

Электромагнитные волны

ЗАДАЧА 1. Две радиоантенны A и B излучают волны на частоте $f = 7,5$ МГц в фазе друг с другом. Расстояние между антеннами $L = 110$ м. В каких точках P между ними сигнал максимален?

$$AP \text{ и } BP = \frac{L}{2} \pm \frac{\lambda}{2} = 55 \text{ м}$$

ЗАДАЧА 2. Две антенны A и B излучают волны на частоте $f = 3$ МГц в фазе друг с другом. Расстояние между ними $L = 200$ м. На каком минимальном расстоянии $l = BC$ интенсивность сигнала минимальна, если $BC \perp AB$?

$$(l = u \text{ или } \frac{L}{2} - u) : \frac{v}{\sqrt{1+u^2}} - \frac{v(1+u^2)}{c^2} = x$$

ЗАДАЧА 3. Две антенны излучают волны на частоте $f = 800$ кГц в фазе друг с другом. Расстояние между ними $L = 150$ м. Приёмник расположен очень далеко от антенн. В каких направлениях интенсивность принимаемого сигнала максимальна?

$$\theta = 0 \text{ или } \frac{\pi}{2} \text{ и } \frac{3\pi}{2}$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1982) Плоская электромагнитная волна частотой f , сформированная рупорной антенной, падает перпендикулярно на плоский отражающий экран.

1) Определить амплитуду отражённой волны, если измеритель напряжённости электрического поля при перемещении между экраном и рупором зафиксировал максимальную амплитуду поля A_1 и минимальную A_2 .

2) Определить расстояние между соседними максимумами при перемещении измерителя.

$$\frac{f\lambda}{2} = x \nabla \left(\frac{v}{c} - \frac{v}{c} \frac{v}{c} = v \right)$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1981) Приёмник радиосигналов, наблюдающий за появлением спутника Земли из-за горизонта, расположен на берегу озера на высоте $H = 3$ м над поверхностью воды. По мере поднятия спутника над горизонтом наблюдаются периодические изменения интенсивности принимаемого радиосигнала. Определите частоту радиосигнала спутника, если последовательные максимумы интенсивности наблюдались при углах возвышения спутника над горизонтом $\alpha_1 = 3^\circ$ и $\alpha_2 = 6^\circ$. Поверхность озера можно считать идеально отражающим зеркалом.

$$f \approx \frac{(10 - \alpha_2) H c}{\lambda} = f$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 1981) Коротковолновый передатчик работает на частоте $f = 30$ МГц. Приёмник находится на расстоянии $L = 2000$ км от него. Радиоволны достигают приёмника, отражаясь от ионосферных слоёв, расположенных на высотах $h_1 = 100$ км и $h_2 = 300$ км. Найти закон изменения интенсивности сигнала при перемещении приёмника вдоль прямой, соединяющей его с передатчиком. Перемещение мало по сравнению с L .

$$\Delta x \approx \frac{(h_2 - h_1) f \lambda}{2c} = \Delta x$$

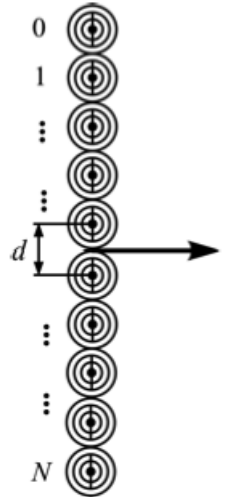
Задача 7. (МФТИ, 1981) Радиоизлучение от звезды, расположенной в плоскости экватора, принимается с помощью двух антенн, находящихся на экваторе на расстоянии $L = 200$ м друг от друга. Сигналы с антенн подаются по кабелям одинаковой длины на приёмник. Найти закон изменения амплитуды напряжения на входном контуре приёмника в результате вращения Земли. Приём ведется на длине волны 1 м. Звезда мало отклоняется от зенита за время наблюдения.

$$\text{или } \varphi \approx \frac{v}{c} L = L \text{ радиан} \quad \left(\frac{v}{c} \right) \approx \frac{v}{c} \sim \Omega$$

Задача 8. (МОШ, 2011, 11) СВЧ-антенна радиолокатора устроена следующим образом: вдоль прямой линии на равных расстояниях $d = 2,5$ см друг от друга расположены $N = 100$ излучателей электромагнитных волн длиной $\lambda = 2d$ (см. рисунок). Каждый из них излучает сферическую волну, причём модуль напряжённости поля n -го излучателя ($0 \leq n \leq N$) изменяется по закону

$$E(t) = A \sin \left(\omega t - kr_n + \frac{n\pi}{2} \cos \Omega t \right),$$

где r_n — расстояние от данного излучателя, $k = 2\pi/\lambda$ — волновое число, а $\Omega \ll \omega$. Найдите, как зависит от времени угол между лучом, излучаемым радиолокатором в плоскости рисунка, и нормалью к цепочке излучателей. Оцените угловую ширину луча и его угловую скорость.



См. конец листа

Задача 9. (Всеросс., 2015, финал, 11) Космический объект, движущийся вдоль некоторой прямой с постоянной скоростью, испускает периодические радиоимпульсы. Астроном установил, что за время наблюдения Δt видимое направление на этот объект изменилось на малый угол $\Delta\varphi$, а период между моментами прихода радиоимпульсов изменился от T до $T + \Delta T$, где $\Delta T \ll T$. Найдите расстояние от наблюдателя до объекта. Скорость радиоимпульсов равна скорости света c .

$$\frac{c \Delta\varphi}{\Delta T} = v$$

Ответ к задаче 8

Антенна испускает узкий луч, угол φ отклонения которого (от нормали к цепочке излучателей) меняется по закону

$$\varphi(t) = \arcsin \left(\frac{1}{2} \cos \Omega t \right),$$

причём угол максимального отклонения $\varphi_{\max} = 30^\circ$. При $\varphi = 0$ максимальная угловая скорость качания луча $\dot{\varphi}_{\max} = \Omega/2$, а угловая ширина луча $\Delta\varphi_{\min} = 2/N = 0,02$ рад.