1 Запись функции, определяющей зависимость полей и векторных потенциалов гармонической плоской волны в линии передачи от времени t и продольной координаты z. Понятия частоты, временного периода, продольного волнового числа, длины волны, фазовой и групповой скорости.

$\{\vec{E},\vec{H}\} = \{\vec{E_0},\vec{H_0}\}e^{i(wt-hz)}$, $\vec{A}^{e,m} = \vec{z_0}\psi^{e,m}(r_\perp)e^{-ihz}$
ψ - произвольная скалярная функция(амплитуда векторного потенциала), $(wt - hz)$ - фаза
$\varkappa^2 = k^2 - h^2$ - поперечное волновое число, $k = \frac{w}{c}\sqrt{\mu\varepsilon}$ - волновое число в среде, h - продольное волновое число.
$T = \frac{2\pi}{w}, \lambda_в = \frac{2\pi}{h}, V_ф = \frac{w}{h}, V_{гр} = \frac{dw}{dh}$. Для волновода без заполнения $V_ф V_{гр} = c^2$. $V_{гр} \le c$.

2 Волновое уравнение для векторного потенциала в отсутствие источников при произвольной и гармонической зависимости от времени. Дифференциальное уравнение для скалярных поперечных волновых функций $\Psi^{(e),(m)}(r_\perp)$, определяющих зависимость полей в линии передачи от поперечных координат. Понятие поперечного волнового числа.

$$\Delta\vec{A} - k^2\vec{A} = 0, \Delta = \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \Delta_\perp, \Delta_\perp = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \frac{\partial^2}{\partial z^2} = -h^2.$$

При гармонической зависимости от t: $\Delta\vec{A_\perp} - (k^2 - h^2)\vec{A} = 0$. **или каппа?**
Решение: $\vec{a}^{e,m} = \vec{z_0}\psi^{e,m}(r_\perp)e^{-ihz}$ (в отсутствии сторонних источников);
TE($E_z = 0$): $\Delta_\perp\psi^m + \varkappa^2\psi^m = 0$;
TM($H_z = 0$): $\Delta_\perp\psi^e + \varkappa^2\psi^e = 0$;
TEM($E_z = 0$): $\Delta_\perp\psi = 0$.
$\varkappa^2 = k^2 - h^2$ - поперечное волновое число.
$\varkappa_n = \sqrt{\frac{w^2}{c^2}\mu\varepsilon + h_n^2}, n = 0, 1, 2, ...$ - номер моды.

3 Понятие о TE, TM и TEM волнах. Импедансная связь поперечных компонент полей. Определение поперечного волнового импеданса.

$\{\vec{H},\vec{E}\} = \vec{z_0}\{H_z, E_z\} + \{\vec{H_\perp},\vec{E_\perp}\}$

TE($H_z = 0$)
$$\left.\begin{aligned} E_z &= \frac{\varkappa^2}{ik_0\varepsilon\mu}\psi^e \\ \vec{E_\perp} &= \frac{-h}{k_0\varepsilon\mu}\nabla_\perp\psi^e \\ \vec{H_\perp} &= \frac{1}{\mu}[\nabla_\perp\psi^e, \vec{z_0}] \end{aligned}\right\} e^{i(wt-hz)}$$

TM($E_z = 0$)
$$\left.\begin{aligned} H_z &= \frac{\varkappa^2}{ik_0\varepsilon\mu}\psi^m \\ \vec{H_\perp} &= \frac{-h}{k_0\varepsilon\mu}\nabla_\perp\psi^m \\ \vec{E_\perp} &= \frac{1}{\varepsilon}[\nabla_\perp\psi^m, \vec{z_0}] \end{aligned}\right\} e^{i(wt-hz)}$$

TEM($E_z = H_z = 0$)
$$\left.\begin{aligned} \vec{E_\perp} &= -\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}\nabla_\perp\psi \\ \vec{H_\perp} &= \frac{1}{\mu}[\nabla_\perp\psi, \vec{z_0}] \end{aligned}\right\} e^{i(wt-hz)}$$

$E_\perp = \zeta_\perp[\vec{H_\perp}, \vec{z_0}]$ - импедансная связь
Поперечный импеданс($\zeta_\perp$):

TE	TM	TEM
$\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{k}{h}$	$\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{k}{h}$	$\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$

4 Граничные условия для полей и поперечных волновых функций $\Psi^{(e)}$ и $\Psi^{(m)}$ в линиях передачи с идеально проводящими границами. Математическая формулировка задачи отыскания собственных волн различных типов в идеальной линии.

$E_\tau = 0, H_n = 0$ - Г. У.

TE:
$$\begin{cases} \Delta_\perp\psi^m + \varkappa^2\psi^m = 0 \\ \frac{\partial\psi^m}{\partial n}|_L = 0 \text{ - условие Дирихле} \end{cases}$$

TM:
$$\begin{cases} \Delta_\perp\psi^e + \varkappa^2\psi^e = 0 \\ \frac{\partial\psi^e}{\partial n}|_L = 0 \text{ - условие Неймана} \end{cases}$$

TEM:
$$\begin{cases} \Delta_\perp\psi = 0 \\ \psi = const_i|_{L_i} \end{cases}$$

5 Дисперсионное уравнение для волн в идеальных линиях. Понятие критической частоты и критической длины волны. Графики зависимости полей от продольной координаты в различные моменты времени при частотах, больших или меньших критической. Зависимости длины волны, фазовой и групповой скорости в линии передачи от частоты.

6 В каких линиях могут существовать главные (TEM) волны? Поля TEM волны в коаксиальной линии (форма силовых линий и зависимость от координат).

7 Спектр поперечных волновых чисел прямоугольного волновода. Низшая мода (поперечное волновое число, графики поля, картина силовых линий). Низшая мода круглого волновода (поперечное волновое число, картина силовых линий).

8 Причины затухания волн в линиях передачи. Описание затухания, обусловленного потерями энергии в заполняющей среде. Графики зависимости поля в линии передачи с потерями от продольной координаты в различные моменты времени.

9 Описание главных волн в линиях передачи в терминах тока и напряжения: определения величин тока и напряжения, погонной емкости и индуктивности, определения волнового сопротивления, импеданса нагрузки, импеданса в любом сечении линии с произвольной нагрузкой на конце.

10 Коэффициент отражения волны от нагрузки на конце линии. Понятие согласования линии с нагрузкой.

11 Спектр собственных частот идеального прямоугольного резонатора. Низшая мода прямоугольного резонатора (собственная частота, структура поля).

12 Причины затухания колебаний в реальных резонаторах. Описание затухания, обусловленного потерями энергии в заполняющей среде. График зависимости поля собственного колебания в реальном резонаторе от времени.

13 Представление полей, создаваемых в волноводе заданными сторонними токами, в виде суперпозиции полей собственных мод (общий вид формул возбуждения волноводов).

14 Представление полей, создаваемых в резонаторе заданными сторонними токами, в виде суперпозиции полей собственных колебаний (общий вид формул возбуждения резонатора). Резонансные свойства полей.

15 Способы возбуждения волноводов и резонаторов при помощи штыря и петли.

16 Определения дифференциального и полного сечений рассеяния тела. Выражение для амплитуды поля и плотности потока энергии рассеянной волны в дальней зоне через дифференциальное сечение рассеяния.

17 Приближение геометрической оптики и условия его применимости в задачах дифракции плоской волны на теле. Понятие луча и лучевой трубки.