продольное волновое число, ω – круговая частота, m, n – произвольные целые числа, одно из которых может быть равно нулю.

2. В коаксиальной линии передачи с радусами проводников a и $b > a$, заполненной средой с проницаемостями ε =2, μ =2, возбуждена **низшая мода**, распространяющаяся в положительном направлении оси Z . В некоторый момент времени в сечении Z =0 фаза поля $\varphi = \varphi_0$. Найти фазу поля $\varphi = \varphi_1$ в тот же момент времени в сечении Z = 3 см ,

если частота волны $\omega = 5 \cdot 10^9$ (1/сек.)

1) $\varphi_1 = \varphi_0 - (a/b)$; 2) $\varphi_1 = \varphi_0 - 1$; 3) $\varphi_1 = \varphi_0 - (3b/a)$; 4) $\varphi_1 = \varphi_0 - \pi$

3. Силовые линии электрического поля низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами a, b, d при условии $a > b > d$ представляют собой

1) прямые, параллельные ребру d

2) прямые, параллельные ребру a ,

3) замкнутые кривые, лежащие в плоскостях, перпендикулярных ребру d

4) замкнутые кривые, лежащие в плоскостях, перпендикулярных ребру a

4. В прямоугольном резонаторе с размерами ребер 2 см, 3 см и 4 см, заполненном средой с проницаемостями $\varepsilon = \mu$ = 2, возбуждена **низшая** колебательная мода. Чему равен минимальный интервал между моментами времени, в которые ее электрическое и магнитное поля (сначала одно, а затем другое) достигают своих максимальных (по модулю) значений ?

1) 8×10^{-11} сек. ; 2) 0 сек.; 3) $2\pi \times 10^{-11}$ сек; 4) 4×10^{-10} сек.

5. Какое из нижеследующих утверждений, касающихся поверхностных волн, направляемых диэлектрической пластиной с проницаемостью $\varepsilon > 1$, **не** верно?

1) Существует мода, способная распространяться при сколь угодно низкой частоте.

2) Число распространяющихся мод растет с ростом частоты.

3) Пластина может направлять волны как TE, так и TM типов.

4) Фазовые скорости направляемых волн могут быть как больше, так и меньше скорости света в вакууме.

6. Волновое сопротивление двухпроводной линии передачи $Z_в$. Импеданс нагрузки на ее конце $Z_н$.
Амплитуда напряжения в падающей волне $V_{пад}$. Найти амплитуду напряжения $V_{отр}$ в отраженной волне

1) $V_{отр} = V_{пад} \dfrac{Z_н - Z_в}{Z_н + Z_в}$; 2) $V_{отр} = V_{пад} \dfrac{Z_н + Z_в}{Z_н - Z_в}$; 3) $V_{отр} = V_{пад} \dfrac{2Z_н}{Z_н + Z_в}$; 4) $V_{отр} = V_{пад} \dfrac{2Z_в}{Z_н + Z_в}$.

ВАРИАНТ 4

1. Что верно для низшей моды прямоугольного волновода с размерами поперечного сечения a и b ($a > b$)?

1) Поперечное волновое число равно π / b.

2) Электрическое и магнитное поля чисто поперечны.

3) Магнитное поле чисто поперечно.

4) Продольное волновое число равно $\sqrt{(\omega / c)^2 - (\pi / a)^2}$.

2. Длина плоской электромагнитной волны в вакууме равна 8 см. Для того чтобы волна той же частоты) могла распространяться в прямоугольном волноводе, заполненном однородной средой с проницаемостями $\varepsilon = \mu = 2$, необходимо и достаточно, чтобы хотя бы один из размеров его поперечного сечения был:

1) больше 2 см ; 2) меньше 4 см ; 3) больше 4 см ; 4) меньше 8 см .

3. Поле низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами a, b, d при условии $a > b > d$

1) не зависит от координаты, параллельной ребру d

2) не зависит от координаты, параллельной ребру b

3) не зависит ни от одной из трех координат

4) зависит от всех трех координат

4. Период собственных колебаний некоторой моды пустого идеального резонатора равен T. Если резонатор заполнить слабо поглощающей однородной средой с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 1 - is$, где s << 1, то амплитуда колебаний этой моды будет уменьшаться в e раз за время, приблизительно равное

1) $T / (2 \pi s)$; 2) T/s^2 ; $\boxed{3)\ T / (\pi s)\ ;}$ 4) $\cancel{Ts}$

5. Двухпроводная линия передачи подключена одним концом к генератору переменного напряжения, к другому ее концу подключена нагрузка – сопротивление величиной 100 Ом. Если известно, что амплитуда напряжения в падающей волне (бегущей от генератора к нагрузке) равна 120 Вольт, а ее отношение к амплитуде силы тока в этой же бегущей волне равно 50 Ом, то амплитуда напряжения в отраженной волне (бегущей от нагрузки к генератору) равна

1) 20 Вольт; 2) 40 Вольт ; 3) 60 Вольт; 4) 80 Вольт.

6. Знание дифференциального сечения рассеяния тела с характерным размером L для всех направлений в пространстве позволяет найти величину электрического поля рассеянной телом волны с волновым числом k на расстояниях от тела r , удовлетворяющих одному из следующих наборов неравенств (какому именно?)

1) $kr >> 1,\ r >> L,\ r >> kL^2$; 2) $kr >> 1,\ r >> L,\ kr^2 >> L$;

3) $kr >> 1,\ r >> kL^2$; 4) $r >> kL^2,\ r >> L$.

Билет №5. Запрялов А.Е. (Время выполнения 30 минут)

1. В коаксиальной линии передачи с радиусами проводников a и $b>a$, заполненной средой с проницаемостями $\varepsilon=2$, $\mu=2$, возбуждена **низшая мода**, распространяющаяся в положительном направлении оси Z. В некоторый момент времени в сечении Z =0 фаза поля $\varphi=\varphi_0$. Найти фазу поля $\varphi=\varphi_1$ в тот же момент времени в сечении Z = 3 см, если частота волны $\omega=5\cdot10^9$ (1/сек.)

1) $\varphi_1=\varphi_0-(a/b)$; $\boxed{2)\ \varphi_1=\varphi_0-1;}$ 3) $\varphi_1=\varphi_0-3(b/a)$; 4) $\varphi_1=\varphi_0-\pi$

2. Какое из записанных ниже уравнений для векторного потенциала в вакууме **не верно** при указанных рядом с этим уравнением условии?

1) $\Delta\vec{A}-\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2}=0$, если токи отсутствуют, а зависимость $\vec{A}(t)$ произвольная;

2) $\Delta\vec{A}+k^2\vec{A}=0$, если токи отсутствуют и зависимость $\vec{A}(t)\sim\exp(i\omega t)$ $(k=\omega/c)$;

3) $\Delta\vec{A}+k^2\vec{A}=-\dfrac{4\pi}{c}\vec{j}$, если $\vec{A}(t)\sim\exp(i\omega t)$, $k=\omega/c)$, $\vec{j}$ – плотность тока;

$\boxed{4)\ \Delta\vec{A}+\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2}=0\text{, если токи отсутствуют, а зависимость }\vec{A}(t)\text{ произвольная.}}$

3. Как изменяются собственные частоты всех мод полого резонатора с идеально проводящими стенками при его заполнении однородной средой с диэлектр.проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ

$\boxed{1)\text{ Уменьшаются в }\sqrt{\varepsilon\mu}\text{ раз.}}$ 2) Увеличиваются в $\sqrt{\mu/\varepsilon}$ раз.

3) Увеличиваются в $\sqrt{\varepsilon\mu}$ раз. 4) Не изменяются.

4. В идеальном прямоугольном резонаторе, заполненном однородной слабо поглощающей средой с проницаемостями ε и μ (без временной дисперсии), возбуждена низшая мода. Размеры ребер резонатора a, b и d. Максимальная полная энергия магнитного поля, достигающаяся в процессе колебаний, равна W_m. Найти максимальную амплитуду электрического поля $|E|_m$. Ответы:

$\boxed{1)\ |E|_m=\sqrt{8\pi W_m/(\mu abd)}\ ;}$ 2) $|E|_m=\sqrt{32\pi W_m/(\varepsilon abd)}$;

3) $|E|_m=\sqrt{32\pi W_m\mu/(\varepsilon abd)}$; 4) $|E|_m=\sqrt{8\pi W_m\varepsilon\mu/(abd)}$.

5. Коэффициент отражения от нагрузки на конце линии передачи равен нулю, если известно, что

1) импеданс нагрузки равен нулю; $\boxed{\text{2) импеданс нагрузки равен волновому сопротивлению линии;}}$

3) импеданс нагрузки равен бесконечности; 4) волна в линии является стоячей

6. Поверхностная плотность электрического тока, наведенного на искривленной поверхности идеального проводника падающей на него плоской волной, определяется формулой $\vec{i}_{пов}=\dfrac{c}{2\pi}\left[\vec{H},\vec{n}\right]$, которая приближенно верна, если

1) волновой вектор падающей волны $\vec{k}\parallel\vec{n}$; 2) вектор $\vec{H}$ перпендикулярен $\vec{n}$;

$\boxed{3)\text{ радиус кривизны поверхности }R\gg\lambda;}$ 4) радиус кривизны поверхности $R\ll\lambda$.

Билет № 6.

1. Что **не верно** ?

1) Поперечное волновое число TEM волны в коаксиальной линии равно π / a, где a – радиус внешнего проводника.

2) Поперечное волновое число низшей моды в пустом прямоугольном волноводе равно π / a, где a – больший размер поперечного сечения волновода.

3) Фазовая скорость низшей моды в пустом прямоугольном волноводе больше скорости света c.

4) Фазовая скорость волны типа TEM в коаксиальной линии без диэлектрического заполнения не зависит от частоты.

2. Двумерное уравнение Гельмгольца $\Delta_{\perp}\psi + \kappa^2\psi = 0$ для области, ограниченной снаружи замкнутым контуром L с заданным на нем граничном условии $\psi = 0$, имеет решение, **не равное тождественно нулю,**

1) при любом κ и любой форме контура L, 2) при любой форме контура, если $\kappa = 0$,

3) при дискретных значениях κ, зависящих от формы и размеров контура,

4) при любом κ, если контур имеет форму круга или прямоугольника.

3. Сторонний переменный электрический ток равномерно распределен по объему внутренней полости прямоугольного резонатора с размерами ребер $a > b > d$. Если вектор плотности тока параллелен ребру с размером d, то первый (в направлении увеличения частоты) резонансный пик на кривой $W(\omega)$, изображающей зависимость запасенной в резонаторе энергии W от частоты заданного тока ω, располагается на частоте

1) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{a^{-2} + d^{-2}}$; 2) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{a^{-2} + b^{-2}}$; 3) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{a^{2} + b^{2}}$; 4) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{b^{-2} + d^{-2}}$.

4. Объем внутри пустого прямоугольного резонатора ($0 \le x \le a$, $0 \le y \le b$, $0 \le z \le L$) с размерами ребер $a < b < L$ ограничен идеально проводящими стенками. Зависимость компоненты поля E_x собственных колебаний низшей моды этого резонатора от времени t и координат x, y, z:

1) $E_x \sim \cos(\omega t)\sin(\pi x / a)\sin(\pi y / b)$, 2) $E_x \sim \cos(\omega t)\sin(\pi z / L)$,

3) $E_x \sim \cos(\omega t - \pi z / L)$, 4) $E_x \sim \cos(\omega t)\sin(\pi z / L)\sin(\pi y / b)$.

5. Коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю, если известно, что

1) импеданс нагрузки равен нулю; 2) волна в линии является стоячей;

3) импеданс нагрузки равен бесконечности;

4) импеданс в любом поперечном сечении линии не зависит от расстояния до нагрузки

6. Амплитуда напряжения в падающей волне, запущенной в идеальную двухпроводную линию равна V_0. Линия находится в вакууме и на конце закорочена (ее концы соединены идеальным проводником. При удалении от конца в направлении навстречу падающей волне амплитуда напряжения нарастает и на расстоянии от конца 6 см достигает величины $2V_0$. Чему равна частота волны ω ?

1) $\omega = \pi \cdot 10^{10}/2$ (1/c), 2) $\omega = \pi \cdot 10^{10}/4$ (1/c), 3) $\omega = \pi \cdot 10^{10}/6$ (1/c), 4) $\omega = \pi \cdot 10^{10}/8$ (1/c)

Билет № 7.

1. Прямоугольный волновод возбуждается расположенным внутри него элементарным диполем с переменным дипольным моментом. Поперечные размеры волновода по осям x и y равны соответственно 4 см и 2 см. Диполь возбуждает в волноводе (в числе других) моду TE_{20}, если он располагается

1) перпендикулярно более широкой стенке волновода на расстоянии 1 см от узкой стенки;

2) перпендикулярно более широкой стенке на расстоянии 2 см от узкой стенки.

3 перпендикулярно более узкой стенке на расстоянии 2 см от нее.

4) параллельно продольной оси волновода на расстоянии 1 см от узкой стенки.

2. Критическая длина волны для низшей моды пустого прямоугольного волновода с размерами поперечного сечения 3 см и 2 см равна

1) 2 см; 2) 4 см; 3) 6 см ; 4) 8 см.

3. Если амплитуда электрического поля TEM волны на центральном проводнике коаксиальной линии с радиусами проводников 2 см и 4 см равна 12 В/ см, то на наружном проводнике она равна

1) 3 В/см; 2) 4 В/ см; 3) 6 В/см ; 4) 12 В/см .

4. В пустом прямоугольном резонаторе с размерами ребер $a > b > d$ частота низшей моды равна

1) $\pi c\,[a^{-2} + d^{-2}]^{1/2}$; 2) $\pi c\,[d^{-2} + b^{-2}]^{1/2}$; 3) $\pi c\,[a^{-2} + b^{-2} + d^{-2}]^{1/2}$; 4) $\pi c\,[a^{-2} + b^{-2}]^{1/2}$.

5. Вдоль плоской диэлектрической пластины, расположенной в вакууме, могут распространяться поверхностные волны, фазовые скорости которых

1) всегда больше скорости света в вакууме c, 2) всегда меньше c,

3) меньше c только для волн типа TM, 4) меньше c только для волн типа TE.

6. На тело, характеризуемое для некоторого заданного направления рассеяния величиной дифференциального сечения рассеяния 400 м^2 , падает в вакууме плоская электромагнитная волна с амплитудой электрического поля 100 В/cm. Чему равна амплитуда электрического поля волны, рассеиваемой телом в данном направлении в дальней зоне на расстоянии 100 км от этого тела?

1) 0,05 В/см ; 2) 0,04 В/см ; 3) 0,03 В/с ; 4) 0,02 В/см

Билет № 8.

1. В коаксиальной линии передачи с радиусами проводников a и $b>a$, заполненной средой с проницаемостями $\varepsilon=4$, $\mu=1$, возбуждена **низшая мода**, распространяющаяся в + Z направлении. В некоторый момент времени в сечении Z =0 фаза поля $\varphi=\varphi_0$. Найти фазу поля $\varphi=\varphi_1$ в тот же момент времени в сечении Z = 6 см , если частота волны $\omega=5\cdot10^9$ (1/сек.)

1) $\varphi_1 = \varphi_0-(a/b)$; 2) $\varphi_1 = \varphi_0-\pi$; 3) $\varphi_1 = \varphi_0-2$; 4) $\varphi_1 = \varphi_0-1$

2. В пустом прямоугольном резонаторе с размерами ребер 2 см, 3 см и 4 см возбуждена **низшая** колебательная мода. Чему равен интервал между моментами времени, в которые ее электрическое и магнитное поля (сначала одно, а затем другое) достигают своих максимальных (по модулю) значений ?

1) 10^{-11} сек. ; 2) 2×10^{-11} сек.; 3) 3×10^{-11} сек; 4) 4×10^{-11} сек.

3. Чему равна длина поверхностной волны λ, распространяющейся вдоль диэлектрической пластины, расположенной в вакууме, если частота волны равна ω и известно, что в точке, лежащей вне пластины на расстоянии L от ее ближайшей границы, амплитуда поля в e раз меньше, чем на самой этой границе?

1) $\lambda=2\pi/\sqrt{(\omega/c)^2-(1/L)^2}$; 2) $\lambda=2\pi c/\omega$;
3) $\lambda=2\pi/\sqrt{(\omega/c)^2+(1/L)^2}$; 4) $\lambda=L-c/\omega$.

4. Переменный поверхностный электрический ток частоты ω равномерно распределен по плоскости поперечного сечения z = 0 прямоугольного волновода. Вектор плотности тока перпендикулярен узкой стенке волновода. Если частота тока $\omega<\omega_{кр}$ для **низшей** моды TE_{10}, то на большом расстоянии z от плоскости z = 0 поперечное распределение электрического поля $\vec{E}(x,y)$ внутри волновода

1) близко к однородному (повторяет распределение тока в сечении z = 0);

2) близко к полю низшей моды (TE_{10}) 3) близко к полю моды TE_{11} ; 4) близко к полю моды TE_{01} .

5. При увеличении проводимости стенки пустого волновода в 4 раза длина затухания распространяющейся в нем волны

1) уменьшится в 2 раза; 2) не изменится
3) увеличится в 2 раза; 4) увеличится в 4 раза.

6. Знание дифференциального сечения рассеяния тела с характерным размером L для всех направлений в пространстве позволяет найти величину электрического поля рассеянной телом волны с волновым числом k на расстояниях от тела r, удовлетворяющих одному из следующих наборов неравенств (какому именно?) (предполагается, что в поле рассеянной волны отсутствуют мультиполи высокого порядка)

1) $kr >> 1$, $r >> L$, $r >> kL^2$; 2) $kr >> 1$, $r >> L$, $kr^2 >> L$;

3) $kr >> 1$, $r >> kL^2$; 4) $r >> kL^2$, $r >> L$.

Билет № 9.

1. Если при некоторой частоте отношение поперечных компонент электрического и магнитного полей в бегущей волне типа ТЕ, распространяющейся в идеальном пустом волноводе, равно 2, то фазовая скорость этой волны равна

1) $1{,}5\times10^{10}$ см/сек ; 2) 6×10^{10} см/сек ; 3) 3×10^{10} см/сек ; 4) 12×10^{10} см/сек .

2. Период собственных колебаний некоторой моды пустого идеального резонатора равен T. Если резонатор заполнить слабо поглощающей однородной средой с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 1 - i\,s$, где $s <<$ 1, то амплитуда колебаний этой моды будет уменьшаться в e раз за время,

приблизительно равное

1) $T/(2\pi s)$; 2) T/s^2 ; 3) $T/(\pi s)$; 4) Ts .

3. Какое из нижеследующих утверждений, касающихся поверхностных волн, направляемых диэлектрической пластиной с проницаемостью $\varepsilon > 1$, **не** верно?

1) Существует мода, способная распространяться при сколь угодно низкой частоте.

2) Число распространяющихся мод растет с ростом частоты.

3) Пластина может направлять волны как ТЕ, так и ТМ типов.

4) Фазовые скорости направляемых волн могут быть как больше, так и меньше скорости света в вакууме.

4. В идеальном прямоугольном резонаторе, заполненном однородной слабо поглощающей средой с проницаемостями ε и μ (без временной дисперсии), возбуждена низшая мода. Размеры ребер резонатора a , b и d. Максимальная полная энергия магнитного поля, достигающаяся в процессе колебаний, равна W_m . Найти максимальную амплитуду электрического поля |E|max . Ответы:

1) $|E|\max = \sqrt{32\pi W_m/(\varepsilon abd)}$; 2) $|E|\max = \sqrt{8\pi W_m/(\mu abd)}$;

3) $|E|\max = \sqrt{32\pi W_m/(\varepsilon\mu abd)}$; 4) $|E|\max = \sqrt{8\pi W_m\mu/(\varepsilon abd)}$.

5. Если волновое сопротивление двухпроводной линии передачи не равно импедансу нагрузки, подключенной к ее концу, то отношение напряжения к току на входе этой линии совпадает с отношением напряжения к току на нагрузке, если длина линии L (расстояние от входа до нагрузки) равна 1) $\frac{3}{4}\lambda$; 2) $\frac{1}{8}\lambda$;

3) $\frac{1}{4}\lambda$; 4) $\frac{1}{2}\lambda$; (λ – длина волны в линии).

6. Поверхностная плотность электрического тока, наведенного на искривленной поверхности идеального проводника падающей на него плоской волной, приближенно определяется формулой $\vec{i}_{пов} = \frac{c}{2\pi}\left[\vec{H}_{пад}, \vec{n}\right]$,

если

1) радиус кривизны поверхности $R >> \lambda$; 2) вектор $\vec{H}_{пад}$ перпендикулярен $\vec{n}$;

3) волновой вектор падающей волны $\vec{k} \parallel \vec{n}$; 4) радиус кривизны поверхности $R << \lambda$.

Обозначения: $\vec{n}$ – вектор единичной нормали к поверхности, $\vec{H}_{пад}$ – напряженность магнитного поля в падающей волне, λ – длина волны.

Билет № 10.

1. Длина плоской электромагнитной волны в вакууме равна 8 см. Для того чтобы эта волна (при той же частоте) могла распространяться в прямоугольном волноводе, заполненном однородной средой с проницаемостями $\varepsilon = \mu = 2$, необходимо, чтобы хотя бы один из размеров его поперечного сечения был

1) больше 2 см ; 2) меньше 4 см ; 3) больше 4 см ; 4) меньше 8 см .

2. Сторонний переменный электрический ток равномерно распределен по объему внутренней полости прямоугольного резонатора с размерами ребер $a < b < d$. Если вектор плотности тока **параллелен наименьшему ребру (с размером a)**, то первый (в направлении увеличения частоты) резонансный пик на кривой $W(\omega)$, изображающей зависимость запасенной в резонаторе энергии W от частоты заданного тока ω, располагается на частоте

1) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{a^{-2} + d^{-2}}$; 2) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{a^{-2} + b^{-2}}$;

3) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{a^{2} + b^{2}}$; 4) $\omega_{рез} = c\pi\sqrt{b^{-2} + d^{-2}}$.

3. Двухпроводная линия передачи подключена одним концом к генератору переменного напряжения, к другому ее концу подключена нагрузка – сопротивление величиной $R = 100$ Ом. Если известно, что амплитуда напряжения в падающей волне (бегущей от генератора к нагрузке) равна 120 Вольтам, а ее отношение к амплитуде силы тока в этой же бегущей волне равно 50 Ом, то амплитуда напряжения в отраженной волне (бегущей от нагрузки к генератору) равна

1) 20 Вольт; 2) 40 Вольт ; 3) 60 Вольт; 4) 80 Вольт.

4. В волне, распространяющейся вдоль оси z в идеальной линии передачи, циркуляция вектора напряженности электрического поля по замкнутому контуру, лежащему внутри этого волновода в плоскости его **продольного** сечения, равна нулю

1) только для волн типа TEM

2) только для волн типов TE и TM

3) для всех указанных типов волн

4) ни для какого из указанных типов волн.

5. Какое из записанных ниже уравнений для векторного потенциала в вакууме **не верно** ?

1) $\Delta \vec{A} - \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0$, если токи отсутствуют, а зависимость $\vec{A}(t)$ произвольная;

2) $\Delta\vec{A} + k^2\vec{A} = 0$, если токи отсутствуют и зависимость $\vec{A}(t) \sim \exp(i\omega t)$ $(k = \omega/c)$;

3) $\Delta \vec{A} + \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0$, если токи отсутствуют, а зависимость $\vec{A}(t)$ произвольная;

4) $\Delta\vec{A} + k^2\vec{A} = -\dfrac{4\pi}{c}\vec{j}$, если $\vec{A}(t) \sim \exp(i\omega t)$, $k = \omega/c)$, $\vec{j}$ – плотность тока.

6. Фазовая скорость низшей моды пустого прямоугольного волновода с размерами $a > b$ равна

1) $V_{фаз} = \omega/\sqrt{(\omega/c)^2 - (\pi/a)^2 - (\pi/b)^2}$, 3) $V_{фаз} = \omega/\sqrt{(\omega/c)^2 + (\pi/a)^2 + (\pi/b)^2}$,

2) $V_{фаз} = \omega/\sqrt{(\omega/c)^2 - (\pi/a)^2}$, 4) $V_{фаз} = \omega/\sqrt{(\omega/c)^2 - (\pi/b)^2}$,

Билет № 12.

<table>
<tr>
<td>

1. Дисперсионное уравнение для любой волны типа TM в пустом прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения a и b $(a > b)$ можно записать в виде

1) $\frac{\omega^2}{c^2} = h^2 + \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{b}\right)^2$

2) $h = \sqrt{(\omega/c)^2 - (m\pi/a)^2 - (n\pi/b)^2}$

3) $h = \sqrt{(\omega/c)^2 + (m\pi/a) + (n\pi/b)^2}$

4) $\frac{\omega^2}{c^2} = h^2 + \left(\frac{\pi}{a}\right)^2$

Обозначения: h – продольное волновое число, ω – круговая частота, m, n, p – произвольные целые числа

</td>
<td>

2. Что **не** верно ?

1) Поперечное волновое число низшей моды в пустом прямоугольном волноводе равно π / a, где a – больший размер поперечного сечения волновода.

2) Фазовая скорость низшей моды в пустом прямоугольном волноводе больше скорости света c.

3) Фазовая скорость волны типа TEM в

коаксиальной линии без диэлектрического заполнения не зависит от частоты.

4) Поперечное волновое число TEM волны в коаксиальной линии равно π / a, где a – радиус внешнего проводника.

</td>
</tr>
<tr>
<td>

3. Собственная частота низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами ребер a, b, d ($a > b > d$) равна

1. $\omega = c\pi / d$

2. $\omega = c\pi / \sqrt{a^2 + b^2}$

3. $\omega = c\pi\sqrt{(1/a)^2 + (1/b)^2}$

4. $\omega = c\pi / a$

</td>
<td>

4. Поле низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами a, b, d при условии $a > b > d$

1) не зависит от координаты, параллельной ребру b

2) не зависит от координаты, параллельной ребру d

3) не зависит ни от одной из трех координат

4) зависит от всех трех координат

</td>
</tr>
<tr>
<td>

5. Отношение амплитуды напряжения к амплитуде тока в линии передачи в любом сечении линии

1) равно волновому сопротивлению линии, если коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю

2) равно волновому сопротивлению, если линия на конце закорочена (импеданс нагрузки равен нулю)

3) равно волновому сопротивлению, если коэффициент отражения от нагрузки равен единице

4) тождественно равно нулю, если линия на конце закорочена, т.е. импеданс нагрузки равен нулю

</td>
<td>

6. Коэффициентом отражения от нагрузки на конце линии передачи называется

1) отношение напряжения на нагрузке к напряжению на входе линии

2) отношение амплитуды напряжения на нагрузке к амплитуде силы тока через нагрузку

3) отношение амплитуды напряжения в отраженной волне к амплитуде напряжения в падающей волне (обе величины определяются на конце линии)

4) отношение амплитуды тока в отраженной волне к амплитуде напряжения в падающей волне (обе величины определяются на конце линии)

</td>
</tr>
</table>

Билет № 13. Соловьёв И.А. (Время выполнения 20 минут)

1. Что верно для низшей моды прямоугольного волновода с размерами поперечного сечения a и b ($a > b$)?

1) Продольное волновое число равно $\sqrt{(\omega/c)^2 - (\pi/a)^2}$.

2) Поперечное волновое число равно π/b.

3) Электрическое и магнитное поля чисто поперечны.

4) Магнитное поле чисто поперечно.

2. Двумерное уравнение Гельмгольца $\Delta_{\perp}\psi + \kappa^2\psi = 0$ для области, ограниченной замкнутым контуром L с заданным на нем граничном условии $\psi = 0$, имеет решение, не равное тождественно нулю,

1) при любом κ и любой форме контура L

2) при дискретных значениях κ, зависящих от формы контура

3) при любой форме контура, если $\kappa = 0$

4) при любом κ, если контур имеет форму круга или прямоугольника

3. Как изменяются собственные частоты всех мод полого резонатора с идеально проводящими стенками при его заполнении однородной средой с диэлектрической проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ?

1. Увеличиваются в $\sqrt{\mu/\varepsilon}$ раз.

2. Увеличиваются в $\sqrt{\varepsilon\mu}$ раз.

3. Уменьшаются в $\sqrt{\varepsilon\mu}$ раз.

4. Не изменяются, если резонатор представляет собой отрезок волновода.

4. Объем внутри пустого прямоугольного резонатора ($0 \le x \le a$, $0 \le y \le b$, $0 \le z \le L$) с размерами ребер $a < b < L$ ограничен идеально проводящими стенками. Зависимость компоненты поля E_x собственных колебаний низшей моды этого резонатора от времени t и координаты z:

1. $E_x \sim \cos(\omega t)\exp(-\omega t)\sin(\pi z / L)$

2. $E_x \sim \cos(\omega t - \pi z / L)$

3. $E_x \sim \cos(\omega t)\cos(\pi z / L)$

4. $E_x \sim \cos(\omega t)\sin(\pi z / L)$

5. Волновое сопротивление линии передачи в терминах тока и напряжения равно

1) отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде напряжения в отраженной волне

2) отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде тока в падающей волне

3) отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде тока в отраженной волне

4) нулю, если линия изготовлена из идеальных проводников

6. Коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю, если известно, что

1) импеданс нагрузки равен нулю

2) импеданс нагрузки равен бесконечности

3) волна в линии является стоячей

4) импеданс во всех поперечных сечениях линии равен волновому сопротивлению линии $Z_в$

Ответ

1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	2	4

Билет № 14.

1. Дисперсионное уравнение для любой волны типа TM в пустом прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения a и b $(a>b)$ можно записать в виде 1) $\frac{\omega^2}{c^2}=h^2+\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2+\left(\frac{n\pi}{b}\right)^2+\left(\frac{p\pi}{b}\right)^2$ 2) $h=\sqrt{(\omega/c)^2-(m\pi/a)^2-(n\pi/b)^2}$ 3) $h=\sqrt{(\omega/c)^2+(m\pi/a)+(n\pi/b)^2}$ 4) $\frac{\omega^2}{c^2}=h^2+\left(\frac{\pi}{a}\right)^2$ Обозначения: h – продольное волновое число, ω – круговая частота, m, n, p – произвольные целые числа	**2.** Что **не** верно ? 1) Поперечное волновое число низшей моды в пустом прямоугольном волноводе равно π/a, где a – больший размер поперечного сечения волновода. 2) Фазовая скорость низшей моды в пустом прямоугольном волноводе больше скорости света c. 3) Фазовая скорость волны типа ТЕМ в коаксиальной линии без диэлектрического заполнения не зависит от частоты. 4) Поперечное волновое число ТЕМ волны в коаксиальной линии равно π/a, где a – радиус внешнего проводника.
3. Собственная частота низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами ребер a, b, d ($a>b>d$) равна 1. $\omega=c\pi/d$ 2. $\omega=c\pi\sqrt{a^{-2}+b^{-2}}$ 3. $\omega=c\pi/a$ 4. $\omega=c\pi\sqrt{(1/a)^2+(1/b)^2+(1/d)^2}$,	**4.** Поле низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами a,b,d при условии $a>b>d$ 1) не зависит от координаты, параллельной ребру b 2) не зависит от координаты, параллельной ребру d 3) не зависит ни от одной из трех координат 4) зависит от всех трех координат
5. Отношение амплитуды напряжения к амплитуде тока в линии передачи в любом сечении линии 1) равно волновому сопротивлению линии, если коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю 2) равно волновому сопротивлению, если линия на конце закорочена (импеданс нагрузки равен нулю) 3) равно волновому сопротивлению, если коэффициент отражения от нагрузки равен единице 4) тождественно равно нулю, если линия на конце закорочена, т.е. импеданс нагрузки равен нулю	**6.** Коэффициентом отражения от нагрузки на конце линии передачи называется 1) отношение напряжения на нагрузке к напряжению на входе линии 2) отношение амплитуды напряжения на нагрузке к амплитуде силы тока через нагрузку 3) отношение амплитуды тока в отраженной волне к амплитуде напряжения в падающей волне (обе величины определяются на конце линии) 4) отношение амплитуды напряжения в отраженной волне к амплитуде напряжения в падающей волне (обе величины определяются на конце линии)