

Эффект поперечного смещения света

Как-то мы, обсуждая уже изрядно надоевшую бесконечность задаваемых в Интернете вопросов примерно такого содержания: если велосипедист мчится вокруг Земли со скоростью света, то увидит ли он свою спину..., вдруг и сами ... стали составлять парадоксальные задачи. Вот, например, такая:

Представим два космических корабля (ракеты) P1 и P2, которые движутся параллельно друг другу в одну сторону с одинаковой субсветовой скоростью в пределах прямой видимости. С целью обеспечения устойчивой и экономной связи, на их бортах установлены лазерные передатчики и приемники. Космонавты наводят лазеры по визирному перпендикуляру к их направлению движения на фотоприемник соседа (см. рис.1. это путь $a1$ и $a2$) и, модуляцией лазерного луча передают и принимают информацию. Очевидно, что космонавты считают себя в неподвижной инерциальной системе отсчета (ИСО), для них так оно и есть.

И проблем со связью у них нет.

А теперь эти же ракеты пролетают мимо Земли, и земные наблюдатели, к своему глубокому удивлению, поражены той системой связи, которую используют космонавты. При этом земляне утверждают, что связи быть не может, так как фотоны лазеров должны распространяться строго перпендикулярно линии направления движения, и тем самым, должны «промахиваться» ..., так как пока луч лазера распространяется от одной ракеты, другая ракета уже переместится в новое положение.

Но, с другой стороны, связь между ракетами объективно существует?

Конечно, да. Предполагается, что другого ответа быть не может (иначе это уже полный абсурд).

Точно так же мы можем задать ситуацию, когда космонавты с их ракетами находятся в неподвижности, а мы сами начнем перемещаться справа налево мимо неподвижно зависших в космосе ракет. И в этом случае для наблюдателя, казалось бы, тоже должно быть очевидным отсутствие связи. В обоих случаях необходимо создать расчетное упреждение (на рис.1. это пути $b1$ и $b2$), чтобы луч попал в приемник соседа.

А у космонавтов - превосходная связь, которая никак не зависит от условий наших наблюдений...

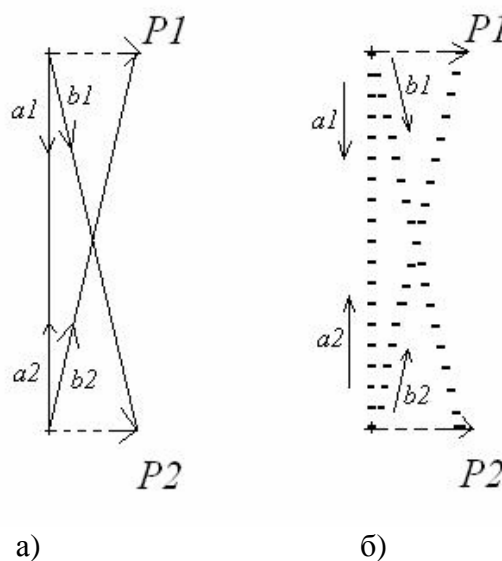


Рис. 1. Лазерная связь между космическими кораблями P1 и P2

Таким образом, мы должны признать, что свет лазеров смещается по ходу ракет P1 и P2 соответственно, что в итоге приводит к парадоксальному на первый взгляд выводу:

При излучении электромагнитной волны перпендикулярно направлению движения инерциальной системы отсчета (ИСО), возникают две составляющие движения: распространение фронта волны (фронт волны параллелен линии движения ИСО), и поперечного смещения световой волны (Рис. 1 б). Отсюда следует, что скорость поперечного смещения фотонов света равна скорости этого источника излучения. Очевидно, что скорость распространения фронтальной составляющей остается постоянной и равной скорости света – C .

В результате получаем, что движение фотонов образовано двумя составляющими:

- абсолютной – фронтальной, равной скорости света C ;
- относительной – поперечной, величина которой зависит только от соотношения скорости источника света и скорости движения стороннего наблюдателя (Рис. 2).

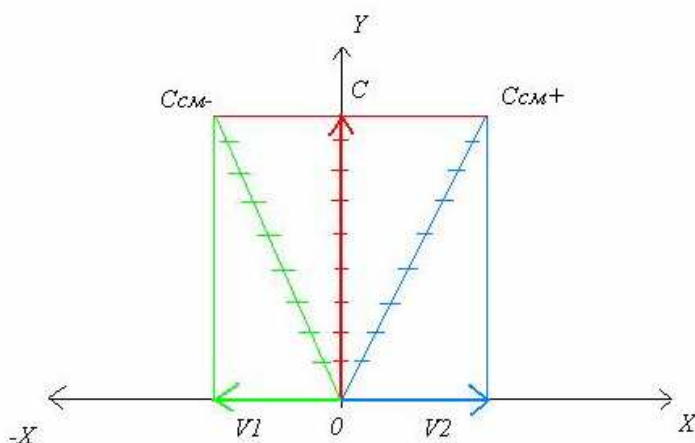


Рис. 2. Соотношение фронтальной и поперечной составляющих движения фотонов света

Наиболее правдоподобное объяснение эффекта поперечного смещения может заключаться в том, что фронт волны, оставаясь параллельным поверхности излучения, в момент отрыва приобретает массу движения, которая связана с поперечным движением излучающей поверхности. Таким образом, можно предположить, что в данном опыте фронтальное движение волны отражает волновую структуру света, а поперечное смещение – структуру фотонов, как материальных частиц.

Возникает вопрос, почему же этот сдвиг не наблюдался ранее?

Ответ также может быть несколько неожиданным.

Этот эффект и не мог наблюдаться в условиях экспериментов по следующим причинам:

1) Основной причиной является неизменность фронтальных параметров излучения (скорости и частоты/длины волны) при одновременной нейтрализации поперечного смещения (в случае наблюдения излучения звезд) вследствие переизлучения атмосферой Земли. Волна, переизлучаясь, приобретает единую структуру, в которой фронт волны остается неизменным, а поперечное смещение становится равным нулю.

2) Переизлучение, возникающее при использовании любого оптического прибора (и отражающего, и преломляющего типа). Независимо от составляющих фотона, при его переизлучении, поперечное смещение будет равно скорости движения отражающей или преломляющей поверхности, которая в экспериментах практически равна нулю (конечно же, по отношению к наблюдателю).

3) Немаловажным фактором следует считать сравнительно недавнее появление лазеров.

4) Для сферического излучения затруднительно представлять поперечное смещение (вообще, этот случай в физике даже и не рассматривался), а при незначительных величинах для сферы «заметность» величины поперечного смещения стремится к нулю (Рис. 3).

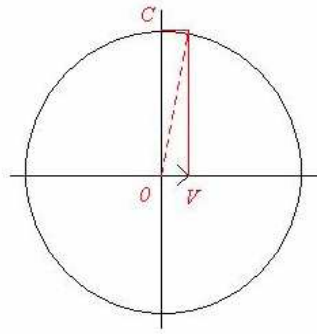


Рис.3. Поперечное смещение для сферической волны

Необходимо еще раз подчеркнуть, что *эффект поперечного смещения может возникать только при относительном поперечном движении инерциальных систем, и возникает только в момент излучения фотона*. Следовательно, при последующих изменениях скорости источника излучения, фотон уже не может изменять свою поперечную составляющую движения, которая должна сопровождать фотон на время его «жизни» или до момента его переизлучения.

Вспомним об этом свойстве оптики – переизлучении. Для классического случая - угол отражения луча равен углу его падения (Рис. 4.).

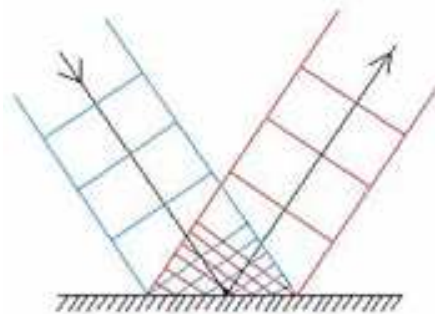


Рис.4. Принцип отражения луча света

На рис. 4 показано, как фронтальные плоскости первичных волн (синего цвета) порождают вторичные фронты волн при отражении (красного цвета).

В случае преломления для оптически прозрачных сред углы падающего и преломленного лучей соотносятся со скоростями распространения света до границы и после границы оптических сред, вследствие чего наклон фронта соответственно изменяется, что приводит к изменению направления преломленного луча (Рис. 5)

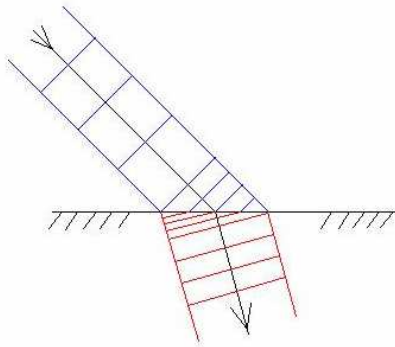


Рис. 5. Принцип преломления луча света

Рассмотрим, как может происходить процесс переизлучения лучей света, имеющих поперечное смещение (для краткости будем называть их смещенными лучами), как при отражении, так и при преломлении.

Отражение вертикально падающего смещенного луча на рис. 6.

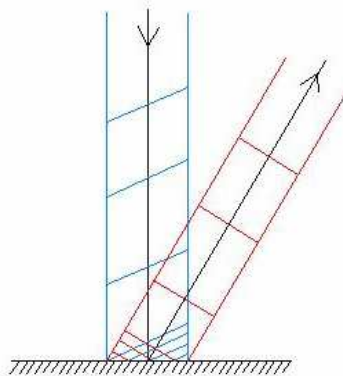


Рис. 6. Отражение вертикально падающего смещенного луча.

На рисунке видно, что наклонный фронт смещенного луча касается поверхности, как обычный наклонный луч. Очевидно, что отражение фронта (красного цвета) будет происходить слева направо, что сформирует наклонный отраженный фронт, с направлением излучения, перпендикулярным фронту этого луча. Неудивительно, что здесь налицо нарушение одного из основных законов оптики. Но и ситуации здесь рассматриваются неклассические.

Посмотрим, что произойдет, если направить на отражающую поверхность смещенный луч под таким углом, когда фронтальные плоскости луча направлены параллельно поверхности. Внимательный читатель наверняка уже вообразил ожидаемый эффект. И он представлен на рисунке 7.

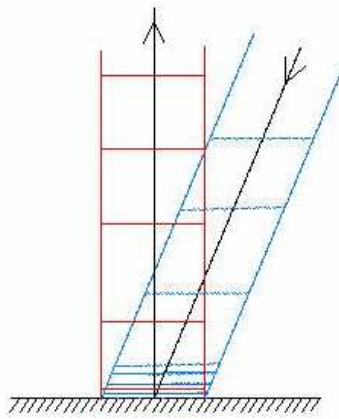


Рис. 7. Отражение наклонно падающего смещенного луча.

Действительно, так как фронт волны (синего цвета) падает параллельно поверхности, то отраженная волна (красного цвета) отразится вертикально вверх.

Для завершения обзора приводим рисунки (Рис. 8, 9.) с преломлением вертикально падающего и наклонно падающего смещенных лучей.

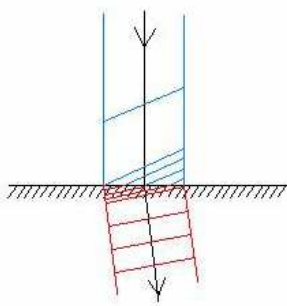


Рис. 8. Преломление вертикально падающего смещенного луча.

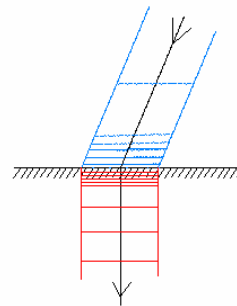


Рис. 9. Преломление наклонно падающего смещенного луча.

Очевидно, что эффект поперечного смещения света должен иметь место при излучении звезд, движущихся с достаточно большими поперечными скоростями. Открытым остается вопрос, возможно ли фиксировать поперечное смещение света звезд в наземных условиях или только в космосе, так как атмосфера Земли имеет определенную оптическую плотность, что, как говорилось ранее, может нейтрализовать эффект поперечного смещения. Вместе с тем, имелись ли ранее подобные попытки по исследованию данной темы, нам пока не известно.

Таким образом, если фотоны приобретают поперечную скорость, равную скорости источника света, то и при переизлучении света: при отражении - от движущихся поверхностей, при преломлении - сквозь движущиеся оптически прозрачные тела - также должен возникать эффект поперечного смещения?

Предположим, что при отражении это должно происходить следующим образом (Рис. 10).

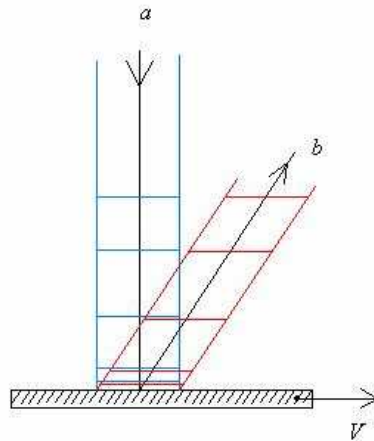


Рис. 10. Поперечное смещение света при отражении от движущегося зеркала

На поверхность зеркала, движущегося с большой скоростью V , падает нормально луч света «а». Но так как зеркало при отражении переизлучает фотоны, то они приобретают поперечную скорость смещения, равную скорости движения зеркала. Вследствие этого луч «b» должен отразиться под углом к нормали, пропорциональным соотношению скорости зеркала к скорости света. На основе этого эффекта вполне возможна и экспериментальная проверка высказанных предположений.

Предлагается несложная схема опыта, в котором эффект поперечного смещения возможно зафиксировать (Рис.11).

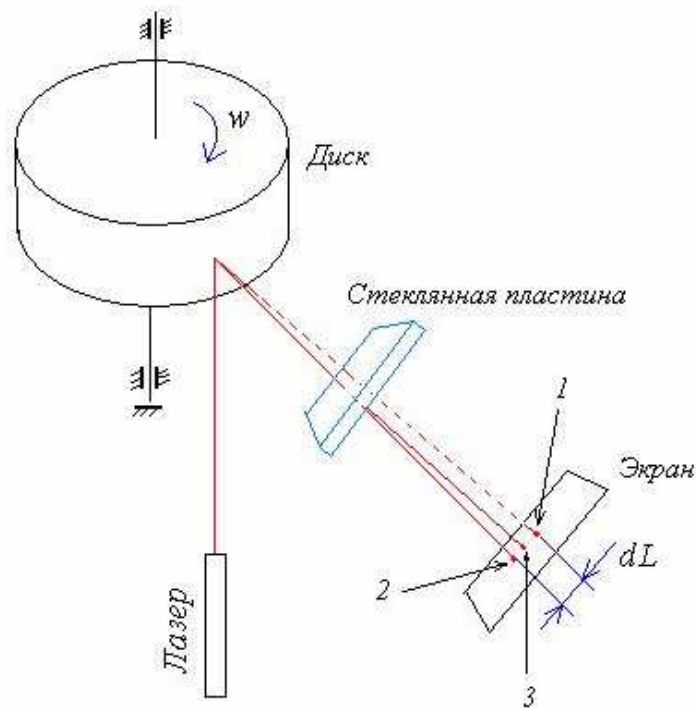


Рис. 11. Схема опыта по обнаружению эффекта поперечного смещения света.

В данном опыте предлагается направить под некоторым углом луч лазера на зеркальную цилиндрическую поверхность диска. На первых 2-х этапах опыт проводится без стекла, указанного на рисунке.

Первый этап – диск неподвижен. По законам классической оптики, луч лазера отразится под углом, равным углу падения (позиция «1» на контрольном экране).

На втором этапе - приводим во вращение диск с максимально возможной угловой частотой (ω). Согласно высказанным ранее предположениям, фотоны света, приобретая при отражении от движущейся поверхности диска скорость поперечного смещения, отклонятся на некоторый угол от первоначального, и будут двигаться в направлении точки «2» экрана на некотором расстоянии dL от точки «1».

На третьем этапе (диск продолжает вращаться) - помещаем плоскую стеклянную пластину на пути отраженного луча лазера. Как и говорилось ранее, в процессе переизлучения фотоны лишатся поперечного смещения, и луч начнет распространяться до точки «3» экрана, параллельно «классической» траектории, приводившей к точке «1».

Для чистоты опыта следовало бы поместить все элементы конструкции в вакуум, но есть большая надежда, что при столь малых размерах воздушная среда (создавая переизлучение) не должна существенным образом «успеть» повлиять на эффект поперечного смещения.

Необходимо пояснить, что для большей наглядности, в данной схеме не описаны фокусирующие и прочие оптические элементы, обеспечивающие параллельность отраженного лазерного луча, а также устройство экрана. Также не рассмотрены возможные варианты отражения от плоской торцовой поверхности диска, или варианты с шаровыми зеркальными отражателями (по аналогии с гироскопами). В схеме опыта не приведены какие-либо расчетные и размерные величины, так как данная тема находится на начальном этапе её исследования.

Полагаем, что эта теоретическая задача и её выводы должны заинтересовать любителей и специалистов, неравнодушных к специальной теории относительности. Возможно, нам укажут на ошибки, допущенные в наших размышлениях. Приведут достойное обоснование классического понимания этой проблемы, с формулами и математическими выкладками. Ждем.

Мы готовы к дальнейшему обсуждению этого вопроса...