

Раздел курса
«Колебания и волны»

Тема

Отражение и прохождение
электромагнитной волны на границе
двух сред.

Стоячая электромагнитная волна

Особенности отражения электромагнитной волны от границы с другой средой обусловлены следующим:

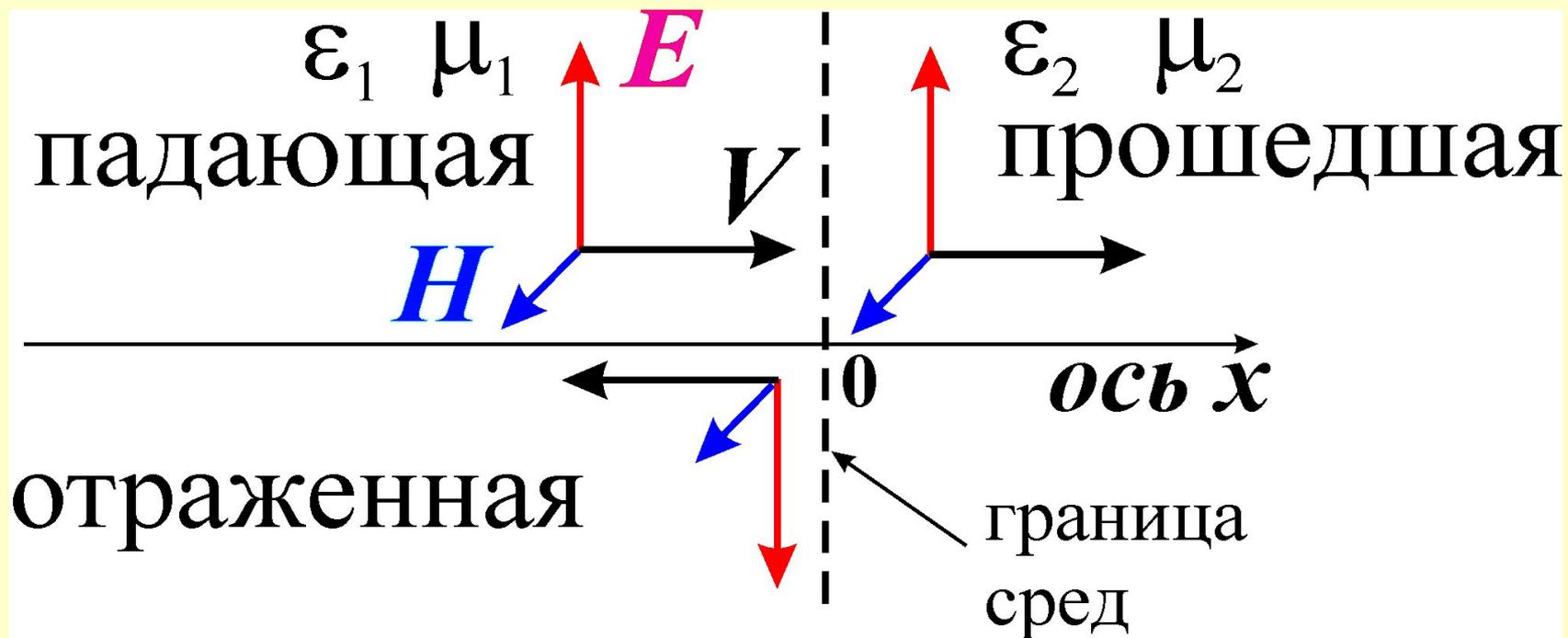
- 1) волна имеет две составляющие E и H ,
- 2) векторы напряженности полей E и H образуют с вектором скорости волны V правовинтовую тройку.

Рассмотрим электромагнитную волну, бегущую вдоль оси x в среде, диэлектрическая проницаемость которой ϵ_1 , а магнитная проницаемость μ_1 .

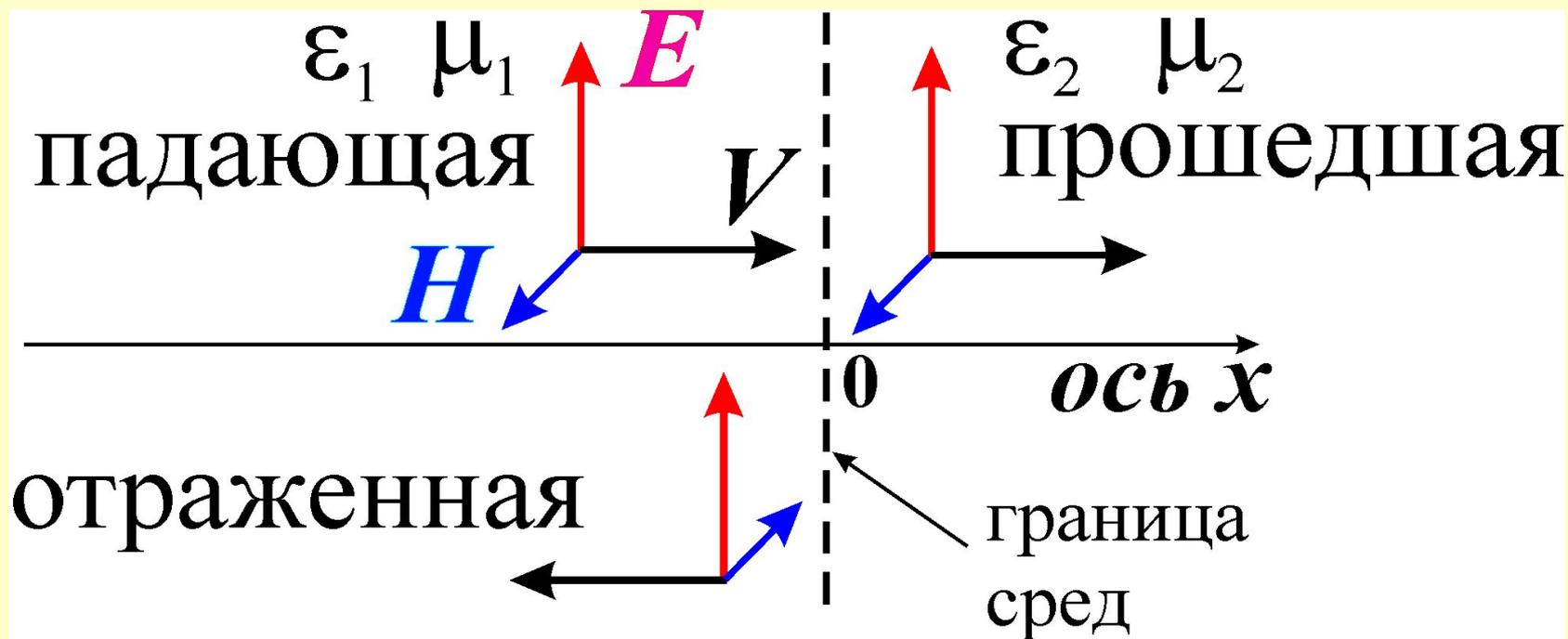
Пусть в точке $x = 0$ волна встречает границу со средой, диэлектрическая проницаемость которой ϵ_2 , а магнитная проницаемость μ_2 . Граница лежит в координатной плоскости yz .

При отражении электромагнитной волны возможны два случая.

Случай 1. В точке отражения фаза колебаний вектора E в отраженной волне скачком меняется на π радиан по отношению к фазе падающей волны, а фаза колебаний вектора H отраженной волны при этом не меняется.



Случай 2. В точке отражения фаза колебаний вектора H в отраженной волне скачком меняется на π радиан по отношению к фазе падающей волны, а фаза колебаний вектора E отраженной волны при этом не меняется.



Поставим задачу: найти то **условие**, при котором реализуется **случай 1** и **условие**, при котором реализуется **случай 2**.

При решении задачи учтем:

1) при переходе через границу тангенциальная проекция вектора напряженности электрического поля \mathbf{E} и магнитного поля \mathbf{H} не изменяется;

2) амплитуды колебаний векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} связаны между собой формулой

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0}E_0 = \sqrt{\mu\mu_0}H_0.$$

Итак, амплитудный коэффициент отражения электромагнитной волны R выражается через электрофизические характеристики граничащих сред $\epsilon_1, \mu_1, \epsilon_2, \mu_2$ следующей формулой:

$$R = \frac{\sqrt{\frac{\epsilon_2}{\mu_2}} - \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\mu_1}}}{\sqrt{\frac{\epsilon_2}{\mu_2}} + \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\mu_1}}}$$

Из формулы видно, что искомые условия имеют вид:

$$\text{если } \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\mu_2}} > \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\mu_1}} \quad - \text{ случай 1}$$

(отражение от оптически более плотной среды);

$$\text{если } \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\mu_2}} < \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\mu_1}} \quad - \text{ случай 2}$$

(отражение от оптически менее плотной среды).

Амплитудный коэффициент прохождения электромагнитной волны D выражается через электрофизические характеристики граничащих сред $\epsilon_1, \mu_1, \epsilon_2, \mu_2$ следующей формулой:

$$D = \frac{2 \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\mu_1}}}{\sqrt{\frac{\epsilon_2}{\mu_2}} + \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\mu_1}}}.$$

Из формулы видно, что в любом случае $D > 0$.
Это означает, что фаза колебаний векторов E и H в прошедшей волне у границы сред всегда совпадает с фазой падающей волны.

Рассмотрим электромагнитную волну, бегущую вдоль оси x . Пусть в точках $x = 0$ и $x = l$ находятся границы с другой средой, от которых волна может отражаться.

Отраженная волна, складываясь с падающей, в процессе интерференции образует **стоячую электромагнитную волну**.

Пусть при отражении выполняется случай 1, при котором фаза колебаний вектора E при отражении скачком изменяется на π радиан, а фаза колебаний вектора H при отражении не меняется.

Следовательно, в точке отражения колебания векторов E падающей и отраженной волны гасят друг друга (в точке отражения - узел стоячей волны E), а колебания векторов H усиливают друг друга (в точке отражения – пучность стоячей волны H).

Итак, узлы и пучности колебаний векторов E и H стоячей электромагнитной волны сдвинуты относительно друг друга на $\pi/2$ радиан.

Стоячая электромагнитная волна