

МЕТАМАТЕРИАЛЫ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ПРОЦЕССЫ

Живков А.П., Студенюк Р. Ю.

Физико-технический институт НТУУ НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: zhivkovalex@gmail.com

Metamaterials and related processes

Several processes deal with metamaterials were studied. Future SHF- and teracycle-technologies will be based on metamaterials. Quite possibly, metamaterials will lay the foundation of new technologies in this frequency bands.

В материалах с отрицательным показателем преломления фазовая и групповые скорости разнонаправлены, при чем принято считать, что фазовая скорость является отрицательной, а групповая – положительной [1].

Некоторые авторы [1] в своих статьях, основываясь на разнонаправленности фазовых и групповых скоростей, утверждали, что одним из примеров проявления метапроцесса является эффект Доплера. Нередко этот эффект наблюдается в акустике - если источник звука направляется к наблюдателю, то частота звука повышается, если же источник движется в противоположную сторону, частота звука понижается (рис.1). Знак доплеровского сдвига частоты будет определяться знаком коэффициента преломления [2], это зависит от направленности групповой и фазовых скоростей и является признаком метаматериальности (рис.2).

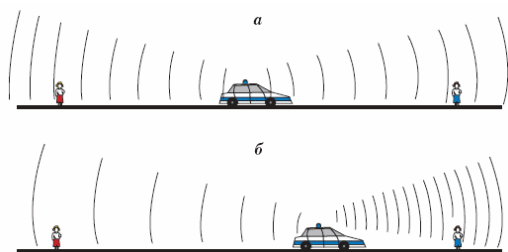


Рис.1 Пример доплеровского смещения в акустике.

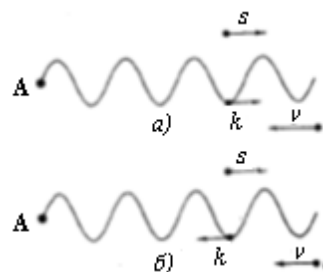


Рис. 2 Метаматериальность в эффекте Доплера: а) $n > 0$; б) $n < 0$, при этом: А –источник излучения; В –приемник; S –вектор Пойтинга; k –волновой вектор.

Причиной «красного смещения» в астрономии также является эффект Доплера [3], что так же можно отнести к эффекту метатериальности, так как направление движение источника (групповая скорость) и направление излучения (фазовая скорость) противоположны (рис. 3).



Рис. 3 «Красное смещение».

Если в некоторой среде движется заряженная частица с релятивистской скоростью, большей скорости света в этой среде, наблюдается излучение Вавилова-Черенкова, который является сложным эффектом Доплера [4].

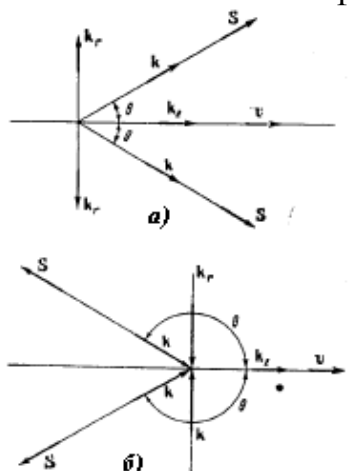


Рис. 4 Эффект Вавилова-Черенкова: а) $n > 0$, б) $n < 0$

Некоторые авторы [5] относят к метапроцессам и мираж (рис. 5). Задолго до появления понятия «метаматериал» мираж был детально описан в классическом курсе физики Фейнмана [6] (рис.6)

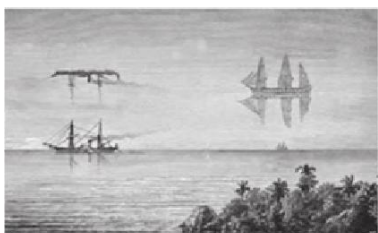


Рис. 5 «Летучий Голландец».



Рис. 6 «Мираж» (из курса ФЛФ).

Эти эффекты образованы так называемыми градиентными метаматериалами. Вполне вероятно (однако авторам пока не удалось найти в литературе подтверждения этой гипотезе), что к этому же классу явлений можно отнести и преломление радиоволн определенной длины в тропосфере (рис. 7), описанное в [7], где отмечается, что «отражения от слоистых неоднородностей в тропосфере являются одной из основных причин дальнего тропосферного распространения УКВ».

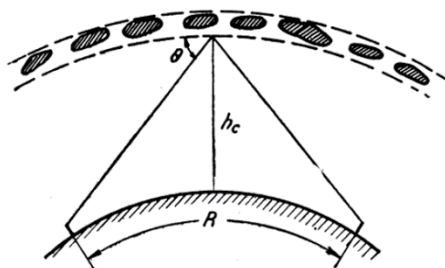


Рис. 7. Отражению радиоволн от приподнятого турбулентного слоя.

Стробоскопический эффект так же обладает особенностью разнонаправленности групповой и фазовых скоростей, которая проявляется в эксперименте с вращающимся колесом (пропеллером, диском), освещенным мигающим источником света. В этом процессе задействованы колебания различного типа, а так же разной природы – механические (вращающийся диск) и оптические (мигающий источник света). Диск (ротатор) вращается с частотой f_1 , частота вспышек (осциллятор) - f_2 . Наблюдаемое движение отдельной «спицы» на диске можно интерпретировать как фазовую скорость. На рис.8 представлены варианты наблюдаемого вращения спицы в зависимости от соотношения частот вращения диска и вспышек.

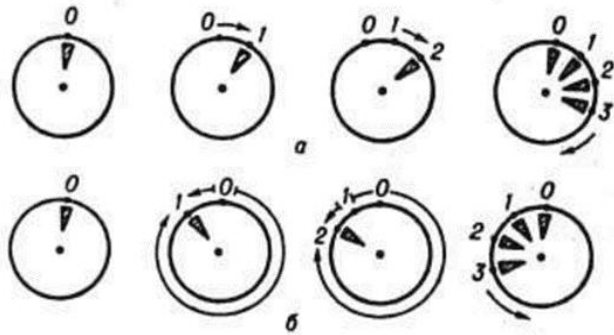


Рис. 8 Явление строб-эффекта: а) $f_1 > f_2$, вращение по часовой стрелке
 б) $f_1 < f_2$, вращение против часовой стрелки, диск вращается по часовой стрелке.

Таким образом, в рассматриваемом процессе $f_1 < f_2$ (частота ротатора больше частоты осциллятора), как и в метаматериалах. Поэтому вполне правомерно назвать рассматриваемый вариант стробоскопического эффекта «метапроцессом».

Литература

1. В. Г. Веселаго, Волны в метаматериалах: их роль в современной физике, УФН, 2011, том 181, номер 11, 1201–1205.
2. В. Г. Веселаго, Метаматериалы и их роль в современной физике, УФН, 181, вып.11, 11.10.2011, с. 15-16,86.
3. «Красное смещение», Новости науки и техники:
http://femto.com.ua/articles/part_1/1806.html.
4. Зрелов В. П., Излучение Вавилова - Черенкова и его применение в физике высоких энергий, т. 1 - 2, М., 1968.
5. Tutorials in Metamaterials /Mikhail A. Noginov, Viktor A. Podolskiy October 25, 2011 by CRC Press - 308 Pages
6. «Optics: The Principle of Least Time», Michael A. Gottlieb, and Rudolf Pfeiffer
http://feynmanlectures.caltech.edu/I_26.html.
7. Давыденко Ю.И. Дальняя тропосферная связь. М., Военное издательство. – 212 с.