

# **Замечания к математической модели оценки результатов эксперимента Майкельсона по проверке гипотезы существования эфира**

Кочетков Виктор Николаевич

[ViktKochetkov@yandex.ru](mailto:ViktKochetkov@yandex.ru)

[vnkochetkov@gmail.com](mailto:vnkochetkov@gmail.com)

[vnkochetkov@rambler.ru](mailto:vnkochetkov@rambler.ru)

<http://www.matphysics.ru>

*В статье поднимается вопрос о законности применения линейной оптики при создании математической модели оценки результатов эксперимента Майкельсона по регистрации эфирного ветра.*

PACS number: **03.30.+p**

---

## **Содержание**

- 1. Введение (2).**
- 2. Основные определения (3).**
  - 2.1. Геометрическая оптика (3).**
  - 2.2. Волновая оптика (4).**
- 3. Описание экспериментальной установки Майкельсона (6).**
- 4. Математическая модель А.А. Майкельсона оценки скорости эфирного ветра (8).**
- 5. Скорость света в вакууме (11).**
- 6. Движение света по пути источник А - пластинка В - зеркало  $Z_1$  в системе отсчета, неподвижной относительно эфира (12).**
- 7. Движение света, отраженного от зеркала  $Z_1$  к пластинке В в системе отсчета, неподвижной относительно эфира (17).**
- 8. Движение света, отраженного от зеркала  $Z_1$ , в направлении от**

пластинки В к телескопу D, в системе отсчета, неподвижной относительно эфира (20).

9. Движение света по пути пластинка В - зеркало  $Z_2$  - пластинка В в системе отсчета, неподвижной относительно эфира (23).

10. Движение света, отраженного от зеркала  $Z_2$ , в направлении от пластинки В к телескопу D, в системе отсчета, неподвижной относительно эфира (25).

11. Интерференция световых полос  $1_3$  и  $2_3$  (28).

12. Графическое изображение движения световой энергии в интерферометре в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, для любого момента времени (29).

13. Заключение (33).

Список литературы (35).

## 1. Введение

С целью подтверждения гипотезы эфира А.А. Майкельсон [1], [2], [3], [4], [5], [6] предложил не прямое измерение скорости света в неподвижном эфире, а определение отношения величин скорости света в двух взаимно перпендикулярных направлениях в системе отсчета, движущейся относительно неподвижного эфира.

Предложенный А.А. Майкельсоном метод проведения опыта [7], использующего явление интерференции света, должен был позволить зарегистрировать движение Земли относительно неподвижного эфира, если бы свет распространялся в эфире.

Для анализа результатов экспериментов по определению величины скорости движения эфира А.А. Майкельсон использовал расчетную модель, построенную с учетом геометрической оптики [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14].

## 2. Основные определения

### 2.1. Геометрическая оптика

Геометрическая оптика - раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах, отражения света от зеркально-отражающих поверхностей и принципы построения изображений при прохождении света в оптических системах без учёта его волновых свойств.

Основные законы геометрической оптики:

- закон прямолинейного распространения света (свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно),
- закон независимости световых пучков (распространение всякого светового пучка в среде не зависит от наличия других пучков),
- закон отражения света, устанавливающий изменение направления хода светового луча в результате встречи с отражающей (зеркальной) поверхностью.

Основные общепринятые определения:

- среда считается прозрачной, если в ней может распространяться свет;
- среда считается однородной, если её свойства не меняются от точки к точке;
- под светящейся точкой понимается источник излучения света, не имеющий размеров;
- световой луч - геометрическая линия, не имеющая размеров в поперечном сечении и вдоль которой переносится световая энергия;
- совокупность световых лучей называется световым пучком.

Направление светового луча совпадает с направлением распространения света.

При этом подразумевается, что направление потока световой энергии (ход светового луча) не зависит от поперечных размеров пучка света.

Если же размер неровностей поверхности меньше длины световой волны, то такая поверхность называется зеркальной.

При отражении от зеркальной поверхности параллельность пучка сохраняется: отражённые лучи также идут параллельно.

Плоское зеркало - часть плоскости, зеркально отражающая свет.

Геометрическая оптика используется для случаев, когда длина световой волны во много меньше размеров рассматриваемых объектов (геометрическая оптика является частным случаем волновой оптики при длине световой волны, стремящейся к нулю).

## 2.2. Волновая оптика

Волновая оптика – раздел оптики, объясняющий оптические явления, описывает такие оптические явления, как интерференция, дифракция, поляризация и дисперсия, на основе волновой природы света.

Основные определения волновой оптики:

- волна - распространение колебаний в пространстве, происходящее с конечной скоростью;
- световые волны рассматриваются по своей природе, как электромагнитные волны, обладающие всеми их свойствами;
- волновая поверхность - множество всех точек пространства, в которых фаза колебаний в данный момент времени имеет одно и то же значение;
- волновой фронт - множество всех точек пространства, которых достиг колебательный процесс в данный момент времени;
- световой луч - линия в пространстве, не имеющая размеров в поперечном сечении, и которая в каждой своей точке перпендикулярна волновой поверхности, проходящей через эту точку;
- когерентные волны - волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз;
- интерференция света - явление перераспределения энергии в пространстве, происходящее в результате сложения когерентных волн и приводящее к образованию в пространстве устойчивой картины

чередующихся максимумов и минимумов амплитуд результирующей волны;

- принцип суперпозиции световых волн - при распространении в среде нескольких световых волн каждая из них распространяется так, как будто другие волны отсутствуют, т.е. световое возмущение совокупности световых волн равно сумме световых возмущений каждой из волн в отдельности;

- фазовая скорость – скорость, с которой перемещается волновая поверхность, т. е. скорость, с которой распространяется волновая поверхность одинаковых фаз;

- дисперсия света – зависимость фазовой скорости волны от частоты,

- дифракция – это явление отклонения от законов геометрической оптики при распространении света в среде, обусловленное волновой природой света.

Волновой фронт является частным случаем волновой поверхности и его можно назвать крайней волновой поверхностью, до которой дошёл волновой процесс к данному моменту времени, то есть граница между возмущённой и невозмущённой областями среды.

Световой луч представляет из себя пучок света малого поперечного размера.

Световой луч направлен в сторону переноса энергии световой волны.

В волновой оптике в зависимости от формы волнового фронта обычно рассматриваются световые волны двух типов, а именно плоские и сферические.

Реальные световые волны по своей пространственно-временной структуре, как правило, достаточно далеки от эталонных (плоских, сферических, гармонических) волн.

Реальные электромагнитные волны модулированы в пространстве и во времени, т.е. их характеристики меняются в пространстве и во времени.

Когерентные волны можно получить от одного источника в результате отражения, преломления или дифракции.

Два независимых источника света не могут быть когерентными, поэтому

в опытах с интерференцией света световые пучки от одного источника разделяют на два пучка, заставляют их проходить разные расстояния, а потом соединяют.

Устойчивое во времени распределение амплитуд колебаний в пространстве при интерференции называется интерференционной картиной.

Световая волна определенной частоты называется монохроматической.

### 3. Описание экспериментальной установки Майкельсона

Экспериментальная установка Майкельсона представляла собой интерферометр.

Для проведения опытов по регистрации эфирного ветра [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] А.А. Майкельсоном была использована принципиальная схема работы интерферометра, изображенная на рис.1.

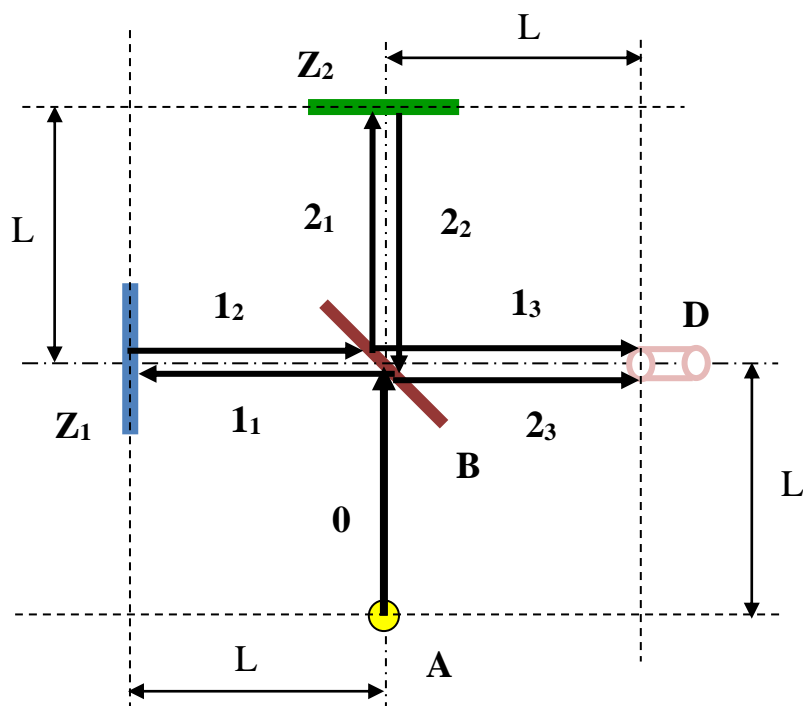


Рис.1

Все оптические части интерферометра Майкельсона (источник света **A**, пластинка **B**, зеркала **Z<sub>1</sub>** и **Z<sub>2</sub>** и телескоп **D**) жестко закреплены на

крестообразной металлической раме [1], [2], [3].

Источник света **A**, зеркало **Z<sub>1</sub>**, зеркало **Z<sub>2</sub>** и телескоп **D** находятся на равном расстоянии **L** от центра пластинки **B**.

Луч **0** монохроматического света [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] от источника **A** попадает под углом  $\alpha$ , равном  $45^\circ$ , на плоскопараллельную стеклянную пластинку **B** (задняя поверхность которой покрыта тонким полупрозрачным слоем серебра), при этом одна часть этого света отражается от пластинки **B** (луч **1<sub>1</sub>**), а другая часть проходит сквозь пластинку **B** (луч **2<sub>1</sub>**).

Далее с лучами **1<sub>1</sub>** и **2<sub>1</sub>** происходит следующее:

- луч **1<sub>1</sub>** попадает на плоское зеркало **Z<sub>1</sub>**, от которого отражается в виде луча **1<sub>2</sub>**;

- луч **1<sub>2</sub>** частично проходит сквозь пластинку **B** и в виде луча **1<sub>3</sub>** попадает в телескоп **D**,

- луч **2<sub>1</sub>** попадает на плоского зеркала **Z<sub>2</sub>**, от которого отражается в виде луча **2<sub>2</sub>**;

- луч **2<sub>2</sub>** частично отражается от посеребренной поверхности пластинки **B** и в виде луча **2<sub>3</sub>** попадает в телескоп **D**.

Таким образом, в телескопе **D** встречаются две части (лучи **1<sub>3</sub>** и **2<sub>3</sub>**) одного и того же луча **0** света от источника **A**.

Так как лучи **1<sub>3</sub>** и **2<sub>3</sub>** когерентны, то в телескопе **D** можно наблюдать интерференционную картину (светлые и темные полосы).

Интерференционная картина в телескопе **D** должна меняться при изменении интервалов времени прохождения лучами **1<sub>1</sub>**, **1<sub>2</sub>** и **1<sub>3</sub>** пути **B - Z<sub>1</sub> - B - D** (от пластинки **B** через зеркало **Z<sub>1</sub>** к пластинке **B** в телескоп **D**) и лучами **2<sub>1</sub>**, **2<sub>2</sub>** и **2<sub>3</sub>** пути **B - Z<sub>2</sub> - B - D** (от пластинки **B** через зеркало **Z<sub>2</sub>** к пластинке **B** в телескоп **D**).

На рис.1 показан предполагаемый ход лучей света **0**, **1<sub>1</sub>**, **1<sub>2</sub>**, **1<sub>3</sub>**, **2<sub>1</sub>**, **2<sub>2</sub>** и **2<sub>3</sub>** в инерциальной системе отчета, в которой интерферометр находится в

неподвижном состоянии.

#### 4. Математическая модель А.А. Майкельсона оценки скорости эфирного ветра

Математическая модель А.А. Майкельсона оценки скорости эфирного ветра [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14] основывается на следующих основных предположениях:

- существование эфира, представляющего собой однородную и изотропную окружающую среду;
- свет распространяется в неподвижном эфире со постоянной скоростью  $c$  в независимости от направления своего движения,
- система отсчета, в которой эфир неподвижен, является инерциальной.

Рассматривается ход световых лучей в интерферометре в инерциальной системе отчета, в которой эфир неподвижен.

С целью упрощения расчета выбирается частный случай, когда интерферометр Майкельсона движется относительно неподвижного эфира со скоростью  $\mathbf{V}$ , вектор которой параллелен прямой, соединяющей источник  $\mathbf{A}$  с зеркалом  $\mathbf{Z}_2$  (лучу  $\mathbf{0}$  света, излучаемого источником  $\mathbf{A}$ ), и направлен в сторону зеркала  $\mathbf{Z}_2$ .

Положение и ход световых лучей в интерферометре в инерциальной системе отчета, в которой эфир неподвижен, определяется с учетом геометрической оптикой.

Используя предположения:

- о постоянстве скорости света в неподвижном эфире,
- свет от источника  $\mathbf{A}$  движется в виде светового луча к пластинке  $\mathbf{B}$ ,
- свет от пластинки  $\mathbf{B}$  движется в виде световых лучей к зеркалам  $\mathbf{Z}_1$  и  $\mathbf{Z}_2$ ,
- свет от зеркала  $\mathbf{Z}_1$  и движется в виде светового луча к пластинке  $\mathbf{B}$ ,
- свет от зеркала  $\mathbf{Z}_2$  и движется в виде светового луча к пластинке  $\mathbf{B}$ ,
- свет от пластинки  $\mathbf{B}$  движется в виде световых лучей в телескоп  $\mathbf{D}$ ,



авторами работ [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14] получено, что:

- длина  $L_2$  общего пути, пройденного светом по лучам  $2_1$  и  $2_2$  соответственно от пластинки **В** к зеркалу  $Z_2$  и от зеркала  $Z_2$  к пластинке **В** в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, равна:

$$L_2 = c \cdot t_2 = c \cdot t_{21} + c \cdot t_{22} = \frac{L \cdot c}{c - V} + \frac{L \cdot c}{c + V} = \frac{2L}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} \quad (1)$$

где, как показано на рис.2:

$c$  – скорость света в вакууме,

$t_2$  – время движения света по пути **В** –  $Z_2$  – **В** (лучи  $2_1$  и  $2_2$ ),

$t_{21}$  – время движения света по пути **В** –  $Z_2$  (луч  $2_1$ ),

$t_{22}$  – время движения света по пути  $Z_2$  – **В** (луч  $2_2$ ),

$L$  – расстояние от центра пластинки **В** до источника света **А**, зеркала  $Z_1$ , зеркала  $Z_2$  и телескопа **Д**.

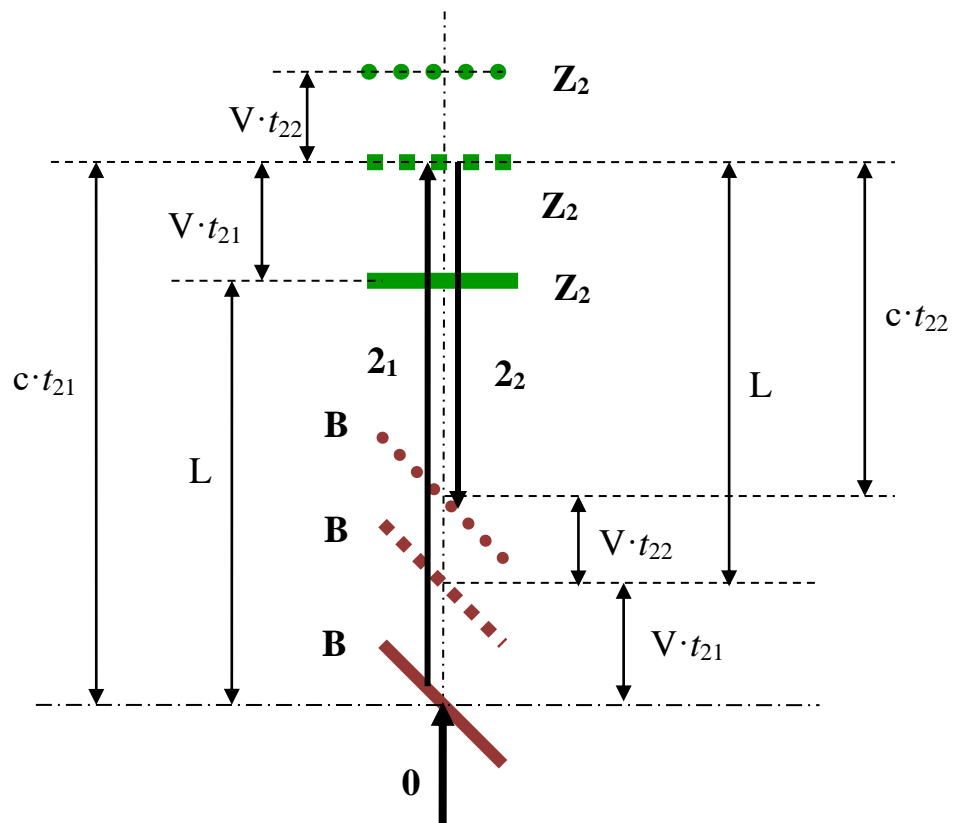


Рис.2

- длина  $L_1$  общего пути, пройденного светом по лучам  $\mathbf{1}_1$  и  $\mathbf{1}_2$  соответственно от пластинки  $\mathbf{B}$  к зеркалу  $\mathbf{Z}_1$  и от зеркала  $\mathbf{Z}_1$  к пластинке  $\mathbf{B}$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, равна:

$$L_1 = c \cdot t_1 = c \cdot t_{11} + c \cdot t_{12} = \frac{2L}{\sqrt{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)}} \quad (2)$$

где, как показано на рис.3:

$t_1$  – время движения света по пути  $\mathbf{B} - \mathbf{Z}_1 - \mathbf{B}$  (лучи  $\mathbf{1}_1$  и  $\mathbf{1}_2$ ),

$t_{11}$  – время движения света по пути  $\mathbf{B} - \mathbf{Z}_1$  (луч  $\mathbf{1}_1$ ),

$t_{12}$  – время движения света по пути  $\mathbf{Z}_1 - \mathbf{B}$  (луч  $\mathbf{1}_2$ ).

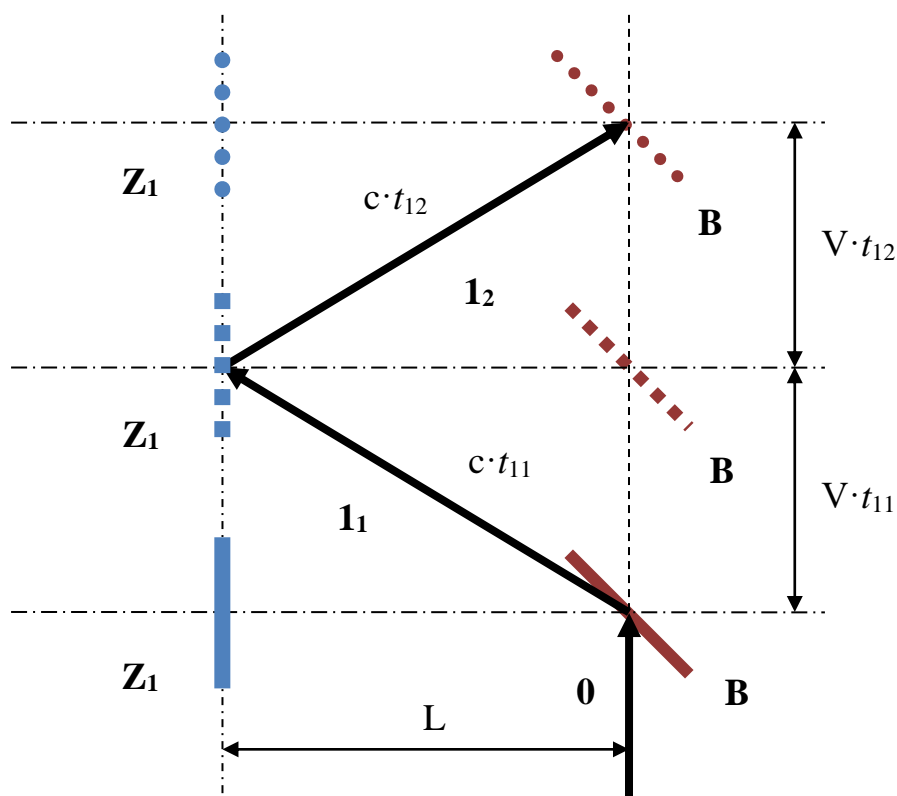


Рис.3

Из формул (1) и (2) следует, что для частного случая, когда вектор скорости  $\mathbf{V}$  движения интерферометра Майкельсона относительно эфира параллелен прямой, соединяющей источник  $\mathbf{A}$  с зеркалом  $\mathbf{Z}_2$ , и направлен в сторону зеркала  $\mathbf{Z}_2$ , разность  $\Delta L$  длин  $L_2$  и  $L_1$  должна быть равна:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{2L}{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)} - \frac{2L}{\sqrt{1 - \left(\frac{V^2}{c^2}\right)}} \quad (3)$$

В соответствии расчетом, проведенным с использованием рассмотренной модели, при горизонтальном вращении интерферометра Майкельсона в телескопе **D** должны были наблюдаться изменения интерференционной картины.

Результатом эксперимента Майкельсона стало отсутствие изменений интерференционной картины в телескопе **D**.

### 5. Скорость света в вакууме

За последние двести лет было проведено большое количество экспериментов по определению значения скорости света в вакууме.

В настоящее время установлено наиболее точное значение скорости  $c$  света в вакууме, равное  $299\,792\,458 \pm 1,2$  м/с.

Отличительной чертой экспериментов по определению значения скорости света в вакууме [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14] является использование интерференции двух световых пучков:

- пучка от источника монохроматического света,
- пучка его отражения от зеркала.

Оба этих световых пучка можно охарактеризовать следующим образом:

- длина пучка несоизмеримо больше длины световой волны,
- поперечный размер пучка несоизмеримо мал по сравнению с длиной пучка,
- площадь волнового фронта пучка несоизмеримо мала по сравнению с площадью боковой поверхности пучка.

Учитывая то, что эксперименты по определению значения скорости света в вакууме проводились только для частного случая распространения световых волн в пространстве, может возникнуть вопрос о величине скорости распространения световых волн в вакууме для случаев, когда:

- волновой фронт световых волн - плоский,
- волновой фронт световых волн - сферический,
- длина плоского волнового фронта световых волн соизмерима или больше длины каждого из световых пучков (большая длина волнового фронта при малой толщине зоны колебательного процесса в пространстве).

#### **6. Движение света по пути источник $A$ - пластинка $B$ - зеркало $Z_1$ в системе отсчета, неподвижной относительно эфира**

Для рассмотрения движения света в интерферометре Майкельсона введем следующие определения:

- передний волновой фронт - множество всех точек пространства, которых достиг колебательный процесс в данный момент времени;
- задний волновой фронт - множество всех точек пространства, в которых прекратился колебательный процесс в данный момент времени;
- длина пространства, охваченного колебательным процессом, - расстояние между передним и задним волновым фронтом.

Также введем основные предположения:

- эфир представляет собой однородную и изотропную окружающую среду,
- система отсчета, в которой эфир неподвижен, является инерциальной;
- световая энергия узконаправленного пучка распространяется в неподвижном эфире с постоянной скоростью  $c$  в независимости от направления своего движения.

С целью упрощения расчета рассмотрим предположим:

- интерферометр Майкельсона движется относительно неподвижного эфира со скоростью  $V$ , вектор которой параллелен прямой, соединяющей источник  $A$  с зеркалом  $Z_2$  (лучу  $O$  света, излучаемого источником  $A$ ), и направлен в сторону зеркала  $Z_2$ ;
- в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, источник  $A$

интерферометра Майкельсона создает узконаправленное монохроматическое световое излучение в виде пучка  $\mathbf{0}$ , названного лучом  $\mathbf{0}$  в математической модели Майкельсона;

- длина  $L_0$  пучка  $\mathbf{0}$  несоизмеримо больше длины  $\lambda_0$  светового излучения источника  $\mathbf{A}$  и расстояния  $L$  в интерферометре Майкельсона;

- световой пучок  $\mathbf{0}$  имеет минимально возможный размер, равный  $2d_0$ , в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине светового потока (в идеальном случае световой пучок  $\mathbf{0}$  – две одинаковые бегущие волны вдоль длинной линии);

- световой пучок  $\mathbf{0}$  без изменения физических свойств может быть разделен в продольном направлении на отдельные составляющие, которые можно назвать элементами  $\mathbf{0}_1, \mathbf{0}_2, \mathbf{0}_3, \dots, \mathbf{0}_n$  пучка  $\mathbf{0}$  (где  $n$  – целое число не более  $L_0/\lambda_0$ );

- в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, каждый элемент  $\mathbf{0}_1, \mathbf{0}_2, \mathbf{0}_3, \dots, \mathbf{0}_n$  пучка  $\mathbf{0}$  движется поступательно в направлении зеркала  $Z_2$  с постоянной скоростью  $c_0$ , равной скорости света  $c$  и вектор которой находится на линии, соединяющей источник  $\mathbf{A}$  с зеркалом  $Z_2$ .

Передний и задний волновой фронт пучка  $\mathbf{0}$  будут иметь размер  $2d_0$ .

В системе отсчета, в которой эфир неподвижен, световая энергия в пучке  $\mathbf{0}$  движется с постоянной скоростью  $c_0$ , равной скорости света  $c$ , от источника  $\mathbf{A}$  к пластинке  $\mathbf{B}$ .

Если на пути движения света пучка  $\mathbf{0}$  поставить плоское зеркало, неподвижное относительно эфира, то свет пучка  $\mathbf{0}$  отразится от этого зеркала и превратился в свет пучка, аналогичного пучку  $\mathbf{0}$  без структурных изменений и имеющего другое направление движения.

В интерферометре на пути движения света пучка  $\mathbf{0}$  находится пластинка  $\mathbf{B}$ , движущаяся поступательно в направлении зеркала  $Z_2$  со скоростью  $V$  относительно неподвижного эфира и обладающая способностью (как плоское зеркало) отразить части световой энергии пучка  $\mathbf{0}$  в направлении зеркала  $Z_1$ .

В связи с тем, что пластинка **B** движется со скоростью **V** и отражающая плоскость пластинки **B** находится под углом  $\alpha$  к линии, по которой движется световая энергия пучка **0** (линии, проходящей через источник **A** и центр зеркала **Z<sub>2</sub>**), пучок **0** не может полностью отразиться от поверхности пластинки **B** без структурных изменений, заключающихся в том, что от поверхности пластинки **B** продольная часть (допустим половина) каждого элемента **0<sub>1</sub>, 0<sub>2</sub>, 0<sub>3</sub>, ..., 0<sub>n</sub>** пучка **0** в отдельности отражается от поверхности пластинки **B**.

Части элементов **0<sub>1</sub>, 0<sub>2</sub>, 0<sub>3</sub>, ..., 0<sub>n</sub>** пучка **0**, отраженные от пластинки **B**, назовем соответственно элементами **1<sub>11</sub>, 1<sub>12</sub>, 1<sub>13</sub>, ... 1<sub>1n</sub>** полосы **1<sub>1</sub>**.

В итоге можно сказать, что под воздействием движущейся пластинки **B** (зеркала) часть пучка **0** разложилась на отдельные элементы **1<sub>11</sub>, 1<sub>12</sub>, 1<sub>13</sub>, ..., 1<sub>1n</sub>** полосы **1<sub>1</sub>**.

Причем возможен обратный процесс, когда отдельные элементами **1<sub>11</sub>, 1<sub>12</sub>, 1<sub>13</sub>, ..., 1<sub>1n</sub>** полосы **1<sub>1</sub>** могут снова превратиться в часть пучка **0** при попадании полосы **1<sub>1</sub>** на пластинку **B**, имеющую наклон  $\alpha$  и движущуюся со скоростью **V** в направлении, противоположном движению световой энергии полосы **1<sub>1</sub>**.

Отличие пучка **0** от полосы **1<sub>1</sub>** заключается в том, что составные элементы в пучке **0** находятся последовательно на одной линии, а у полосы **1<sub>1</sub>** составные элементы находятся параллельно друг другу.

В произвольно выбранный момент времени  $t_i$  превращение части пучка **0** в полосу **1<sub>1</sub>** при отражении от пластинки **B** в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, показано на рис.4.

Про элементы **1<sub>11</sub>, 1<sub>12</sub>, 1<sub>13</sub>, ..., 1<sub>1n</sub>** полосы **1<sub>1</sub>** в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- каждый элемент **1<sub>11</sub>, 1<sub>12</sub>, 1<sub>13</sub>, ..., 1<sub>1n</sub>** движется поступательно в направлении зеркала **Z<sub>1</sub>** с постоянной скоростью **c<sub>11</sub>**, допустим равной **c<sub>1</sub>** и вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке **0**;

- проекция скорости  $\mathbf{c}_{11}$  движения каждого элемента  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  на направление движения света в пучке  $\mathbf{0}$  равна величине скорости  $\mathbf{V}$ ;

- каждый элемент  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  имеет размер не более  $\mathbf{d}_0$  в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине элемента;

- передний и задний волновой фронт каждого элемента  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  будут иметь размер порядка  $\mathbf{d}_0$ ;

- передний и задний волновой фронт и волновые поверхности каждого элемента  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  перемещаются поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_1$  с постоянной скоростью  $\mathbf{c}_{11}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- минимальное расстояния между двумя ближайшими к друг другу элементами  $\mathbf{1}_{11}$  и  $\mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{12}$  и  $\mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n-1}$  и  $\mathbf{1}_{1n}$  в полосе  $\mathbf{1}_1$  постоянно и не менее

$$\lambda_0 \frac{V}{c} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} ;$$

- все элементы  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  полосы  $\mathbf{1}_1$  в любой момент времени  $t_i$  будут находиться на одной линии, совпадающей с линией, проходящей через центры зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , пластинки  $\mathbf{B}$  и телескоп  $\mathbf{D}$ , в момент времени  $t_i$ ;

- последовательно каждый из элементов  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  полосы  $\mathbf{1}_1$  после попадания на зеркало  $\mathbf{Z}_1$  превращается в соответствующий элемент  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  полосы  $\mathbf{1}_2$ ;

- направление движения элементов  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  не перпендикулярно плоскости волнового фронта полосы  $\mathbf{1}_1$ , а находится к ней под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

О полосе  $\mathbf{1}_1$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- полоса  $\mathbf{1}_1$  имеет постоянную длину, равную  $\mathbf{L}$  (от пластинки  $\mathbf{B}$  до зеркала  $\mathbf{Z}_1$ );

- ширина полосы  $\mathbf{1}_1$  – порядка  $\mathbf{d}_0$ ,

- толщина полосы  $\mathbf{1}_1$  (расстояние между передним и задним волновым

фронтом) – не менее  $\frac{V}{c} \lambda_0$ ,

- в полосе  $\mathbf{1}_1$  одновременно может находиться не менее  $\frac{L}{\lambda_0 \sqrt{\frac{c_1^2}{c^2} - \frac{V^2}{c^2}}}$  элементов  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$ ;

- внутри полосы  $\mathbf{1}_1$  одновременно каждый из элементов  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  движется поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_1$  с постоянной скоростью  $\mathbf{c}_{11}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- каждый из элементов  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  не постоянно находится в полосе  $\mathbf{1}_1$ , а появляется в полосе  $\mathbf{1}_1$  при отражении части соответствующего элемента  $\mathbf{0}_1, \mathbf{0}_2, \mathbf{0}_3, \dots, \mathbf{0}_n$  пучка  $\mathbf{0}$  от пластинки  $\mathbf{B}$  и покидает в полосу  $\mathbf{1}_1$  после попадания на зеркало  $\mathbf{Z}_1$ ;

- полоса  $\mathbf{1}_1$  движется поступательно с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$ ,

- полоса  $\mathbf{1}_1$  (а точнее ее продольная ось) всегда находится на линии, проходящей через центры пластинки  $\mathbf{B}$ , зеркала  $\mathbf{Z}_1$  и телескопа  $\mathbf{D}$ ,

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $\mathbf{1}_1$  являются плоскостями, параллельными плоскости, проходящей через линию, соединяющую центры пластинки  $\mathbf{B}$  и зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , и перпендикуляр к горизонтальной плоскости интерферометра;

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $\mathbf{1}_1$  одновременно перемещаются поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$  с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  параллельно направлению движения света в пучке  $\mathbf{0}$  и смещаются параллельно себе (касательно своей плоскости) со скоростью  $\sqrt{c_1^2 - V^2}$  в направлении центра зеркала  $\mathbf{Z}_1$ ;

- все элементы  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  полосы  $\mathbf{1}_1$  не перпендикулярны волновым фронтам и всем волновым поверхностям полосы  $\mathbf{1}_1$ , а находятся к ним под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .



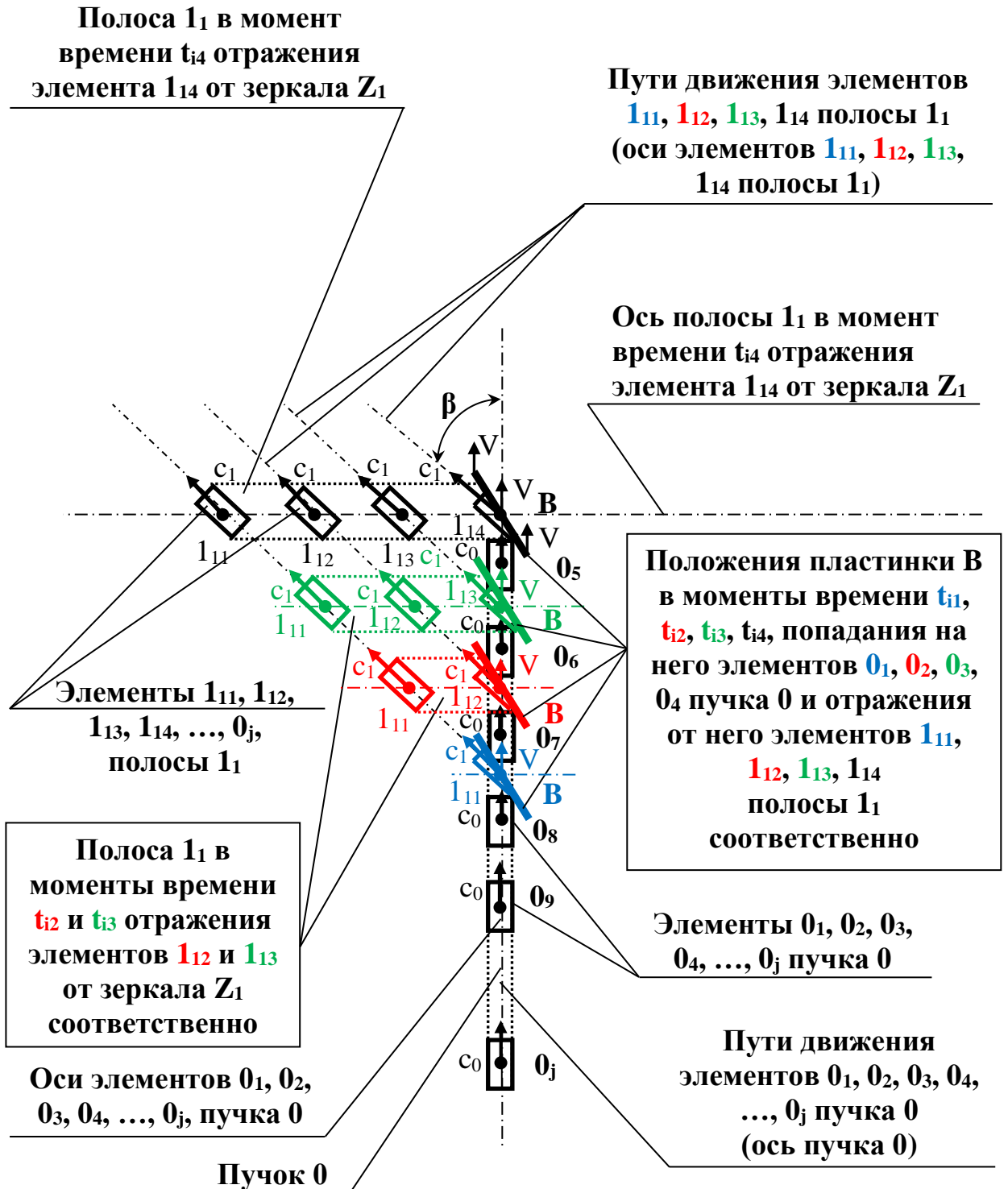


Рис.4

7. Движение света, отраженного от зеркала  $Z_1$  к пластинке  $B$   
в системе отсчета, неподвижной относительно эфира

В системе отсчета, в которой эфир неподвижен, при своем движении от пластинки **B** элементы  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  полосы  $\mathbf{1}_1$  последовательно попадают под углом  $\beta$  на плоское зеркало  $\mathbf{Z}_1$  и последовательно отражается от зеркало  $\mathbf{Z}_1$  под углом  $\beta$  в виде соответствующих элементов  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  полосы  $\mathbf{1}_2$ .

В связи с тем, что скорость поступательного движения зеркало  $\mathbf{Z}_1$  равна нулю, полоса  $\mathbf{1}_2$  в общем виде будет представлять полосу  $\mathbf{1}_1$ , перевернутую на  $180^\circ$ .

Про элементы  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  полосы  $\mathbf{1}_2$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- каждый элемент  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  движется поступательно в направлении от зеркала  $\mathbf{Z}_1$  к пластинке **B** с постоянной скоростью  $\mathbf{c}_{12}$ , равной  $\mathbf{c}_1$  и вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- проекция скорости  $\mathbf{c}_{12}$  движения каждого элемента  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  на направление движения света в пучке  $\mathbf{0}$  равна величине скорости  $\mathbf{V}$ ,

- векторы скоростей  $\mathbf{c}_{11}$  и  $\mathbf{c}_{12}$  равны по абсолютной величине и угол между их направлениями составляет  $2\beta$ ,

- каждый элемент  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  имеет размер не более  $\mathbf{d}_0$  в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине элемента;

- передний и задний волновой фронт каждого элемента  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  будут иметь размер порядка  $\mathbf{d}_0$ ;

- передний и задний волновой фронт и волновые поверхности каждого элемента  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  перемещаются поступательно в направлении от зеркала  $\mathbf{Z}_1$  к пластинке **B** с постоянной скоростью  $\mathbf{c}_{12}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- минимальное расстояния между двумя ближайшими к друг другу элементами  $\mathbf{1}_{21}$  и  $\mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{22}$  и  $\mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n-1}$  и  $\mathbf{1}_{2n}$  в полосе  $\mathbf{1}_2$  постоянно и не менее

$$\lambda_0 \frac{V}{c} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} ;$$

- все элементы  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  полосы  $\mathbf{1}_2$  в любой момент времени  $t_i$  будут находиться на одной линии, совпадающей с линией, проходящей через центры зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , пластинки  $\mathbf{B}$  и телескоп  $\mathbf{D}$ , в момент времени  $t_i$ ;

- последовательно каждый из элементов  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  полосы  $\mathbf{1}_2$  после прохождения пластинки  $\mathbf{B}$  без отражения превращается в соответствующий элемент  $\mathbf{1}_{31}, \mathbf{1}_{32}, \mathbf{1}_{33}, \dots, \mathbf{1}_{3n}$  полосы  $\mathbf{1}_3$ ;

- направление движения элементов  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  не перпендикулярно плоскости волнового фронта полосы  $\mathbf{1}_2$ , а находится к ней под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

О полосе  $\mathbf{1}_2$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- полоса  $\mathbf{1}_2$  имеет постоянную длину, равную  $\mathbf{L}$  (от пластинки  $\mathbf{B}$  до зеркала  $\mathbf{Z}_1$ );

- ширина полосы  $\mathbf{1}_2$  – порядка  $\mathbf{d}_0$ ,

- толщина полосы  $\mathbf{1}_2$  (расстояние между передним и задним волновым фронтом) – не менее  $\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{c}} \lambda_0$ ,

- в полосе  $\mathbf{1}_2$  одновременно может находиться не менее  $\frac{\mathbf{L}}{\lambda_0 \sqrt{\frac{\mathbf{c}_1^2}{\mathbf{c}^2} - \frac{\mathbf{V}^2}{\mathbf{c}^2}}}$  элементов  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$ ;

- внутри полосы  $\mathbf{1}_2$  одновременно каждый из элементов  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  движется поступательно в направлении от зеркала  $\mathbf{Z}_1$  к пластинке  $\mathbf{B}$  с постоянной скоростью  $\mathbf{c}_{12}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- каждый из элементов  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  не постоянно находится в полосе  $\mathbf{1}_2$ , а появляется в полосе  $\mathbf{1}_2$  при отражении части соответствующего элемента  $\mathbf{1}_{11}, \mathbf{1}_{12}, \mathbf{1}_{13}, \dots, \mathbf{1}_{1n}$  полосы  $\mathbf{1}_1$  от зеркала  $\mathbf{Z}_1$  и покидает в полосу  $\mathbf{1}_2$  после прохождения пластинки  $\mathbf{B}$ ;

- полоса  $\mathbf{1}_2$  движется поступательно с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$ ,

- полоса  $\mathbf{1}_2$  (а точнее ее продольная ось) всегда находится на линии, проходящей через центры пластинки  $\mathbf{B}$ , зеркала  $\mathbf{Z}_1$  и телескопа  $\mathbf{D}$ ,

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $\mathbf{1}_2$  являются плоскостями, параллельными плоскости, проходящей через линию, соединяющую центры пластинки  $\mathbf{B}$  и зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , и перпендикуляр к горизонтальной плоскости интерферометра;

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $\mathbf{1}_2$  одновременно перемещаются поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$  с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  параллельно направлению движения света в пучке  $\mathbf{0}$  и смещаются параллельно себе (касательно своей плоскости) со скоростью  $\sqrt{c_1^2 - V^2}$  в направлении центра пластинки  $\mathbf{B}$ ;

- все элементы  $\mathbf{1}_{21}, \mathbf{1}_{22}, \mathbf{1}_{23}, \dots, \mathbf{1}_{2n}$  полосы  $\mathbf{1}_2$  не перпендикулярны волновым фронтам и всем волновым поверхностям полосы  $\mathbf{1}_2$ , а находятся к ним под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

В итоге рассмотрения можно отметить, что в системе отсчета, в которой эфир неподвижен:

- полосы  $\mathbf{1}_1$  и  $\mathbf{1}_2$  в любой момент времени  $t_i$  работы интерферометра совмещены и движутся поступательно с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$ ,

- в любой момент времени  $t_i$  работы интерферометра световая энергия, движущаяся от пластинки  $\mathbf{B}$  до зеркала  $\mathbf{Z}_1$  и далее снова к пластинке  $\mathbf{B}$ , находится в узкой полосе пространства (полосы  $\mathbf{1}_1$  и  $\mathbf{1}_2$ ), поперечная ось которой, будут находиться на одной линии, совпадающей с линией, проходящей через центры зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , пластинки  $\mathbf{B}$  и телескоп  $\mathbf{D}$ , в момент времени  $t_i$ .

**8. Движение света, отраженного от зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , в направлении от пластинки  $\mathbf{B}$  к телескопу  $\mathbf{D}$ , в системе отсчета, неподвижной относительно эфира**

В системе отсчета, в которой эфир неподвижен, элементы  $1_{21}, 1_{22}, 1_{23}, \dots, 1_{2n}$  полосы  $1_2$  проходят через пластинку  $\mathbf{B}$  и превращаются в элементы  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  полосы  $1_3$ .

В связи с тем, что элементы  $1_{21}, 1_{22}, 1_{23}, \dots, 1_{2n}$  полосы  $1_2$  не подвергаются отражению от поверхности пластинки  $\mathbf{B}$ , элементы  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  полосы  $1_3$  ничем не отличаются от элементов  $1_{21}, 1_{22}, 1_{23}, \dots, 1_{2n}$  полосы  $1_2$  и фактически являются их продолжением на пути от пластинки  $\mathbf{B}$  к телескопу  $\mathbf{D}$ .

Про элементы  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  полосы  $1_3$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- каждый элемент  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  движется поступательно в направлении от пластинки  $\mathbf{B}$  к телескопу  $\mathbf{D}$  с постоянной скоростью  $c_{13}$ , равной  $c_1$  и вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- проекция скорости  $c_{13}$  движения каждого элемента  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  на направление движения света в пучке  $\mathbf{0}$  равна величине скорости  $\mathbf{V}$ ;

- векторы скоростей  $c_{12}$  и  $c_{13}$  одинаковы по абсолютной величине и направлению,

- каждый элемент  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  имеет размер не более  $d_0$  в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине элемента;

- передний и задний волновой фронт каждого элемента  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  будут иметь размер порядка  $d_0$ ;

- передний и задний волновой фронт и волновые поверхности каждого элемента  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  перемещаются поступательно в направлении от пластинки  $\mathbf{B}$  к телескопу  $\mathbf{D}$  с постоянной скоростью  $c_{13}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- минимальное расстояния между двумя ближайшими к друг другу элементами  $1_{31}$  и  $1_{32}, 1_{32}$  и  $1_{33}, \dots, 1_{3n-1}$  и  $1_{3n}$  в полосе  $1_3$  постоянно и не менее

$$\lambda_0 \frac{v}{c} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} ;$$

- все элементы  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  полосы  $1_3$  в любой момент времени  $t_i$

будут находиться на одной линии, совпадающей с линией, проходящей через центры зеркала  $Z_1$ , пластинки  $B$  и телескоп  $D$ , в момент времени  $t_i$ ;

- направление движения элементов  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  не перпендикулярно плоскости волнового фронта полосы  $1_3$ , а находится к ней под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

О полосе  $1_3$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- полоса  $1_3$  имеет постоянную длину, равную  $L$  (от пластинки  $B$  до телескопа  $D$ );

- ширина полосы  $1_3$  – порядка  $d_0$ ,

- толщина полосы  $1_3$  (расстояние между передним и задним волновым фронтом) – не менее  $\frac{v}{c} \lambda_0$ ,

- в полосе  $1_3$  одновременно может находиться не менее  $\frac{L}{\lambda_0 \sqrt{\frac{c_1^2}{c^2} - \frac{v^2}{c^2}}}$  элементов  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$ ;

- внутри полосы  $1_3$  одновременно каждый из элементов  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  движется поступательно в направлении от пластинки  $B$  до телескопа  $D$  с постоянной скоростью  $c_{13}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $0$ ;

- каждый из элементов  $1_{31}, 1_{32}, 1_{33}, \dots, 1_{3n}$  не постоянно находится в полосе  $1_3$ , а появляется в полосе  $1_2$  при прохождении соответствующего элемента  $1_{21}, 1_{22}, 1_{23}, \dots, 1_{2n}$  полосы  $1_2$  от пластинки  $B$  и покидает в полосу  $1_3$  после попадания в телескоп  $D$ ;

- полоса  $1_3$  движется поступательно с постоянной скоростью  $V$  в направлении зеркала  $Z_2$ ,

- полоса  $1_3$  (а точнее ее продольная ось) всегда находится на линии, проходящей через центры пластинки  $B$ , зеркала  $Z_1$  и телескопа  $D$ ,

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $1_3$  являются плоскостями, параллельными плоскости, проходящей через линию,

соединяющую центры пластинки **B** и зеркала **Z<sub>1</sub>** и перпендикуляр к горизонтальной плоскости интерферометра;

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы **1<sub>3</sub>** одновременно перемещаются поступательно в направлении зеркала **Z<sub>2</sub>** с постоянной скоростью **V** параллельно направлению движения света в пучке **0** и смещаются параллельно себе (касательно своей плоскости) со скоростью  $\sqrt{c_1^2 - V^2}$  в направлении центра телескопа **D**;

- все элементы **1<sub>31</sub>, 1<sub>32</sub>, 1<sub>33</sub>, ..., 1<sub>3n</sub>** полосы **1<sub>3</sub>** не перпендикулярны волновым фронтам и всем волновым поверхностям полосы **1<sub>3</sub>**, а находятся к ним под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

### 9. Движение света по пути пластинка **B** - зеркало **Z<sub>2</sub>** - пластинка **B** в системе отсчета, неподвижной относительно эфира

Учитывая особенность пластинки **B** в отражении и пропускании света, часть световой энергии пучка **0** (допустим одна бегущая волна пучка **0**) свободно проходит через пластинку **B** и в виде пучка **2<sub>1</sub>**, движущегося в направлении зеркала **Z<sub>2</sub>** и имеющего такую же длину волны, как и пучок **0**.

Части элементов **0<sub>1</sub>, 0<sub>2</sub>, 0<sub>3</sub>, ..., 0<sub>n</sub>** пучка **0**, прошедшие через пластинки **B** без отражения, назовем соответственно элементами **2<sub>11</sub>, 2<sub>12</sub>, 2<sub>13</sub>, ..., 2<sub>1n</sub>** пучка **2<sub>1</sub>**.

Пучок **2<sub>1</sub>** подобен пучку **0**, так как элементы **0<sub>1</sub>, 0<sub>2</sub>, 0<sub>3</sub>, ..., 0<sub>n</sub>** в пучке **0** и элементы **2<sub>11</sub>, 2<sub>12</sub>, 2<sub>13</sub>, ..., 2<sub>1n</sub>** в пучке **2<sub>1</sub>** находятся последовательно на одной линии.

О пучке **2<sub>1</sub>** в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- световой пучок **2<sub>1</sub>** имеет минимально возможный размер, равный **d<sub>0</sub>**, в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине светового потока;

- передний и задний волновой фронт пучка **2<sub>1</sub>** будут иметь размер **d<sub>0</sub>**,

- световая энергия в пучке **2<sub>1</sub>** движется с постоянной скоростью **c<sub>21</sub>**,

равной скорости света  $c$ , от пластинки  $\mathbf{B}$  к зеркалу  $\mathbf{Z}_2$ .

Про элементы  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  пучка  $\mathbf{2}_1$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- каждый элемент  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  движется поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$  с постоянной скоростью  $c_{21}$ , равной  $c$ , в направлении движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- каждый элемент  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  имеет размер не более  $\mathbf{d}_0$  в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине элемента;

- передний и задний волновой фронт каждого элемента  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  будут иметь размер порядка  $\mathbf{d}_0$ ;

- передний и задний волновой фронт и волновые поверхности каждого элемента  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  перемещаются поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$  с постоянной скоростью  $c_{21}$  в направлении движения света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- направление движения элементов  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  перпендикулярно плоскости волнового фронта пучка  $\mathbf{2}_1$ .

После попадания под прямым углом на плоское зеркало  $\mathbf{Z}_2$  пучок  $\mathbf{2}_1$  отражается от зеркала  $\mathbf{Z}_2$  также под прямым углом в виде пучка  $\mathbf{2}_2$ .

То есть последовательно каждый из элементов  $\mathbf{2}_{11}, \mathbf{2}_{12}, \mathbf{2}_{13}, \dots, \mathbf{2}_{1n}$  пучка  $\mathbf{2}_1$  после попадания на зеркало  $\mathbf{Z}_2$  превращается в соответствующий элемент  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  пучка  $\mathbf{2}_2$ .

В связи с тем, что пучок  $\mathbf{2}_1$  попадает на зеркало  $\mathbf{Z}_2$  под прямым углом, отраженный пучок  $\mathbf{2}_2$  будет представлять пучок  $\mathbf{2}_1$ , перевернутую на  $180^\circ$ .

О пучке  $\mathbf{2}_2$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- световой пучок  $\mathbf{2}_2$  имеет минимально возможный размер, равный  $\mathbf{d}_0$ , в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине светового потока;

- передний и задний волновой фронт пучка  $\mathbf{2}_2$  будут иметь размер  $\mathbf{d}_0$ ,



- световая энергия в пучке  $\mathbf{2}_2$  движется с постоянной скоростью  $c_{22}$ , равной скорости света  $c$ , от зеркала  $\mathbf{Z}_2$  к пластинке  $\mathbf{B}$ .

Про элементы  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  пучка  $\mathbf{2}_2$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- каждый элемент  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  движется поступательно в направлении пластинки  $\mathbf{B}$  с постоянной скоростью  $c_{22}$ , равной  $c$ , в направлении противоположном движению света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- каждый элемент  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  имеет размер не более  $d_0$  в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине элемента;

- передний и задний волновой фронт каждого элемента  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  будут иметь размер порядка  $d_0$ ;

- передний и задний волновой фронт и волновые поверхности каждого элемента  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  перемещаются поступательно в направлении пластинки  $\mathbf{B}$  с постоянной скоростью  $c_{22}$  в направлении противоположном движению света в пучке  $\mathbf{0}$ ;

- направление движения элементов  $\mathbf{2}_{21}, \mathbf{2}_{22}, \mathbf{2}_{23}, \dots, \mathbf{2}_{2n}$  перпендикулярно плоскости волнового фронта пучка  $\mathbf{2}_2$ .

### **10. Движение света, отраженного от зеркала $\mathbf{Z}_2$ , в направлении от пластинки $\mathbf{B}$ к телескопу $\mathbf{D}$ , в системе отсчета, неподвижной относительно эфира**

В интерферометре на пути движения света пучка  $\mathbf{2}_2$  находится пластинка  $\mathbf{B}$ , движущаяся поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$  со скоростью  $\mathbf{V}$  относительно неподвижного эфира и обладающая способностью как плоское зеркало) отразить части световую энергию (или ее часть) пучка  $\mathbf{2}_2$  в направлении телескопа  $\mathbf{D}$ .

В связи с тем, что пластинка  $\mathbf{B}$  движется со скоростью  $\mathbf{V}$  и отражающая плоскость пластинки  $\mathbf{B}$  находится под углом  $\alpha$  к линии, по которой движется световая энергия пучка  $\mathbf{0}$  (линии, проходящей через источник  $\mathbf{A}$  и центр

зеркала  $Z_2$ ), пучок  $2_2$  не может полностью отразиться от поверхности пластинки  $B$  без структурных изменений, заключающихся в том, что каждый элемент  $2_{21}, 2_{22}, 2_{23}, \dots, 2_{2n}$  пучка  $2_2$  в отдельности отражается от поверхности пластинки  $B$ .

Элементы  $2_{21}, 2_{22}, 2_{23}, \dots, 2_{2n}$  пучка  $2_2$ , отраженные от пластинки  $B$ , назовем соответственно элементами  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$ .

В итоге можно сказать, что под воздействием движущейся пластинки  $B$  (зеркала) часть пучка  $2_2$  разложилась на отдельные элементы  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$ .

Причем возможен обратный процесс, когда отдельные элементами  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$  могут снова превратиться в пучок  $2_2$  при попадании полосы  $2_3$  на пластинку  $B$ , имеющую наклон и движущуюся со скоростью  $V$  в направлении, противоположном движению световой энергии полосы  $2_3$ .

Отличие пучка  $2_2$  от полосы  $2_3$  заключается в том, что составные элементы в пучке  $2_2$  находятся последовательно на одной линии, а у полосы  $2_3$  составные элементы находятся параллельно друг другу.

Про элементы  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- каждый элемент  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  движется поступательно в направлении телескопа  $D$  с постоянной скоростью  $c_{23}$ , допустим равной  $c_1$  и вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке  $0$ ;

- проекция скорости  $c_{23}$  движения каждого элемента  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  на направление движения света в пучке  $0$  равна величине скорости  $V$ ;

- каждый элемент  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  имеет размер не более  $d_0$  в поперечном сечении, являющийся постоянным по всей длине элемента;

- передний и задний волновой фронт каждого элемента  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  будут иметь размер порядка  $d_0$ ;

- передний и задний волновой фронт и волновые поверхности каждого элемента  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  перемещаются поступательно в направлении от

пластинки **B** к телескопу **D** с постоянной скоростью  $c_{23}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке **0**;

- минимальное расстояния между двумя ближайшими к друг другу элементами  $2_{31}$  и  $2_{32}$ ,  $2_{32}$  и  $2_{33}, \dots, 2_{3n-1}$  и  $2_{3n}$  в полосе  $2_3$  постоянно и не менее

$$\lambda_0 \frac{v}{c} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} ;$$

- все элементы  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$  в любой момент времени  $t_i$  будут находиться на одной линии, совпадающей с линией, проходящей через центры зеркала **Z**<sub>1</sub>, пластинки **B** и телескоп **D**, в момент времени  $t_i$ ;

- направление движения элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  не перпендикулярно плоскости волнового фронта полосы  $2_3$ , а находится к ней под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

О полосе  $2_3$  в системе отсчета, в которой эфир неподвижен, можно сказать следующее:

- полоса  $2_3$  имеет постоянную длину, равную **L** (от пластинки **B** до телескопа **D**);

- ширина полосы  $2_3$  – порядка **d**<sub>0</sub>,

- толщина полосы  $2_3$  (расстояние между передним и задним волновым фронтом) – не менее  $\frac{v}{c} \lambda_0$ ,

- в полосе  $2_3$  одновременно может находиться не менее  $\frac{L}{\lambda_0 \sqrt{\frac{c_1^2}{c^2} - \frac{v^2}{c^2}}}$  элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$ ;

- внутри полосы  $2_3$  одновременно каждый из элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  движется поступательно в направлении от пластинки **B** до телескопа **D** с постоянной скоростью  $c_{23}$ , вектор которой составляет угол  $\beta$  с направлением движения света в пучке **0**;

- каждый из элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  не постоянно находится в полосе  $2_3$ , а появляется в полосе  $2_3$  при отражении части соответствующего элемента  $2_{21}, 2_{22}, 2_{23}, \dots, 2_{2n}$  пучка  $2_2$  от пластинки **B** и покидает в полосу  $2_3$  после

попадания в телескоп **D**;

- полоса  $\mathbf{2}_3$  движется поступательно с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$ ,

- полоса  $\mathbf{2}_3$  (а точнее ее продольная ось) всегда находится на линии, проходящей через центры пластинки **B**, зеркала  $\mathbf{Z}_1$  и телескопа **D**,

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $\mathbf{2}_3$  являются плоскостями, параллельными плоскости, проходящей через линию, соединяющую центры пластинки **B** и зеркала  $\mathbf{Z}_1$ , и перпендикуляр к горизонтальной плоскости интерферометра;

- волновой фронт и все волновые поверхности полосы  $\mathbf{2}_3$  одновременно перемещаются поступательно в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$  с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  параллельно направлению движения света в пучке **0** и смещаются параллельно себе (касательно своей плоскости) со скоростью  $\sqrt{c_1^2 - V^2}$  в направлении телескопа **D**;

- все элементы  $\mathbf{2}_{31}, \mathbf{2}_{32}, \mathbf{2}_{33}, \dots, \mathbf{2}_{3n}$  полосы  $\mathbf{2}_3$  не перпендикулярны волновым фронтам и всем волновым поверхностям полосы  $\mathbf{2}_3$ , а находятся к ним под углом, равным  $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$ .

### 11. Интерференция световых полос $\mathbf{1}_3$ и $\mathbf{2}_3$

После детального рассмотрения движения световой энергии в интерферометре можно отметить, что в системе отсчета, в которой эфир неподвижен:

- полосы  $\mathbf{1}_3$  и  $\mathbf{2}_3$  в любой момент времени  $t_i$  работы интерферометра совмещены и движутся поступательно с постоянной скоростью  $\mathbf{V}$  в направлении зеркала  $\mathbf{Z}_2$ ,

- в любой момент времени  $t_i$  работы интерферометра световая энергия, движущаяся от пластинки **B** к телескопу **D**, находится в узкой полосе пространства (полосы  $\mathbf{1}_3$  и  $\mathbf{2}_3$ ), поперечная ось которой, будут находиться на одной линии, совпадающей с линией, проходящей через центры зеркала  $\mathbf{Z}_1$ ,

пластинки **B** и телескоп **D**, в момент времени  $t_i$ ;

- полоса  $1_3$  подобна полосе  $2_3$  (они одинаковы и могут отличаться лишь начальной фазой).

Так как лучи  $1_3$  и  $2_3$  когерентны, то в телескопе **D** можно наблюдать интерференционную картину (светлые и темные полосы).

При постоянстве расстояния **L** в интерферометре интерференционная картина в телескопе **D** должна меняться только при изменении интервалов времени прохождения световой энергией пути **B** - **Z**<sub>1</sub> - **B** - **D** (от пластинки **B** через зеркало **Z**<sub>1</sub> к пластинке **B** в телескоп **D**) и пути **B** - **Z**<sub>2</sub> - **B** - **D** (от пластинки **B** через зеркало **Z**<sub>2</sub> к пластинке **B** в телескоп **D**).

Возможен одним из вариантов объяснения отсутствие изменения интерференционная картина в телескопе **D** – неравенство скорости  $c_1$  (скорости движения световой энергии в полосах  $1_1$ ,  $1_2$ ,  $1_3$  и  $2_3$ ) скорости  $c$  (скорости движения световой энергии в пучках **0**, **2**<sub>1</sub>, и **2**<sub>2</sub>).

Интерференционная картина в телескопе **D** не будет меняться при следующем соотношении скоростей  $c$  и  $c_1$ :

$$c_1 = c \sqrt{1 + \frac{V^4}{c^4} - \frac{V^2}{c^2}} \quad (4)$$

## **12. Графическое изображение движения световой энергии в интерферометре в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, для любого момента времени**

На рис.5 изображены положения световых пучков **0**, **2**<sub>1</sub>, и **2**<sub>2</sub> и световых полос  $1_1$ ,  $1_2$ ,  $1_3$  и  $2_3$  в интерферометре при проведении опытов А.А. Майкельсона в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, в момент времени  $t_i$  для частного случая, когда интерферометр движется со скоростью **V**, вектор которой параллелен прямой, соединяющей источник **A** с зеркалом **Z**<sub>2</sub> (лучу **0** света, излучаемого источником **A**), и направлен в сторону зеркала **Z**<sub>2</sub>.

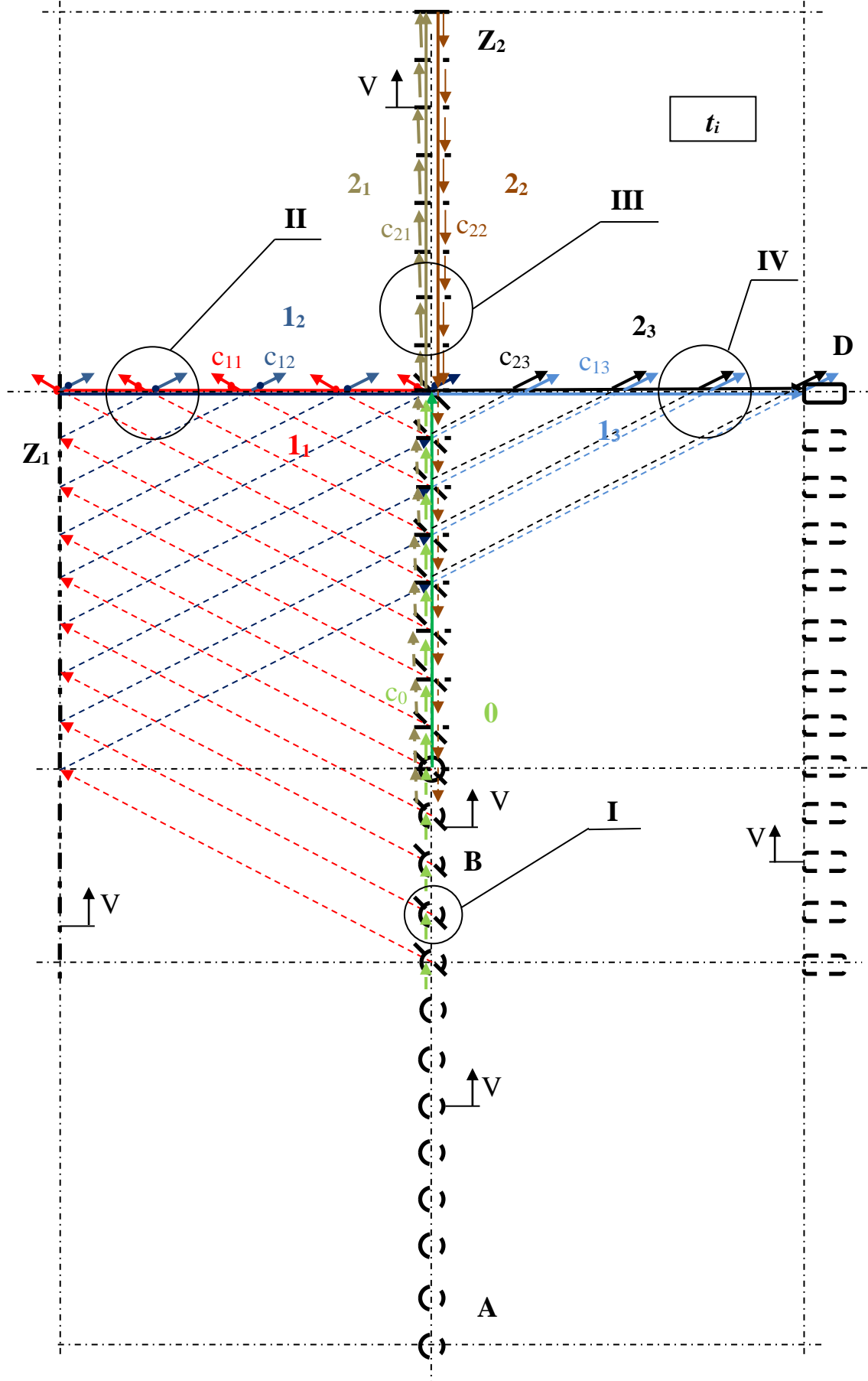


Рис.5

На рис.6 показано увеличение зоны **I** движения световой энергии в пучке **0** в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, в момент времени  $t_i$ .

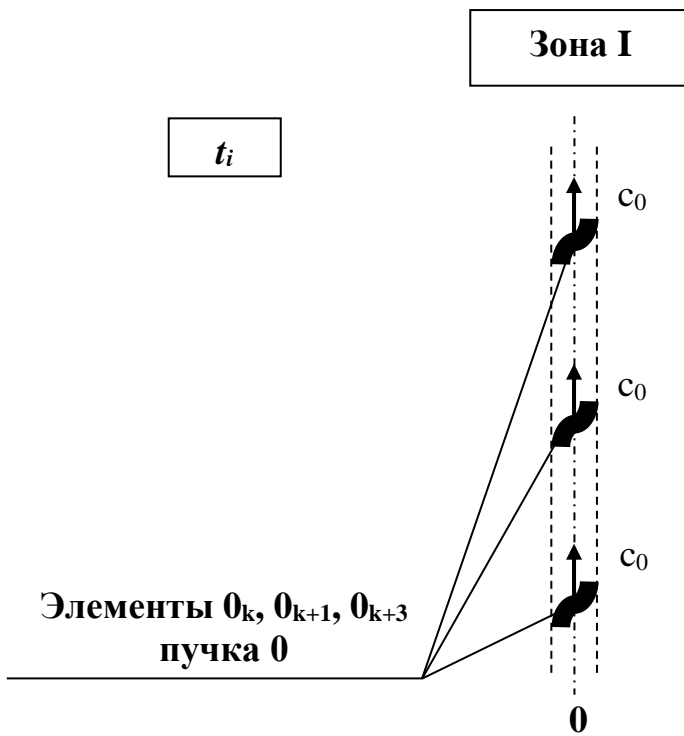


Рис.6

На рис.7 показано увеличение зоны **II** движения световой энергии в полосах **1<sub>1</sub>** и **1<sub>2</sub>**, в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, в момент времени  $t_i$ .

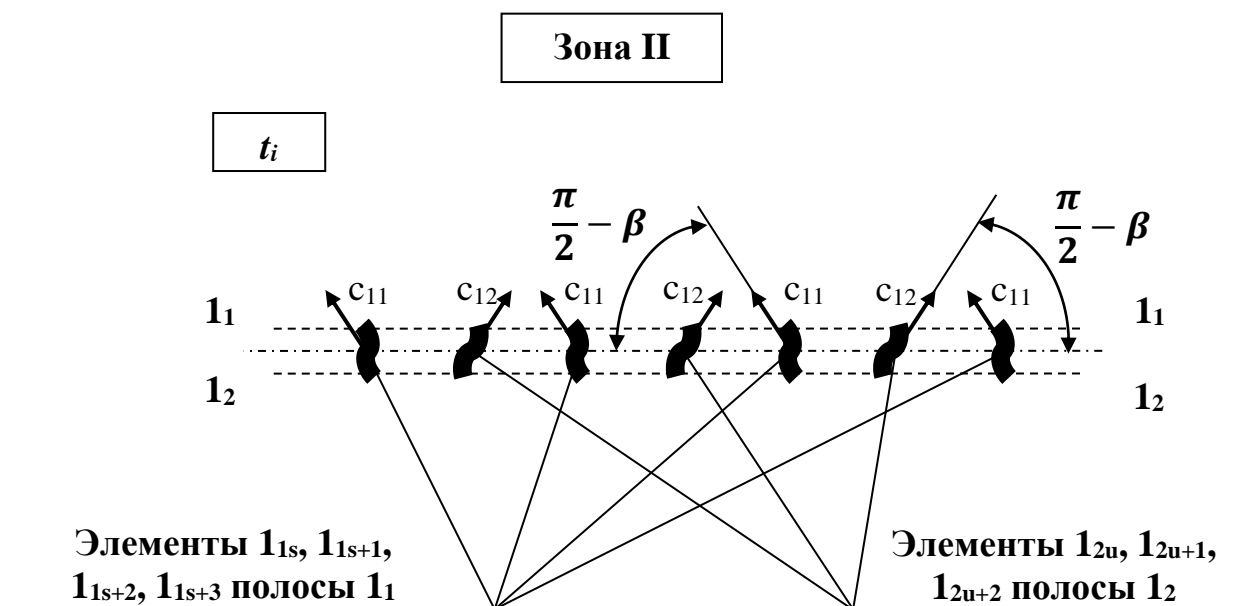


Рис.7

На рис.8 показано увеличение зоны **III** движения световой энергии в пучках  $2_1$  и  $2_2$ , в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, в момент времени  $t_i$ .

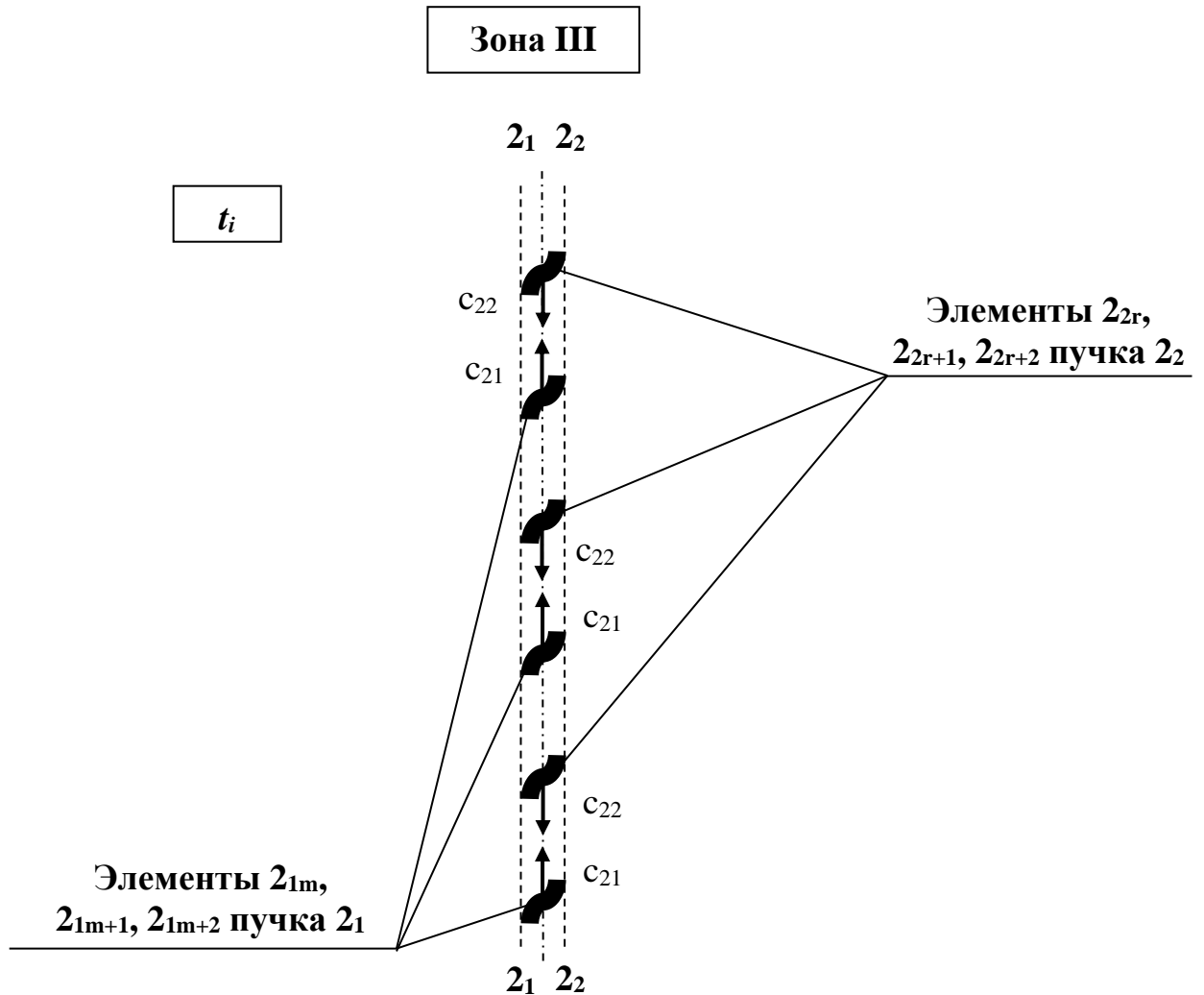
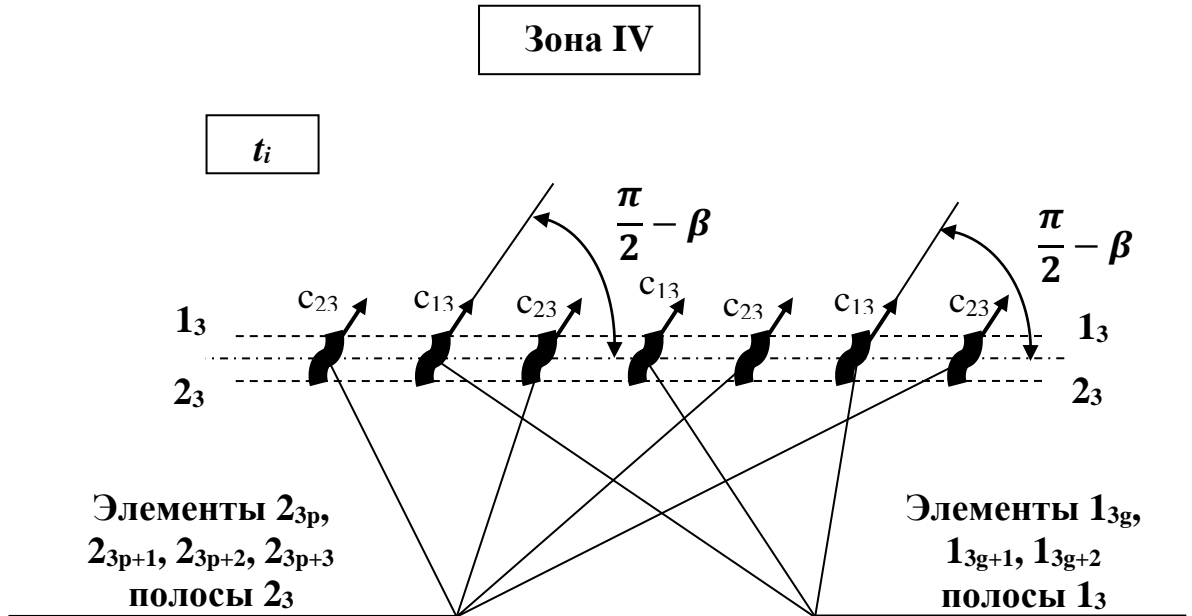


Рис.8

На рис.9 показано увеличение зоны **IV** движения световой энергии в полосах  $1_3$  и  $2_3$ , в системе отсчета, неподвижной относительно эфира, в момент времени  $t_i$ .





$t_i$

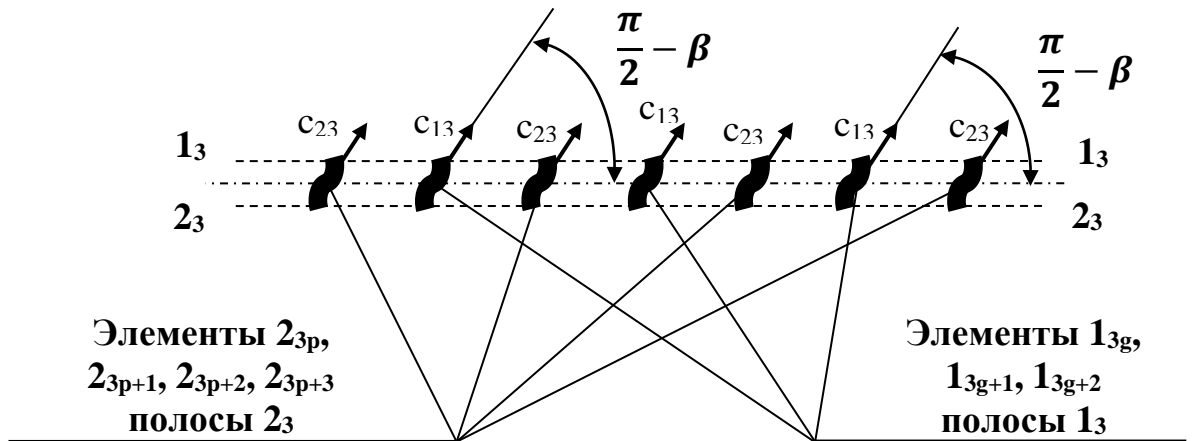


Рис.9

С целью упрощения рассмотрения движения световой энергии в интерферометре в предлагаемой математической модели сделаны следующие допущения:

- элементы  $1_{21}, 1_{22}, 1_{23}, \dots, 1_{2n}$  полосы  $1_2$  проходят через пластинку **В** без отражения от ее поверхности;
- элементы  $2_{21}, 2_{22}, 2_{23}, \dots, 2_{2n}$  пучка  $2_2$  не проходят через пластинку **В**, а только отражаются от пластинки **В** в виде элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$ .

### 13. Заключение

В данной статье рассмотрение движения световой энергии в интерферометре Майкельсона строится на том, что во всех инерциальных системах отсчета (с учетом принципа относительности Галилея) изолированный объект, имеющий габаритные размеры (т.е. не точечный объект), движущийся без ускорения и не вращающийся вокруг своего центра, не может изменить своей ориентации в пространстве.

Можно привести простейший пример.

Пусть имеются:

- две инерциальные системы отсчета  $O_0x_0y_0z_0$  и  $Oxyz$ , оси которых  $x_0$  и  $x$ ,  $y_0$  и  $y$ ,  $z_0$  и  $z$  соответственно параллельны и которые движутся относительно друг друга со скоростью  $v$ ;
- плоская пластина  $P$  в виде прямоугольника, плоскость которой перпендикулярна плоскости  $O_0x_0y_0$ .

Если пластина  $P$  в инерциальной системе отсчета  $O_0x_0y_0z_0$  находится в состоянии покоя и ее плоскость находится под углом  $\varphi$  к оси  $x_0$ , то в инерциальной системе отсчета  $Oxyz$  плоскость пластина  $P$  будет всегда находится под тем же углом  $\varphi$  к оси  $x$ , не зависимо от величины и направления скорости  $v$ .

Учитывая особенности движения световой энергии в интерферометре, нельзя исключить возможность отклонения значения скорости движения световой энергии в полосе от значения скорости движения световой энергии в пучке в вакууме.

Предложенная к рассмотрению математическая модель может позволить объяснить результаты экспериментов, полученные А.А. Майкельсоном, без применения специальной теории относительности.

Учитывая, что каждый из элементов  $1_{11}, 1_{12}, 1_{13}, \dots, 1_{1n}$  полосы  $1_1$  (и каждый из элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$ ) после отделения от пластины  $B$  движется как единое целое и его отражение от зеркальной поверхности пластины  $B$  происходит не одновременно (т.к. он не является точечным объектом), а в течении определенного периода времени (начиная с переднего волнового фронта и заканчивая задним волновым фронтом), можно предположить, что любой из элементов  $1_{11}, 1_{12}, 1_{13}, \dots, 1_{1n}$  полосы  $1_1$  (и любой из элементов  $2_{31}, 2_{32}, 2_{33}, \dots, 2_{3n}$  полосы  $2_3$ ) может представлять из себя не только плоскую электромагнитную волну, но и одновременно плоскую и продольную электромагнитную волну (в следствии возможности появления

электрического тока, направление которого будет перпендикулярно направлению движения элемента).

### Список литературы

1. Albert A. Michelson, The relative motion of the Earth and the Luminiferous ether, The American Journal of Science, 1881, III series, vol. XXII, № 128, p. 120—129.
2. Conference on the Michelson–Morley experiment, Held at the Mount Wilson Observatory, Pasadena, California, February 4 and 5, 1927.
3. Дэвид Бом, Специальная теория относительности, Мир, Москва, 1967.
4. Боргман И.И., Новые идеи в физике, Сборник третий, Образование, Санкт-Петербург, 1912.
5. Бейзер А., Основные представления современной науки, Атомиздат, Москва, 1973.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики, том 3, Высшая школа, Москва, 1979.
7. Угаров В.А., Специальная теория относительности, Наука, Москва, 1977.
8. Соколовский Ю.И., Теория относительности в элементарном изложении, Наука, Москва, 1964.
9. Бергман П.Г., Введение в теорию относительности, Иностранная литература, Москва, 1947.
10. Макс Борн, Эйнштейновская теория относительности, Мир, Москва, 1972.
11. Академик Л.И. Мандельштам, Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике, Наука, Москва, 1972.
12. Эфирный ветер, Сборник статей под редакцией В.А. Ацюковского, Энергоатомиздат, Москва, 2011.
13. Франкфурт У.И., Специальная и общая теория относительности, Наука, Москва, 1968.
14. Меллер К., Теория относительности, Атомиздат, Москва, 1975.

Автор

В.Н. Кочетков