



# Билет 4.

1.

① (Ток смещения. Закон полного тока)

Ток смещения - величина пропорциона скорости изменения переменного эл. поля в диэлектрике или вакууме

$$j_{\text{полн}} = j_{\text{пр}} + j_{\text{см}}$$

$$j_{\text{см}} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{q}{S} \right) = \dot{\sigma} = \dot{D} \quad \text{ток смещения}$$

$$j_{\text{полн}} = \text{rot } E = \int_S (j_{\text{пр}} + \dot{D}) dS = \int_S (j_{\text{пр}} + \dot{D}) dS \quad \text{закон полного тока}$$

Вывод:

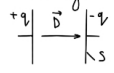
Т.о. циркуляции:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I_{\text{пр}} + I_{\text{см}}$$

$$(1) I_{\text{см}} = \frac{dq}{dt} = \frac{d(QS)}{dt} = \dot{Q}S$$

$$I_{\text{см}} = \frac{\partial Q}{\partial t} \quad S = S \quad \Leftrightarrow$$

$$j_{\text{см}} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}!$$



2. Нет

3. Задача

# Билет 5

1.

① (Ток смещения. Закон полного тока)

Ток смещения - величина пропорциона скорости изменения переменного эл. поля в диэлектрике или вакууме

$$j_{\text{полн}} = j_{\text{пр}} + j_{\text{см}}$$

$$j_{\text{см}} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{q}{S} \right) = \dot{\sigma} = \dot{D} \quad \text{ток смещения}$$

$$j_{\text{полн}} = \text{rot } E = \int_S (j_{\text{пр}} + \dot{D}) dS = \int_S (j_{\text{пр}} + \dot{D}) dS \quad \text{закон полного тока}$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \partial \vec{D} / \partial t \quad \text{дифф. форма}$$



2. Нет

3. Задача

# Билет 6

1.

① (Уравнения Максвелла в дифф. форме. Их свойства и физ. смысл. Материальные уравн.)

$$\text{rot } E = - \left[ \frac{\partial B}{\partial t} \right]_{\text{rot}} dS \quad \text{rot } E = - \frac{\partial B}{\partial t}$$

(связывает потенциал  $\Phi$  с брэм. изменением вект.  $B$  - выражение закона ЭМЭ)

$$\text{div } D = \rho \quad \text{div } D = \rho$$

(отраж. св-во вект.  $B$ , сов. которому его линии замкнуты или уходят в бесконечность)

$$\text{rot } H = j_{\text{пр}} + \left[ \frac{\partial D}{\partial t} \right]_{\text{rot}} dS \quad \text{rot } H = j + \frac{\partial D}{\partial t}$$

(устанавливает связь между токами проводимости и смещения и паром. или МП)

$$\text{div } j = - \left[ \frac{\partial \rho}{\partial t} \right]_{\text{div}} dV \quad \text{div } j = - \dot{\rho}$$

(показывает что линии вект.  $j$  не могут начинаться и оканчиваться на зарядах)

Материальные уравн. - связи, связывающие парно векторы ЭМ поля

$$D = \epsilon E; \quad B = \mu H; \quad j = \sigma E$$

2. Волновой фронт

Волновой фронт - или место точек, до которых распространились колебания к данному моменту времени

3. Задача

# Билет 7

- 1.
- ① (Формы Максвелла в интегральной форме их с в и физический смысл)
- ①  $\oint \vec{E} d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$  (связывает значение  $\vec{E}$  с брэн изменяющийся вект  $\vec{B}$  — выражения закона ЭМ)
  - ②  $\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{j} dV$  (показывает что линии вект  $\vec{B}$  имеют направление и ориентированы на заряды)
- Материальные уравнения — соотношения связывающие парно векторы ЭМ поля
- $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$ ;  $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$ ;  $\vec{j} = \vec{D} - \vec{E}$

## 2. Волновой фронт

Волновой фронт — или место точек, до которых распространились колебания к данному моменту времени

## 3. Задача

# Билет 8

- 1.
- ① (Плоская ЭМ волна Поперечность ЭМ волн)
- ЭМ волны — распространяются в простр возмущение ЭМ поля
- Волновой пов-ть — воображ пов-ть волны, до кот дошли колебания векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в дан мом вр
- Волновой фронт — или место точек, до которых распространились колебания к данному моменту времени
- Плоская ЭМ волна — ЭМ волна, в которой всеи точкам, лежащим в любой п-ти перпендик направл ее распространения, есть одинаковые напрям электрн или магнитных поля
- $E(z,t) = E_0 \cos(\omega t - kz + \varphi)$   
 $H(z,t) = H_0 \cos(\omega t - kz + \varphi)$

### Поперечность ЭМ волн ( $E_z = H_z = 0$ )

Векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости перпендик направлению распространения волны (направление смещения поля в волне)

## 2. Нем

## 3. Задача

# Билет 9

- 1.
- ① (Плоская ЭМ волна Поперечность ЭМ волн)
- ЭМ волны — распространяются в простр возмущение ЭМ поля
- Волновой пов-ть — воображ пов-ть волны, до кот дошли колебания векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в дан мом вр
- Волновой фронт — или место точек, до которых распространились колебания к данному моменту времени
- Плоская ЭМ волна — ЭМ волна, в которой всеи точкам, лежащим в любой п-ти перпендик направл ее распространения, есть одинаковые напрям электрн или магнитных поля
- $E(z,t) = E_0 \cos(\omega t - kz + \varphi)$   
 $H(z,t) = H_0 \cos(\omega t - kz + \varphi)$

### Поперечность ЭМ волн ( $E_z = H_z = 0$ )

Векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости перпендик направлению распространения волны (направление смещения поля в волне)

## 2. Нем

## 3. Задача





# Билет 16

1. **Пространственная и фронтальная когерентность**

**Когерентные волны** - волны, разность фаз которых  $\Delta\phi \ll \Delta\phi$  остается постоянной во времени

**Фронтальная когерентность** - сохранение взаимной когерентности при фронтальной оптической системе излуча по оптическому лучу

**Время когерентности** - макс. возмущение фазы оптической системы луча по отношению к лучу, при котором их взаимная когер. сохраняется

**Пространственная когер.** - когер. кабелиши, которая совершается в один и тот же момент времени в разных точках поверхности направления распространения волны

2. **Дифракция света (принцип Гюйгенса-Френеля)**

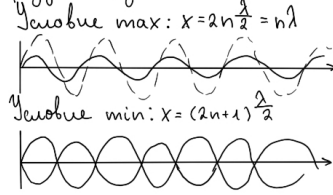
**Дифракция света** - нарушение закона прямолинейного распространения света (отклонение световых лучей)

**Принцип Гюйгенса-Френеля**

Каждая точка до которой доход волны считается центром вторичных волн, а отклоняются эти волны под одинаковым углом фронта в смежных моментах времени

- все вторичные источники фронта волны исходят из одного источника, когерентности между собой
- равны по площади частоте, амплитуде пов-ти излучения равны амплитудности (интенсивности)
- для вторичных источников справедливы законы суперпозиции: излучение каждой точки есть волны, поверхность не вышлет на лучи фронты

**Интерференция ЭМВ - явление изменения амплитуды результирующей волны.**



2. **Ток смещения (Закон полного тока)**

**Ток смещения** - величина, пропорц скорости изменения электрического эл. поля в диэлектрике или вакууме

$j_{\text{полн}} = j_{\text{топ}} + j_{\text{отс}}$

$j_{\text{отс}} = \frac{d}{dt} \left( \frac{q}{S} \right) = \dot{\phi} \cdot D$  - ток смещения

$j_{\text{полн}} = j_{\text{топ}} + j_{\text{отс}} = j_{\text{топ}} + \text{grad} \phi$  закон полного тока

$\text{rot } H = j_{\text{топ}} + \text{grad} \phi$  - упрощ. форма

## 3. Задача

# Билет 17.

1. **Решит интерфер картине с 2-ми источниками**

**Интерференция света** - перераспределение энергии света в результате наложения нескольких когерентных световых волн

Рассмотрим 2 когерентных источника световых волн, исходящих из источников  $S_1$  и  $S_2$

**Интерфер картина** в случае чинного волн имеет вид чередующихся светлых и темных продольных полос

$S_2^2 - e^2 \cdot (x-d/2l)^2$   
 $S_1^2 - e^2 \cdot (x-d/2l)^2$

—  $S_1^2 - S_2^2 = (S_1 - S_2)(S_1 + S_2) = 2xd$

Для появления интерфер картины  $d \ll l$  и  $x \ll l$

$S_1^2 - S_2^2 = 2xd$  и  $S_1^2 - S_2^2 = 2 \cdot a \cdot \sin \alpha \approx a \cdot \sin \alpha \cdot 2$

Условие max интер:  $2 \cdot \text{mm} = 2 \cdot k \cdot \lambda / d$  ;  $k = 0, 1, 2$

Условие min интер:  $2 \cdot \text{mm} = (k + 1/2) \cdot \lambda / d$  ;  $k = 0, 1, 2$

2. **Уравнение Максвелла в дифф форме (векторное и физ. смыслы материальных уравнений)**

$\text{div } E = \rho$  (связывает значения E с бреш изменением бегст B — выражения закона ЭМВ)

$\text{div } B = 0$  (отсут. св-во бегст B, сов. которую по линии замкн или углат в бесконечности)

$\text{rot } H = j + \text{grad} \phi$  (устанавливает связь между токми проводим и смещением и порожд. ими МП)

$\text{rot } E = -\text{grad} \phi - \dot{B}$  (показывает, что линии бегст B могут замыкаться и отклоняться на заряды)

**Материальные уравн.** - уравн. связывающие попарно векторы ЭМ поля  $D, \dot{B}, E; B, \dot{H}, H; \dot{D}, \dot{E}$

## 3. Задача

# Билет 18.

1. **Пространственная и фронтальная когерентность**

**Когерентные волны** - волны, разность фаз которых  $\Delta\phi \ll \Delta\phi$  остается постоянной во времени

**Фронтальная когерентность** - сохранение взаимной когерентности при фронтальной оптической системе излуча по оптическому лучу

**Время когерентности** - макс. возмущение фазы оптической системы луча по отношению к лучу, при котором их взаимная когер. сохраняется

**Пространственная когер.** - когер. кабелиши, которая совершается в один и тот же момент времени в разных точках поверхности направления распространения волны

2. **Ур-ние Максвелла в дифференциальной форме (векторное и физический смыслы)**

$\text{div } E = \rho$  (связывает значения E с бреш изменением бегст B — выражения закона ЭМВ)

$\text{div } B = 0$  (отсут. св-во бегст B, сов. которую по линии замкн или углат в бесконечности)

$\text{rot } H = j + \text{grad} \phi$  (устанавливает связь между токми проводим и смещением и порожд. ими МП)

$\text{rot } E = -\text{grad} \phi - \dot{B}$  (показывает, что линии бегст B могут замыкаться и отклоняться на заряды)

**Материальные уравн.** - уравн. связывающие попарно векторы ЭМ поля  $D, \dot{B}, E; B, \dot{H}, H; \dot{D}, \dot{E}$

## 3. Задача

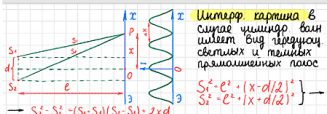
# Бунет 19

1.

ⓐ (Разлет штирфер картины с 2-ум источников)

**Интерференция света** - перераспределение энергии света в результате наложения нескольких когерентных световых волн

Рассмотрим 2 цилиндрических когерентных световых волны, исходящих из источников S<sub>1</sub> и S<sub>2</sub>



Штирфер картина в центре цилиндра волн имеет вид пружины светлых и темных параллельных полос

$$\begin{cases} S_2 - S_1 = 0 \cdot \lambda = 0 & \text{Свет усиливается} \\ S_2 - S_1 = \pm \lambda/2 & \text{Свет гаснет} \end{cases}$$

Условие макс. света:  $2 \sin \alpha = k \cdot \lambda$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2$   
Условие мин. света:  $2 \sin \alpha = (k + 1/2) \cdot \lambda$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2$

2.

ⓐ (Плоская ЭМ волна. Поперечность ЭМ волн)

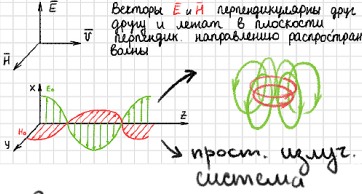
**ЭМ волны** - распространяются в пространстве возмущения ЭМ поля

**Волновой фронт** - тело, место точек, до которых распространились колебания к данному моменту времени

**Плоская ЭМ волна** - ЭМ волна, в которой все точки, лежащие в любой плоскости перпендикулярной направлению ее распространения, совершают одинаковые колебания электрического и магнитного полей

$E \perp z, z = E_0 \cos(\omega t - kz + \varphi_0)$   
 $H \perp z, z = H_0 \cos(\omega t - kz + \varphi_0)$

Поперечность ЭМ волн ( $E \perp H \perp z$ )



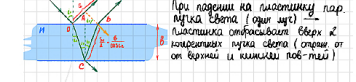
3. Задача

# Бунет 20

1.

ⓐ (Интерференция света в тонких пленках. Угол наклона равен тангенсу и равному наклону)

**Интерференция света** - перераспределение энергии света в результате наложения нескольких когерентных световых волн



При падении на поверхность под углом  $\alpha$  луча Эвена (чужа свет) - плоскость отражается вверх и конденсация луча света (отражен от от формы и кинематик поб-тей)

$$\begin{cases} \Delta = n_2 S_2 - S_1 - \text{оптическая разность хода лучей} \\ S_1 = 2d \cos \alpha \sin \alpha & \rightarrow \alpha = \frac{2d}{\lambda} \cos \alpha \sin \alpha \\ S_2 = 2d / \cos \alpha & \rightarrow \alpha = \frac{2d}{\lambda} \cos \alpha \sin \alpha \end{cases}$$

Т.н.  $\sin \alpha = n \sin \alpha$   $\rightarrow \alpha = 2d n \cos \alpha \sin \alpha = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$

При отражении свет волны от границы раздела среды оптически менее плотной со среды оптически более плотной - фаза колебаний вектора E увеличивается на  $\pi$

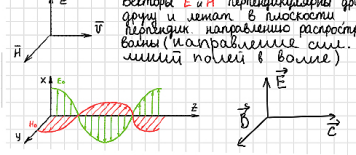
Условие макс. света:  $2d n \cos \alpha = (k + 1/2) \lambda$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2$   
Условие мин. света:  $2d n \cos \alpha = k \lambda$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2$

Оптически более плотная - показатель преломления больше

$L = n \cdot s$  - длина опт. пути

2.

Поперечность ЭМ волн ( $E \perp H \perp z$ )



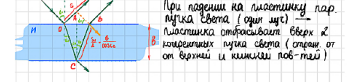
3. Задача

# Бунет 21

1.

ⓐ (Интерференция света в тонких пленках. Угол наклона равен тангенсу и равному наклону)

**Интерференция света** - перераспределение энергии света в результате наложения нескольких когерентных световых волн



При падении на поверхность под углом  $\alpha$  луча Эвена (чужа свет) - плоскость отражается вверх и конденсация луча света (отражен от от формы и кинематик поб-тей)

$$\begin{cases} \Delta = n_2 S_2 - S_1 - \text{оптическая разность хода лучей} \\ S_1 = 2d \cos \alpha \sin \alpha & \rightarrow \alpha = \frac{2d}{\lambda} \cos \alpha \sin \alpha \\ S_2 = 2d / \cos \alpha & \rightarrow \alpha = \frac{2d}{\lambda} \cos \alpha \sin \alpha \end{cases}$$

Т.н.  $\sin \alpha = n \sin \alpha$   $\rightarrow \alpha = 2d n \cos \alpha \sin \alpha = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$

При отражении свет волны от границы раздела среды оптически менее плотной со среды оптически более плотной - фаза колебаний вектора E увеличивается на  $\pi$

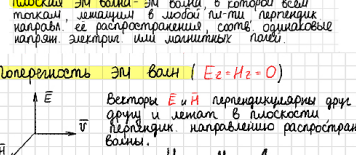
Условие макс. света:  $2d n \cos \alpha = (k + 1/2) \lambda$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2$   
Условие мин. света:  $2d n \cos \alpha = k \lambda$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2$

Оптически более плотная - показатель преломления больше

$L = n \cdot s$  - длина опт. пути

2.

Поперечность ЭМ волн ( $E \perp H \perp z$ )



Из Т. Максвелла: H и E колеблются в одинаков. фазе, соотношения:

$\sqrt{\epsilon_0} E = \sqrt{\mu_0} H$

Поларизация плоской ЭМВ - это изменение значения и направления E в точке наблюдения за время T

$E(z,t) = E_0 \cos(\omega t - kz + \varphi_0)$   
 $H(z,t) = H_0 \cos(\omega t - kz + \varphi_0)$  решение волнов. уравн.

$dE = dH$  - константа

$k E_0 \sin(\omega t - kz + dE) = \omega \mu_0 H_0 \sin(\omega t - kz + dH)$

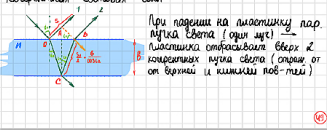
3. Задача

# Билет 22

1.

1) Интерференция света в тонких пленках или пленках равной толщины и равного наклона

Интерференция света - перекрестное сложение световых волн в результате наложения когерентных лучей



При падении на пластинку под углом  $\alpha$  луча света (один луч) - пластинка отражается вверх  $\alpha$  - когерентные луча света (один от от вершины и второго пов-ти)

$$\Delta = nS_2 - S_1 - \text{оптическая разность хода лучей } \Delta$$

$$S_1 = 2d \cos \alpha \sin i$$

$$S_2 = 2d \cos \alpha \sin i$$

$$\Delta = 2d \cos \alpha \sin i$$

При отражении свет волны от границы раздела среды оптически менее плотной со средой оп. более плотной - фазовый скачок  $\pi$

Если  $m$  - четное - радиусы светлых колец  
Если  $m$  - нечетное - радиусы темных колец

2) Интерференция света в тонких пленках или пленках равной толщины и равного наклона

Интерференция света - перекрестное сложение световых волн в результате наложения когерентных лучей

При падении на пластинку под углом  $\alpha$  луча света (один луч) - пластинка отражается вверх  $\alpha$  - когерентные луча света (один от от вершины и второго пов-ти)

2.

1) Скорость распространения ЭМ волн

ЭМ волны - распространяются в вакууме со скоростью  $c$

Скорость распространения ЭМ волны

Т.к. векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  зависят только от одной координаты - система координат  $(x, y, z)$

$$\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \text{rot } \vec{H}$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\text{rot } \vec{E}$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\text{div } \vec{H} = \text{rot } \vec{J}$$

Умножив max умножив на  $\epsilon_0$

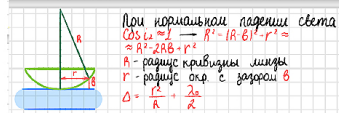
Умножив min умножив на  $\epsilon_0$

# 3. Загадка

# Билет 23

1.

1) Задача Ньютона - пленки равной толщины и/или при отражении света от слоев друг с другом плоскопараллельной пластинки стеклышко и/или и плоско-выпуклой линзы с большим радиусом кривизны (при нормальном падении света на равной толщине имеют вид концентрических колец)



При нормальном падении света

$$\Delta = R^2 - R^2 \sin^2 \alpha \approx R^2 - 2R^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Delta = R^2 - 2R^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Delta = R^2 - 2R^2 \sin^2 \alpha$$

2) Интерференция света в тонких пленках или пленках равной толщины и равного наклона

Интерференция света - перекрестное сложение световых волн в результате наложения когерентных лучей

При падении на пластинку под углом  $\alpha$  луча света (один луч) - пластинка отражается вверх  $\alpha$  - когерентные луча света (один от от вершины и второго пов-ти)

2.

1) Скорость распространения ЭМ волн

ЭМ волны - распространяются в вакууме со скоростью  $c$

Скорость распространения ЭМ волны

Т.к. векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  зависят только от одной координаты - система координат  $(x, y, z)$

$$\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \text{rot } \vec{H}$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\text{rot } \vec{E}$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\text{div } \vec{H} = \text{rot } \vec{J}$$

Умножив max умножив на  $\epsilon_0$

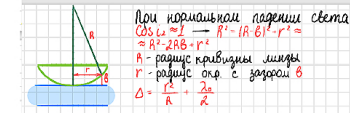
Умножив min умножив на  $\epsilon_0$

# 3. Загадка

# Билет 24

1.

1) Задача Ньютона - пленки равной толщины и/или при отражении света от слоев друг с другом плоскопараллельной пластинки стеклышко и/или и плоско-выпуклой линзы с большим радиусом кривизны (при нормальном падении света на равной толщине имеют вид концентрических колец)



При нормальном падении света

$$\Delta = R^2 - R^2 \sin^2 \alpha \approx R^2 - 2R^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Delta = R^2 - 2R^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Delta = R^2 - 2R^2 \sin^2 \alpha$$

2) Интерференция света в тонких пленках или пленках равной толщины и равного наклона

Интерференция света - перекрестное сложение световых волн в результате наложения когерентных лучей

При падении на пластинку под углом  $\alpha$  луча света (один луч) - пластинка отражается вверх  $\alpha$  - когерентные луча света (один от от вершины и второго пов-ти)

2.

1) Скорость распространения ЭМ волн

ЭМ волны - распространяются в вакууме со скоростью  $c$

Скорость распространения ЭМ волны

Т.к. векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  зависят только от одной координаты - система координат  $(x, y, z)$

$$\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \text{rot } \vec{H}$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\text{rot } \vec{E}$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\text{div } \vec{H} = \text{rot } \vec{J}$$

Умножив max умножив на  $\epsilon_0$

Умножив min умножив на  $\epsilon_0$

# 3. Загадка

1) Дисперсия - явление зависимости показателя преломления вещества от частоты (длины) волны

При прохождении через вещество ЭМ волны каждый элемент испытывает под действием ЭМ силы  $f = eE \cos(\omega t - \alpha)$

Э - величина оторд координаты данного элемента  $E_0 \cos(\omega t - \alpha)$  - амплитуда колебаний электрона  $f = eE \cos(\omega t - \alpha)$

под воздействием этой силы, электрон совершает вынужденные колебания с амплитудой  $f_m$  и фазой  $\varphi$

$$f_m = \frac{eE_0/m}{\sqrt{\omega_0^2 - \omega^2}}$$

$$\varphi = \arctan \frac{\omega}{\omega_0 - \omega}$$

Э - величина оторд координаты данного элемента  $E_0 \cos(\omega t - \alpha)$  - амплитуда колебаний электрона  $f = eE \cos(\omega t - \alpha)$

под воздействием этой силы, электрон совершает вынужденные колебания с амплитудой  $f_m$  и фазой  $\varphi$

$$f_m = \frac{eE_0/m}{\sqrt{\omega_0^2 - \omega^2}}$$

$$\varphi = \arctan \frac{\omega}{\omega_0 - \omega}$$

# 3. Загадка

# Билет 25

1.

## ① (Применение интерференции)

**Интерференция света** - перераспределение интенсивности света в результате наложения нескольких когерентных световых волн

### Применение интерференции:

- ① Интерференционные спектрометры
- ② Выявление и измерение неоднородности среды по интерференционной картине
- ③ Создание сложных излучающих систем (антенн) для ЭМ и акустических волн
- ④ Проведение оптики и получение высокопрорезающих покрытий и селективных оптических фильтров

**Интерферометры** - приборы, позволяющие определять незначительные изменения показателя преломления

2.

**Дисперсия** - явление зависимости показателя преломления вещества от частоты (длины) волны  $n = f(\lambda_0)$

### Нормальная дисперсия

с увеличением длины волны показатель преломления уменьшается с возрастанием скорости - величина  $dn/d\lambda_0$  (дисперсия вещества) также уменьшается по модулю с увеличением  $\lambda_0$

### Аномальная дисперсия

Если вещество поглощает часть лучей - проявляет аномальную дисперсию: более короткие волны преломляются сильнее, чем более длинные

## 3. Задача

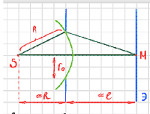
# Билет 26

1.

## ① (Дифр. света от крышки отб. Спираль Френеля)

**Дифракция света** - нарушение закона прямолинейного распространения света (отклонение световых лучей)

## ② (Дифракция света от круглого отверстия)

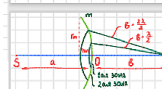


Возьмем операционную часть волны от точки  $O$  на зоны Френеля. Тогда амплитуда  $A$  результирующей волны, возбуждаемой в точке  $M$  всеми зонами, шлет выг.  $A = \frac{1}{2} \sqrt{2} (A_0 - A_m)$ ,  $m$  - число зон Френеля

Если отверстие открывает Френель - интенсивность в точке  $M$  будет больше, чем при свободном распротр. волны. Если отверстие открывает только число зон Френеля - интенсивность будет равна 0

## ③ (Метод зон Френеля)

**Принцип Гюйенса-Френеля** - разделение волновой пов. на элементарные зоны, по отклонению луча, что расст. от краев кайды зоны до точки  $P$  отличается на  $\lambda/2$  ( $\lambda$  - длина волны в среде).  $r_m - r_{m+1} = m \cdot \frac{\lambda}{2}$  - расстояние от верш. волнов. пов. до точки  $P$



При этом результирующая сложившаяся сложившаяся волна из зон в центре будет отличаться от свободной зон по фазе на  $\pi$

$$\Delta S_m = S_m - S_{m-1}$$

$$(S_m - \text{площадь сфер. сел. выделенного внешнего грани (m-1) зоны})$$

$$r_m^2 - a^2 - (a - \Delta r)^2 = (b - m \cdot \frac{\lambda}{2})^2 - (b - m \cdot \frac{\lambda}{2})^2 = \text{высота m-ой зоны Френеля}$$

$$S_m = 2\pi R \Delta r = \frac{2\pi a b}{a+b} m \lambda$$

$$S_{m-1} = S_m - S_{m-1} = \frac{2\pi a b}{a+b}$$

$$r_m^2 - 2aRm - r_{m-1}^2 = \frac{2\pi a b}{a+b} m \lambda$$

## 2. Вывод формулы ЭМВ:

По з. Максвелла:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}; \vec{F}_A = (j \times B) = j \mu_0 (j \times H);$$

$$dP = \vec{F}_A \cdot d\vec{l} \cdot dt = j \mu_0 (j \times H) \cdot d\vec{l} \cdot dt$$

**Плотная ЭМ волна** - ЭМ волна в которой всеи токочн. локализованы в плоск.  $xy$ -пл. перпендикулярной к направлению распространения волны. Сферические волны имеют цилиндрич. или конич. фронт.

$E(z,t) = E_0 \cos(\omega t - k z + \varphi_0)$   
 $H(z,t) = H_0 \cos(\omega t - k z + \varphi_0)$

## 3. Задача

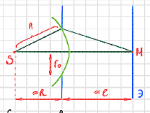
# Билет 27

1.

## ① (Дифр. света от крышки отб. Спираль Френеля)

**Дифракция света** - нарушение закона прямолинейного распространения света (отклонение световых лучей)

## ② (Дифракция света от круглого отверстия)



Возьмем операционную часть волны от точки  $O$  на зоны Френеля. Тогда амплитуда  $A$  результирующей волны, возбуждаемой в точке  $M$  всеми зонами, шлет выг.  $A = \frac{1}{2} \sqrt{2} (A_0 - A_m)$ ,  $m$  - число зон Френеля

Если отверстие открывает Френель - интенсивность в точке  $M$  будет больше, чем при свободном распротр. волны. Если отверстие открывает только число зон Френеля - интенсивность будет равна 0

## ③ (Спираль Френеля)

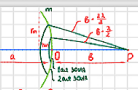
$aS = \frac{r^2}{2} (\frac{1}{a} + \frac{1}{b})$  - радиус крив.  $a, b$  - радиусы крив.  $a, b$  зон Френеля

$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (a + b) = \frac{2\pi}{\lambda} (\frac{1}{a} + \frac{1}{b}) = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{a+b}{ab} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{1}{R}$

Получим амплитуду волны для кайды зон - разобьем кайду зон Френеля на  $m$  частей. Тогда радиус крив. для кайды зоны  $d^2 = \frac{2\pi a b}{\lambda} \frac{1}{m} = \frac{2\pi a b}{\lambda m}$

## ④ (Метод зон Френеля)

**Принцип Гюйенса-Френеля** - разделение волновой пов. на элементарные зоны, по отклонению луча, что расст. от краев кайды зоны до точки  $P$  отличается на  $\lambda/2$  ( $\lambda$  - длина волны в среде).  $r_m - r_{m+1} = m \cdot \frac{\lambda}{2}$  - расстояние от верш. волнов. пов. до точки  $P$



При этом результирующая сложившаяся сложившаяся волна из зон в центре будет отличаться от свободной зон по фазе на  $\pi$

$$\Delta S_m = S_m - S_{m-1}$$

$$(S_m - \text{площадь сфер. сел. выделенного внешнего грани (m-1) зоны})$$

$$r_m^2 - a^2 - (a - \Delta r)^2 = (b - m \cdot \frac{\lambda}{2})^2 - (b - m \cdot \frac{\lambda}{2})^2 = \text{высота m-ой зоны Френеля}$$

$$S_m = 2\pi R \Delta r = \frac{2\pi a b}{a+b} m \lambda$$

$$S_{m-1} = S_m - S_{m-1} = \frac{2\pi a b}{a+b}$$

$$r_m^2 - 2aRm - r_{m-1}^2 = \frac{2\pi a b}{a+b} m \lambda$$

## 3. Задача

# Бунем 28

1.

① (Дифр света от кружка отъ Спиритъ Френеля)

**Дифракция света** - нарушение закона прямого распространения света (отклонение световых лучей)

② (Дифракция света от края диска Литоно Пруссии)

Литоно Пруссии - яркое пятно, возникающее за непрозрачными телами, освещенными параллельными лучами света, в той области тени тени



Точка M лежит на перпендикуляре к плоскости диска. Лучи от краев Френеля отклоняются от края диска в точку M. Волны Френеля имеют разную фазу, поэтому в точке M возникает симметричный центральный максимум света и тени

③ (Метод зон Френеля)

**Принцип Гюйенса-Френеля** - разделение волновой поверхности на кольцевые зоны, построенные так, что радиус от краев каждой зоны до точки P отличается на  $\lambda/2$  ( $\lambda$  - длина волны в среде)  
 $b_m = b + m \cdot \frac{\lambda}{2}$  - расстояние от верха волновой поверхности до точки P

2.

① (Вектор Пойнтинга Теорема Пойнтинга)

**Вектор Умова-Пойнтинга S** - вектор направления которого совпадает с направлением поляризации волны, а модуль равен количеству энергии, протекающей в единицу времени в единицу площади  
 $S = E \times H$

**Циркуляция I** - модуль среднего значения вектора Пойнтинга за период колебания  
 $I = \langle IS \rangle = \langle u \rangle \cdot \nu$

**Теорема Пойнтинга:**  
 Удельная энергия за единицу времени в единицу объема V равна сумме плотности энергии  $\epsilon_0 \epsilon E^2$  плюс дивергенция потока энергии  $\nabla \cdot S$ , которую сыны плюс производная над зарядными плотностями внутри дивергенции V  
 $\frac{\partial \epsilon_0 \epsilon E^2}{\partial t} + \text{div} S = -j \cdot E$

# 3. Загадка

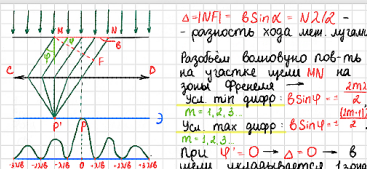
# Бунем 29

1.

① (Дифр света от кружка отъ Спиритъ Френеля)

**Дифракция света** - нарушение закона прямого распространения света (отклонение световых лучей)

**Дифракция Фраунгофера** - наблюдается, если источник света и точка наблюдения далеко удалены от препятствия, безразлично



$$\Delta = nF \sin \theta - \delta \sin \alpha - N \lambda / 2$$

- разность хода лучей

Разобьем волновую поверхность на участки ширины  $\Delta x$  на зоны Френеля

$$\Delta x \sin \theta \approx \delta \sin \alpha = \lambda \cdot m$$

$$\Delta x \sin \theta \approx \delta \sin \alpha = \lambda \cdot m$$

При  $\theta = 0 \rightarrow \Delta = 0$  - в центре Френеля максимум

Суммируя зоны - приводит к усилению главного макс и уменьшению остальных  
 Уменьшение ширины - приводит к усилению главного макс и уменьшению остальных

② (Метод зон Френеля)

**Принцип Гюйенса-Френеля** - разделение волновой поверхности на кольцевые зоны, построенные так, что радиус от краев каждой зоны до точки P отличается на  $\lambda/2$  ( $\lambda$  - длина волны в среде)  
 $b_m = b + m \cdot \frac{\lambda}{2}$  - расстояние от верха волновой поверхности до точки P

2.

① (Шкала ЭМ излучений)

① Гамма-излучение:  $\lambda < 10^{-8} \text{ м}$   
 (высокая проникающая способность; сильное биологическое воздействие)

② Рентгеновское излучение:  $10^{-8} \text{ м} < \lambda < 10^{-4} \text{ м}$   
 (высокая проникающая способность; дифракция рентгена лучей на кристаллической решетке)

③ УФ-излучение:  $10^{-4} \text{ м} < \lambda < 380 \text{ нм}$   
 (высокая проникающая способность; высокая химическая активность)

④ Видимое излучение:  $380 \text{ нм} < \lambda < 760 \text{ нм}$   
 (воздействует на зрение)

⑤ ИК-излучение:  $760 \text{ нм} < \lambda < 10^6 \text{ м}$   
 (производит химическое действие на фотопластины; нагревает вещество при поглощении)

⑥ Радиоволны:  $\lambda > 10^6 \text{ м}$   
 (различные частоты и длины волн способствуют разному поведению и отражению)

# 3. Загадка

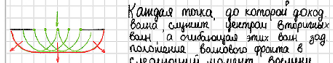
# Бунем 30

1.

① (Дифракция света Принцип Гюйенса-Френеля)

**Дифракция света** - нарушение закона прямого распространения света (отклонение световых лучей)

**Принцип Гюйенса-Френеля:**



Каждая точка, до которой дошел волна, является источником вторичных волн, а огибающая этих волн задает положение новой волновой поверхности в следующий момент времени

Все вторичные источники фронта волны исходят из одного источника когерентны между собой  
 - Волны по площади участка волновой поверхности излучают равные интенсивности (интенсивность)  
 - Фазы вторичных источников совпадают  
 Принцип суперпозиции: излучение каждой точки волновой поверхности не вычитается из других точек

# Виды дифракции:

- Френеля (сфер. волн)  $r \approx 1$
- Фраунгофера (плоск. волн)  $b \ll 1$

# 2. (Применение интерференции)

**Интерференция света** - перераспределение интенсивности света в результате наложения нескольких когерентных световых волн

# Применение интерференции:

- Интерференционные спектрометры
- Выявление и измерение неоднородности среды по интерференционной картине
- Создание схемных измерительных систем (активируемые ЭМ и акустические волны)
- Прокладывание оптики и получение высококачественных покрытий и селективных оптических фильтров

**Интерферометры** - приборы, позволяющие определять незначительные изменения показателя преломления

# 3. Загадка