

атмосферы. Во 2-м томе ФЭ есть большая статья «Ионосфера» и небольшая специальная статья «Ионосферный волновод», упомянутый выше. Из них можно почерпнуть много интересных сведений. И еще одну статью рекомендую посмотреть, если вас заинтересовала роль ионосферы в распространении радиоволн: «Сверхдальнее распространение радиоволн». Кстати, она тоже принадлежит к «сверх». Мне кажется, рекомендуемые статьи уже доступны вам. Правда, надо научиться читать подобные статьи: запоминать утверждения и факты и откладывать на будущее строгое их объяснение.

В большинстве статей термин «сверх» имеет смысл количественного сравнения: нечто большее чего-то обычного. Например, сверхизлучение, сверхинжекция, сверхлюминесценция и т.п. Пожалуй, только сверхтекучесть и сверхпроводимость обозначают качественно новые явления. Однако не надо забывать старую истину: количество переходит в качество. Характерные примеры: сверхзвуковое течение и сверхсветовая скорость.

Сверхзвуковому течению посвящена большая статья, что неудивительно, так как «с изучением сверхзвукового течения связан ряд важных практических проблем, возникающих при создании самолетов, ракет, снарядов со сверхзвуковой скоростью полета...». В процитированной статье много схем, позволяющих понять основные утверждения статьи и, например, усвоить, какова аэродинамически совершенная (т.е. создающая относительно малое сопротивление) форма тела при сверхзвуковой скорости его движения.

Увидев статью «Сверхсветовая скорость», я подумал, что она будет посвящена движению заряженной частицы со скоростью, превышающей скорость света в среде и равной c/n , где c – скорость света в вакууме, а n – показатель преломления среды, в широком диапазоне длин волн превышающий единицу. Как известно, такое движение сопровождается излучением света, называемым излучением Черенкова – Вавилова. В конце статьи «Сверхсветовая скорость» действительно есть ссылка на статью с названием «Черенкова – Вавилова излучение» (она опубликована в 5-м томе).

Начнем читать статью: «Сверхсветовая скорость – скорость, превышающая скорость света. Согласно *относительности теории*³, передача любых сигналов и движение материальных тел не может происходить со скоростью, большей скорости света в вакууме c . Однако...». Разъяснению, почему могут существовать движения со скоростями, большими c , и каковы они, посвящена статья.

Вот простой пример (он взят из обсуждаемой статьи). С помощью вращающейся электронной пушки (т.е. источника электронов) можно заставить вращаться электронный луч. Если ось вращения окружить экраном, реагирующим на падающий на него электронный луч, то пятно (след луча) будет двигаться по экрану со скоростью $R\Omega$, где R – расстояние от электронной пушки до экрана, а Ω – угловая скорость вращения. Ничто не мешает пятну двигаться по экрану быстрее скорости света. Но при движении пятна по экрану не переносится ни информация о состоянии экрана, ни энергия вдоль экрана. Энергия и информация о состоянии электронной пушки переносится электронами вдоль пучка, и, естественно, скорость переноса (скорость электронов в пучке) не может превосходить скорость света в вакууме.

Пятна на экране могут быть источниками света. Это означает, что можно создать источники света, движущиеся со скоростью, большей скорости света в вакууме. Можно, конечно, обойтись без электронного пучка: расположить вдоль линии лампы и договориться зажигать их последовательно в таком темпе, чтобы источник света (зажженная лампочка) перемещался по линии со скоростью, большей c . Интерференционная картина, возникающая при этом, очень интересна и тщательно исследована учеными.

Еще примеры движения со сверхсветовой скоростью.

Если стенки трубы не поглощают и не пропускают электромагнитные волны (например, сделаны из сверх-

проводника), то такую трубу называют волноводом. Волновод – обязательный элемент СВЧ-приборов. С помощью волноводов можно электромагнитную энергию направлять куда нужно. Нам предстоит понять, чем электромагнитные волны в волноводе отличаются от электромагнитных волн в свободном пространстве и, самое главное, с какой скоростью они движутся.

Для ответа на эти вопросы придется познакомиться с характеристиками волн. Прилагательное «электромагнитных» опущено не случайно. То, что будет сказано, относится к любым волнам, или, более торжественно, к любым волновым процессам.

Вы, наверное, знаете, что любая волна характеризуется частотой, обозначим ее греческой буквой ω , и длиной волны λ (опять выбрана греческая буква). Частота описывает изменение во времени, а длина волны – в пространстве.

Если есть волна, то это волна «чего-то», т.е. «что-то» совершает волновое движение. Например, в волне на поверхности воды в водоеме движутся (волнообразно) молекулы воды. В интересующем нас случае электромагнитных волн волновое движение совершают напряженность электрического и индукция магнитного полей. В электромагнитных волнах энергия все время «перекачивается» из электрического поля в магнитное и обратно, поэтому волны и называются электромагнитными.

Для волны любой природы простейшая форма зависимости «чего-то» от координат и времени имеет вид

$$\Psi(\vec{r}, t) = A \cos(\omega t - \vec{k} \vec{r}) \equiv A \cos \varphi, \quad (1)$$

где величина $\varphi = \omega t - \vec{k} \vec{r}$ (здесь функция времени t и радиуса-вектора \vec{r}) называется фазой. Выбрана она так, что $\varphi = 0$ при $t = 0$ и $\vec{r} = 0$ (выбор зависит от удобства). Вектор \vec{k} называют волновым вектором, он направлен в сторону распространения волны (туда, куда волна бежит). Если выбрать направление оси X вдоль этого вектора, то зависимость фазы от координат заметно упростится:

$$\varphi = \omega t - kx. \quad (2)$$

³ Напечатаны эти слова курсивом, значит, есть статья с таким названием. Именно «относительности теории», а не «теория относительности». Слова переставлены, чтобы не было слишком много статей, начинающихся словом «теория». Кроме того, хотя порядок слов менее привычен, но зато содержательное слово стоит на первом месте.