Китаев А.Е.
kitaev_a_e@mail.ru

Волновое уравнение и эмиссия полевой материи.

Можно ли как-то совместить эмиссионные теории, одну из которых разрабатывал в начале двадцатого века Вальтер Ритц, и обычное волновое уравнение (для скалярных или для векторных полей)? В эмиссионных теориях предполагается, что скорость материи (полевой или корпускулярной), излученной неким движущимся источником, равняется сумме скоростей источника и некоей константы, имеющей размерность скорости. Уточню, что в начале двадцатого века под материей, излучаемой источником, подразумевался, конечно, свет. В нашем случае, ведя речь о совместимости с волновым уравнением, мы, естественно, будем интересоваться излучением полевой материи, то-есть, говоря проще, излучением волн.

Пусть имеется источник, излучающий плоскую волну и движущийся со скоростью V относительно поверхности Земли (вдоль оси z в сторону увеличения значений z). Пусть этот источник имеет (в настоящее время) меньшее значение пространственной координаты, чем наблюдатель.

Рассмотрим две системы отсчета. Одна движется со скоростью источника вдоль оси z. Другая неподвижна относительно Земли. Назовем ее (вторую систему) «стационарной» системой (а первую, соответственно, «подвижной»).

Перейдем в подвижную систему. Функция, описывающая волновое поле, такова:

$$f = e^{iwt - ikz'} = e^{iwt - i\frac{w}{c}z'}$$

Эта функция, как легко можно проверить, удовлетворяет простейшему волновому уравнению

$$c^2 \frac{\partial^2}{\partial z'^2} f = \frac{\partial^2}{\partial t^2} f \qquad (1)$$

Перейдем теперь в стационарную систему. Переход будем производить с помощью преобразований Галилея.

$$z' = z - Vt$$

Получим

$$f = e^{iwt - i\frac{w}{c}(z - Vt)} = e^{iwt - i\frac{w}{c}z + i\frac{w}{c}Vt} = e^{iw(1+\frac{V}{c})t - i\frac{w}{c}z}$$

Посмотрев на множитель при t, мы делаем вывод, что частота увеличилась. Это увеличение соответствует эффекту Доплера.

Для того, чтобы та же увеличенная частота входила и в множитель при пространственной координате, мы умножим и разделим его на

$$1 + \frac{V}{c}$$

Получим

$$f = e^{iw(1+\frac{V}{c})t - i\frac{w(1+\frac{V}{c})}{c(1+\frac{V}{c})}z}$$

Из такой записи можно сделать вывод, что фазовая скорость также увеличилась. Окончательно:

$$f = e^{iw(1+\frac{V}{c})t - i\frac{w(1+\frac{V}{c})}{c+V}z}$$

Какому уравнению удовлетворяет эта функция? Волновому уравнению с «нештрихованной» координатой z

$$c^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} f = \frac{\partial^2}{\partial t^2} f$$

она не удовлетворяет, можете проверить.

Попробуем такое уравнение:

$$c^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} f = (\frac{\partial}{\partial t} + V \frac{\partial}{\partial z})(\frac{\partial}{\partial t} + V \frac{\partial}{\partial z}) f \qquad (2)$$

Этому уравнению она удовлетворяет, мы угадали.

Что оно напоминает? Оператор в правой части напоминает полную производную по времени, применяющуюся, например, в гидродинамике. Но не означает ли это, что независимую переменную z в стационарной системе отсчета мы должны считать зависимой? А по-настоящему независимой переменной будет пространственная координата z' в движущейся системе отсчета, то-есть в той, где источник, излучивший волну, неподвижен?

Можно в связи с эти ввести следующий «принцип неподвижности источника»:
1. Истинно независимыми будут пространственные координаты в системе отсчета, где источник волны покоится.
2. В любой подвижной относительно источника системе отсчета пространственные координаты являются зависимыми (от координат системы отсчета, где источник неподвижен, и от времени).

Волновое уравнение тогда можно записать так:

$$c^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} f = \frac{d^2}{dt^2} f$$

Для трехмерного случая:

$$c^2 \nabla^2 f = \frac{d^2}{dt^2} f$$

Аналогично – для более сложных видов полей (например, векторных):

$$c^2 \nabla^2 \vec{F} = \frac{d^2}{dt^2} \vec{F}$$

Для применения полной производной нужен критерий: когда пространственные координаты считать зависимыми (и задействовать конвективную производную, входящую в состав полной производной по времени), а когда независимыми (при этом можно считать, что полная производная по времени равна частной). Именно такой критерий и дает «принцип неподвижности источника».

Список литературы:

1) Пановский, Филипс «Классическая электродинамика» М. «ГИФМЛ» 1963
2) Паули «Теория относительности», М. “Наука” 1983.
3) Семиков С.А. «Баллистическая теория Ритца и картина мироздания», Н.Новгород, 2010