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.
$T=\frac{2\pi}{w},\lambda_в=\frac{2\pi}{h},V_ф=\frac{w}{h},V_{гр}=\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}h}$. Для волновода без заполнения $V_фV_{гр}=c^2$. $V_{гр}\le c$.

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.
$\varkappa_n=\sqrt{\frac{w^2}{c^2}\mu\varepsilon+h_n^2}, n=1,2,3,...$ - 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.

$h_n=\pm\sqrt{k^2-\varkappa^2}=\pm\sqrt{\frac{w^2}{c^2}\varepsilon\mu+\varkappa_n},\varkappa_n=1,2,3,...$
В ИЛП есть бесконечные наборы TE и TM волн, называемые модой. Любой моде соответствует своё дисперсионное соотношение. При этом $\varkappa_n$ не зависит от ε,μ,w, а определяется геометрией ЛП.
Существует критическая частота, при которой осуществляется переход от распространения волны $(w>w_{кр})$ к нераспространению $(w<w_{кр})$.
$w_{кр}=\varkappa_n\frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$, в вакууме $\lambda_{кр}=2\pi/\varkappa_n$.
$\lambda_в=2\pi/h=\frac{\lambda_0}{\sqrt{1-\frac{w^2_{кр}}{w^2}}},V_{гр}=c\sqrt{1-\frac{w^2_{кр}}{w^2}},V_ф=\frac{c}{\sqrt{1-\frac{w^2_{кр}}{w^2}}}$
$h=\sqrt{\frac{w^2}{c^2}-\varkappa^2},k=w/c$ - дисперсионное уравнение для плоской волны.

6 В каких линиях могут существовать главные (ТЕМ) волны? Поля ТЕМ 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.