

О ВИДИМЫХ РАЗМЕРАХ И ВИДИМОЙ СКОРОСТИ СВЕРХСВЕТОВЫХ ТЕЛ

Б. М. Болотовский, Е. Д. Михальчи

УДК 539.1

Пусть линейка, параллельная направлению движения, имеет скорость, превышающую фазовую скорость света. Тогда, если наблюдатель смотрит на линейку под таким углом, что лучи зрения лежат внутри черенковского конуса, то видит линейку, движущуюся противоположно истинному направлению движения. Рассматривается также видимая длина линейки.

В последнее время вызвал интерес вопрос о том, как выглядят движущиеся тела, если скорость их движения сравнима со скоростью света c . Представляет определенный интерес также вопрос о видимой форме тел, движущихся со сверхсветовой скоростью. Можно, например, представить себе, что тело движется в преломляющей среде с показателем преломления $n > 1$. В такой среде скорость света равна c/n и меньше, чем скорость света в пустоте c . Однако, такое ограничение не обязательно, потому что возможно создание таких объектов, скорость которых превосходит c (например, "световых зайчиков" см. /5/). Кроме того, следует иметь в виду возможность акустической и иных аналогий.

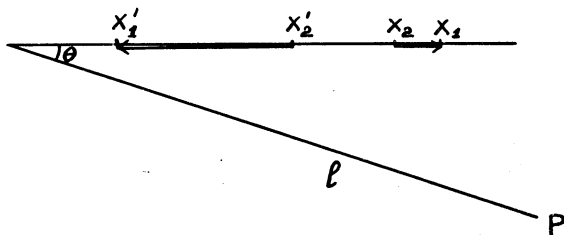
Ниже мы попытаемся на простейшем примере выявить некоторые особенности явления.

Пусть по оси X движется линейка длины a , расположенная параллельно оси. Уравнения, определяющие положения ее переднего и заднего концов запишем в виде $x_1 = vt + a$, $x_2 = vt$, где v - скорость линейки (см. рис.1).

Пусть наблюдатель находится в точке P . Расстояние от наблюдателя до начала координат обозначено через l . Будем вести наблюдение в параллельных лучах, составляющих с осью X угол ϑ .

В момент времени t наблюдатель видит точки движущегося тела в положениях, которые соответствуют более ранним моментам време-

ни t' , причем для разных точек движущегося тела при заданном моменте наблюдения t величина t' имеет, вообще говоря, различные значения. В частности, значение t'_1 , отвечающее видимому положению переднего конца линейки в момент наблюдения t , и значение



Р и с. I.

t'_2 , дающее видимое положение конца линейки, определяются простыми соотношениями:

$$t'_1 + \frac{n}{c} [1 - (vt'_1 + d)\cos\vartheta] = t \quad (1)$$

$$t'_2 + \frac{n}{c} [1 - vt'_2\cos\vartheta] = t,$$

откуда получаем значения времен t'_1 и t'_2 , определяющие положения линейки в момент наблюдения t .

Из (1) получаем:

$$t'_1 = \frac{t - 1 \frac{n}{c} + \frac{dn}{c} \cos\vartheta}{1 - \frac{v}{c} \cos\vartheta} \quad (2)$$

$$t'_2 = \frac{t - 1 \frac{n}{c}}{1 - \frac{v}{c} \cos\vartheta}.$$

Определим теперь положения начала и конца линейки, отвечающие моменту наблюдения t :

$$x'_1 = vt'_1 + d = \frac{v(t - \frac{1}{c}) + d}{1 - \frac{v}{c} n \cos\vartheta} \quad (3)$$

$$x'_2 = vt'_2 = \frac{v(t - \frac{1}{c} n)}{1 - \frac{v}{c} n \cos\vartheta}.$$

Отсюда нетрудно получить выражение для видимой длины стержня

$$x_1' - x_2' = \frac{d}{1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta}. \quad (4)$$

Как видно из формулы (3), начало и конец линейки движутся с одинаковой кажущейся скоростью

$$\frac{dx_1'}{dt} = \frac{dx_2'}{dt} = \frac{v}{1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta}. \quad (5)$$

Из формул (4) и (5) вытекает интересный результат: если скорость движущегося тела v превышает фазовую скорость света $\frac{c}{n}$ и угол наблюдения ϑ находится внутри черенковского конуса т.е.

$$\vartheta < \vartheta_0, \text{ где } \cos \vartheta_0 = c/nv, \quad (6)$$

то видимая скорость линейки оказывается направленной противоположно ее истинной скорости.

В то же время видимая координата переднего конца линейки оказывается меньше, чем видимая координата заднего ее конца (т.е. формула (4) дает при условии (6) $x_1' < x_2'$).

Поступила в редакцию
7 января 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. R. Penrose. Proc. Camb. Phil. Soc. 55, 137 (1959).
2. T. Terrell. Phys. Rev. 116, 1041 (1959).
3. С. М. Рязов. Природа № 4, 64 (1960).
4. Я. А. Смороденский, В. А. Угаров. УФН, 107, 141 (1972).
5. Б. М. Болотовский, В. Л. Гинзбург. УФН, 106, 577 (1972).