

Раздел курса  
**«Колебания и волны»**

Тема  
Электромагнитные волны

Переменное магнитное поле порождает переменное **вихревое** электрическое (рис.1) и наоборот (рис.2).

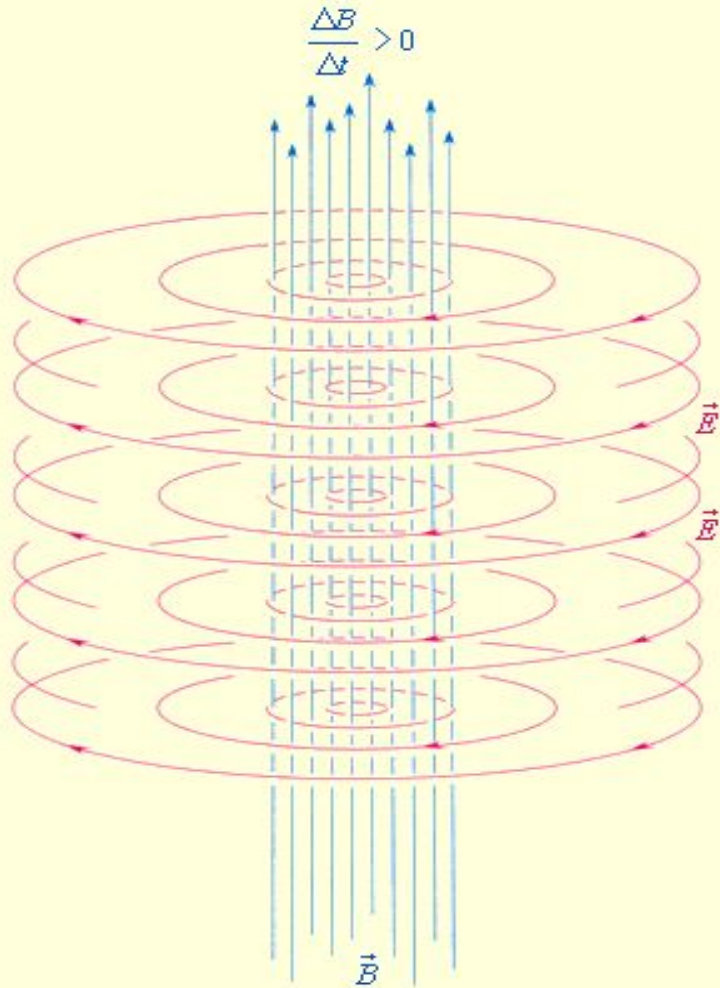


Рис.1

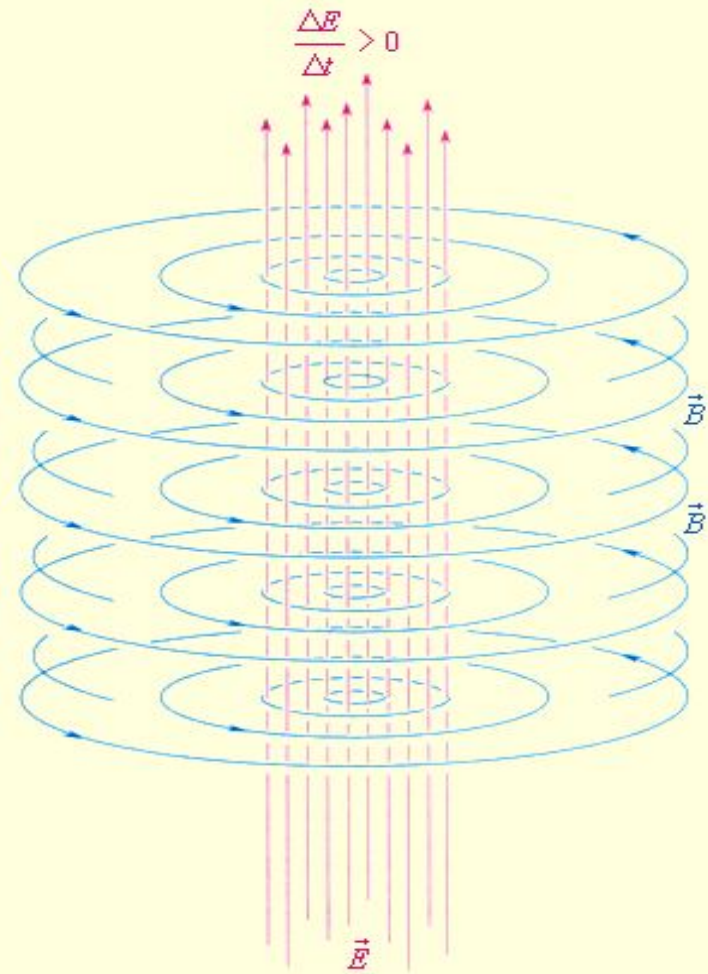


Рис.2

# Уравнения Максвелла в интегральной форме

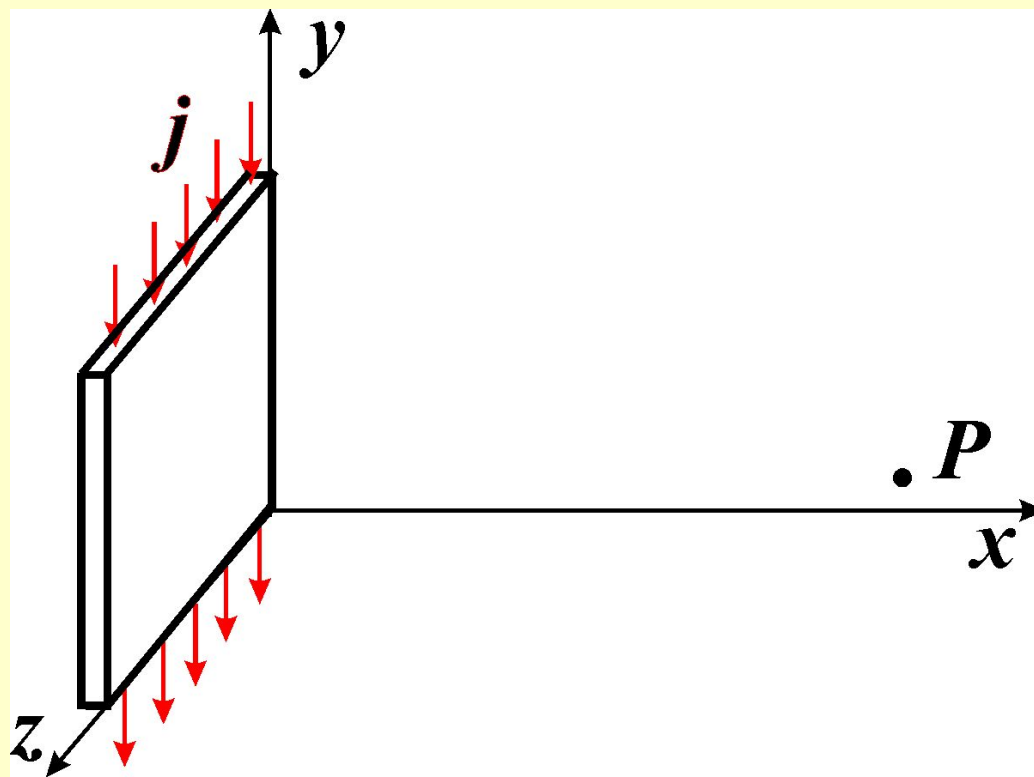
$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int \rho \cdot dV, \quad \text{где } \vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E}.$$

$$\oint_{\Gamma} \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}.$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0.$$

$$\oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}, \quad \text{где } \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0}.$$

Используя систему уравнений Максвелла можно решить задачу о нахождении электрического и магнитного полей, созданных в некоторой точке пространства  $P$  переменным электрическим током  $j$ , текущим по бесконечной плоскости.



Можно показать, что дифференциальные уравнения, полученные из уравнений Максвелла при решении задачи о нахождении электрического и магнитного поля тока, текущего в плоскости  $y\bar{z}$  вдоль оси  $y$ , имеют вид

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0 \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0 \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}.$$

При этом

$$E_x = E_z = 0; \quad H_x = H_y = 0; \quad \sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} E_y = \sqrt{\mu\mu_0} H_z.$$

Решением этих волновых дифференциальных уравнений являются функции

$$E_y = E_m \cos(\omega t - kx + \alpha),$$

$$H_z = H_m \cos(\omega t - kx + \alpha).$$

Кроме того, должны выполняться выше упомянутые соотношения

$$E_x = E_z = 0; \quad H_x = H_y = 0;$$

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} E_y = \sqrt{\mu\mu_0} H_z.$$

Итак, переменный электрический ток (заряды, движущиеся с ускорением) является источником электромагнитной волны, обладающей следующими свойствами:

- электромагнитная волна распространяется в вакууме со **скоростью света**  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с;
- электромагнитная волна распространяется в веществе со скоростью

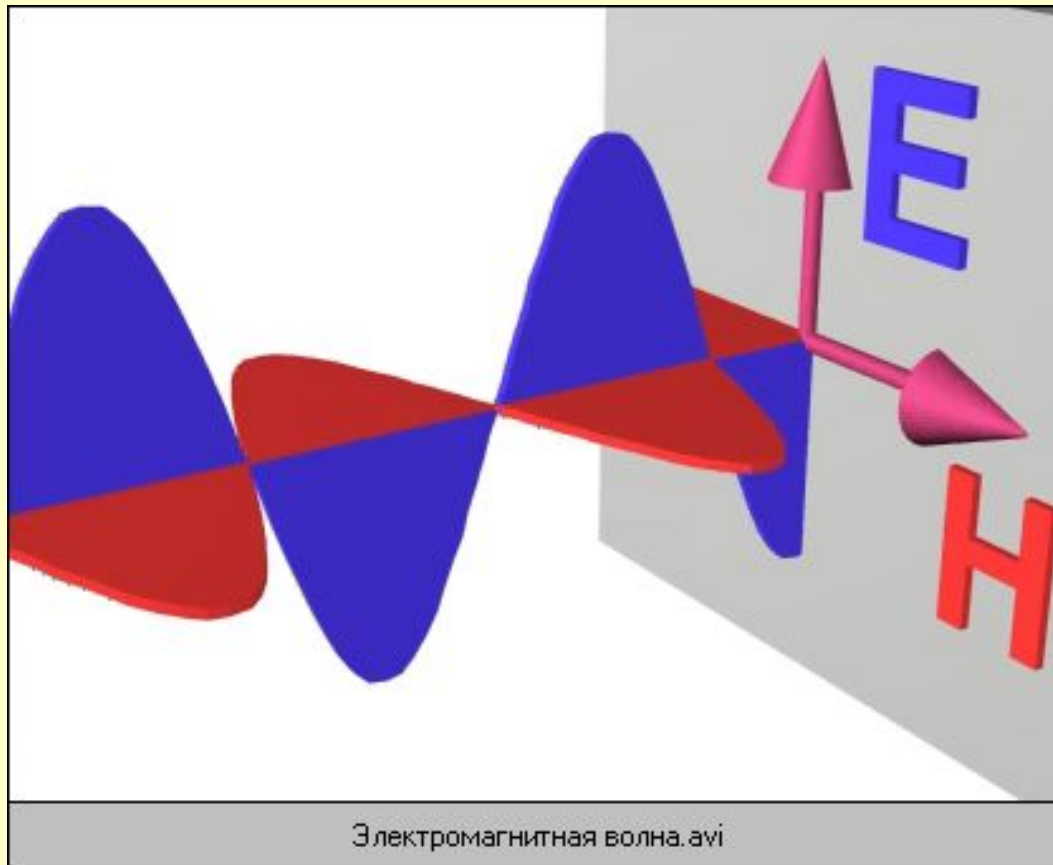
$$V_{\phi} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}};$$

- электромагнитная волна – поперечна, причем, векторы напряженностей электрического поля  $E$ , магнитного поля  $H$  и вектор скорости волны  $V$  образуют **правовинтовую тройку**.

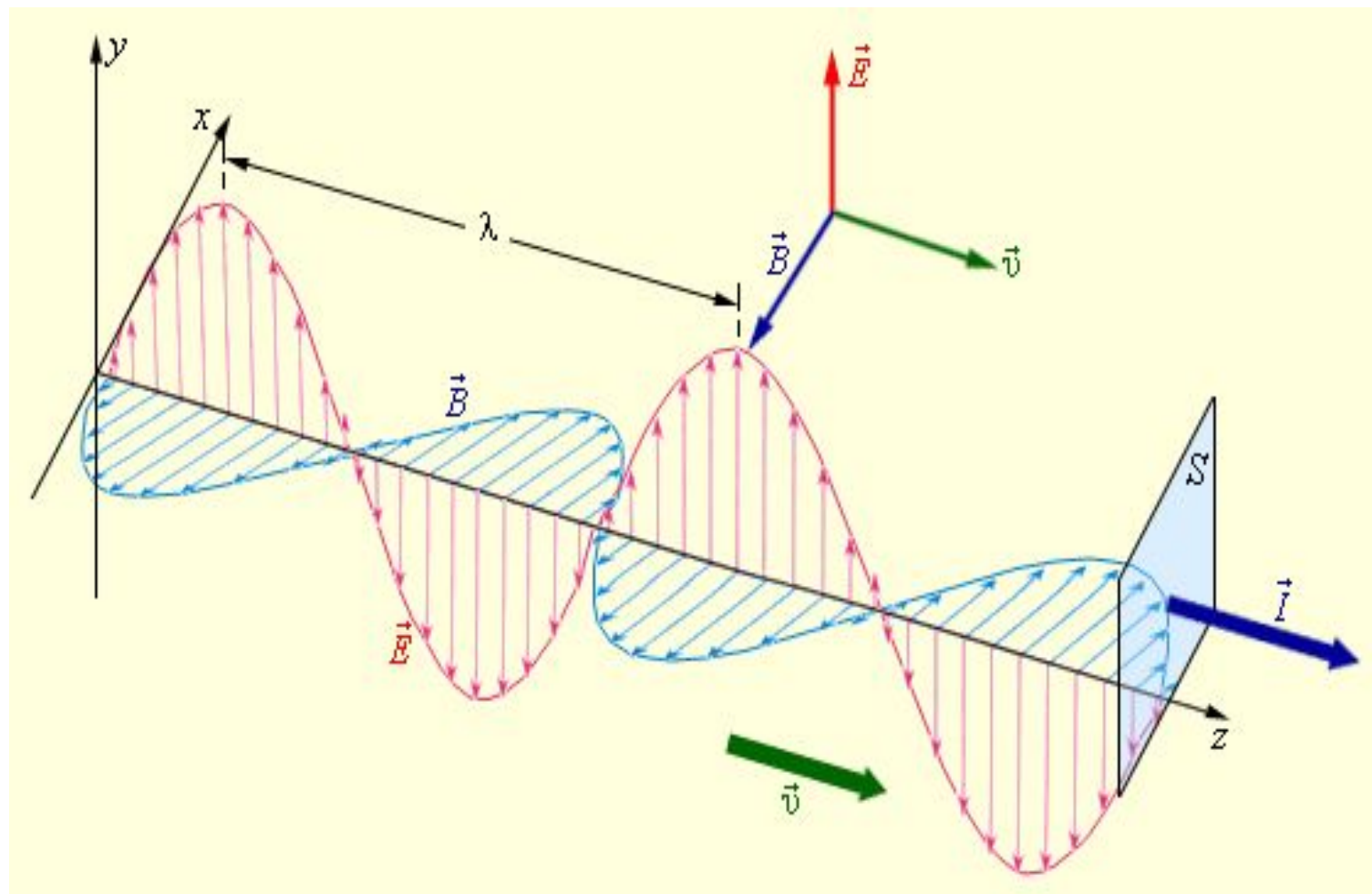
**Свет – электромагнитная волна.**



# Плоская электромагнитная волна



# Линейно-поляризованная электромагнитная волна





**Максвелл Джеймс Клерк (Clerk) (1831-1879)**

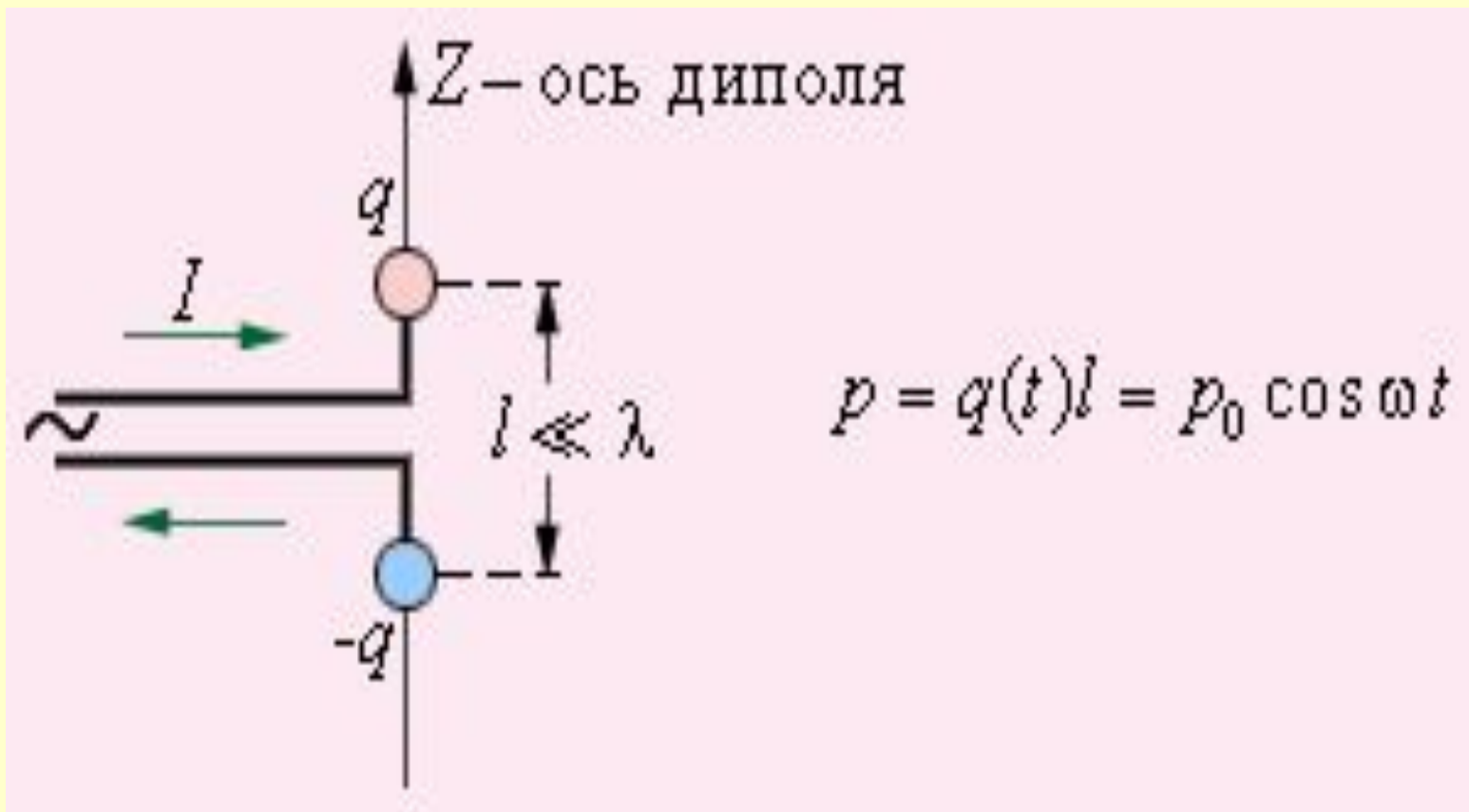
**Максвелл (Maxwell) Джеймс Клерк (Clerk) (1831-1879), английский физик, создатель классической электродинамики, один из основоположников статистической физики, организатор и первый директор (с 1871) Кавендишской лаборатории. Развивая идеи М. Фарадея, создал теорию электромагнитного поля (уравнения Максвелла); ввел понятие о токе смещения, предсказал существование электромагнитных волн, выдвинул идею электромагнитной природы света. Установил статистическое распределение, названное его именем. Исследовал вязкость, диффузию и теплопроводность газов. Показал, что кольца Сатурна состоят из отдельных тел. Труды по цветному зрению и колориметрии (диск Максвелла), оптике (эффект Максвелла), теории упругости (теорема Максвелла, диаграмма Максвелла — Кремоны), термодинамике, истории физики и др.**

Экспериментальное подтверждение теории  
Максвелла первым осуществил Г. Герц.

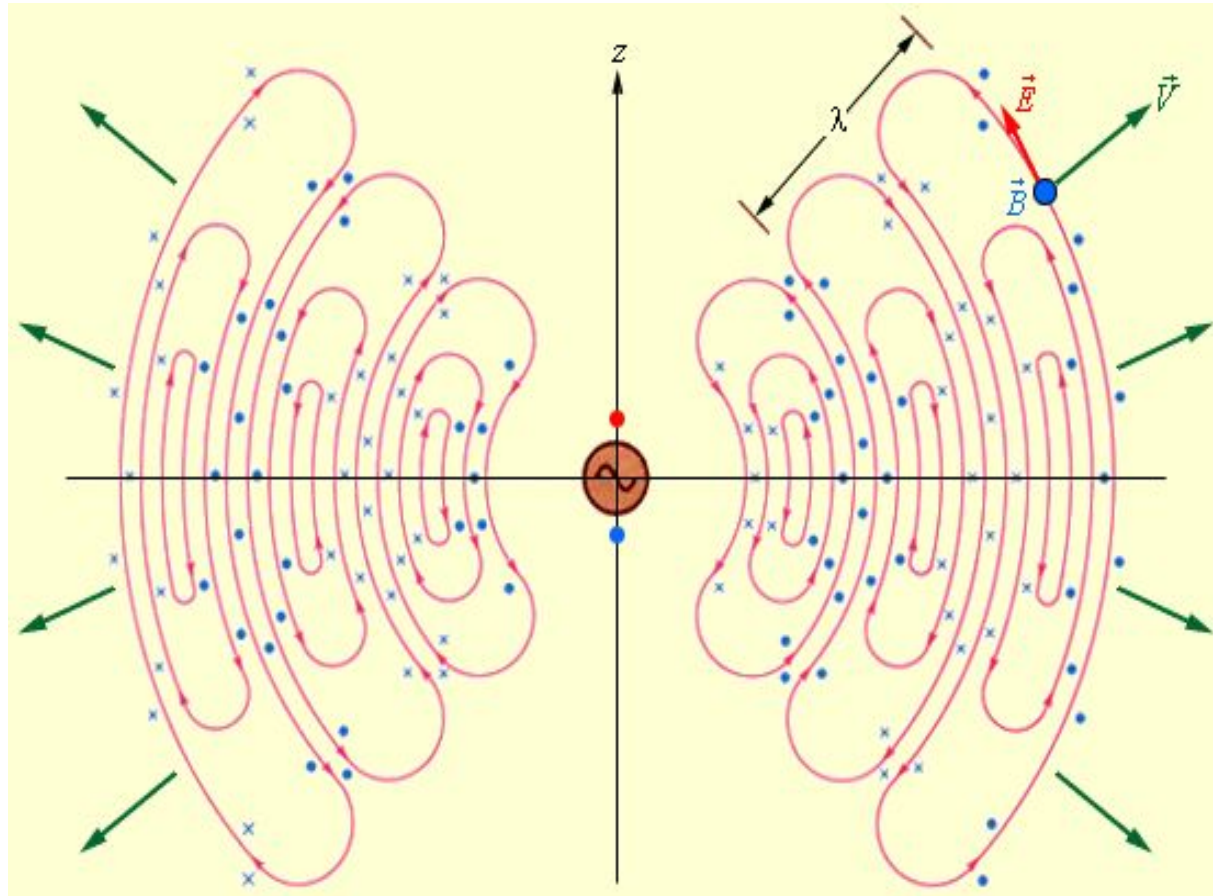


**ГЕРЦ Генрих Рудольф (22.02.1857—1.01.1894)**

Диполь, дипольный момент которого  $p$  изменяется со временем (диполь Герца), является источником электромагнитной волны



# «Фотография» электромагнитной волны, созданной точечным диполем.



Важная особенность: диполь не излучает вдоль своей оси.