

Соколов Виталий, Соколов Геннадий

Орбитальный эксперимент с фемтосекундным лазером для прямой проверки постулата инвариантности скорости света

В основе специальной теории относительности лежит постулат инвариантности скорости света, утверждающий, что относительно любой инерциальной системы скорость света не может быть больше величины $C = 299792458$ м/сек.

Результат интерференционных экспериментов по увлечению света движущейся средой рассматривается как одно из основных подтверждений этого постулата. Принять считать, что в экспериментах имеет место лишь частичное увлечение света и поэтому за счет увлечения света средой получить скорость, большую C , практически невозможно. Вывод о частичном увлечении делается на том основании, что в интерферометре смещение полос всегда оказывается меньше ожидаемого.

В предыдущей нашей статье [<http://www.wbabin.net/sokolov2/sokolov2.htm>] мы показали, что на самом деле в экспериментах с движущейся средой имеет место не частичное, а полное увлечение света, и свет относительно интерферометра движется со скоростями $\frac{C}{n} + V$ и $\frac{C}{n} - V$. В этих экспериментах смещение полос оказывается меньше не из-за того, что свет увлекается частично и скорости изменяются меньше, чем на величину V , а из-за того, что фотоны в движущейся среде изменяют частоты и поэтому за время, пока они идут в движущейся среде, в них возникает дополнительный фазовый сдвиг, смещающий интерференционные полосы в обратном направлении.

В данной работе предлагается новый эксперимент, цель которого – доказать, что в разреженной газовой среде, относительно которой инерциальная система движется с постоянной скоростью V , относительно этой системы свет движется со скоростью $C + V$, большей чем C . Другими словами, свет полностью увлекается средой, движущейся относительно данной инерциальной системы.

Эксперимент неинтерферометрический. В нем используется не непрерывный, а импульсный фемтосекундный лазер и непосредственно измеряется разность времен t_1 и t_2 , в течение которых короткие импульсы света проходят во встречных направлениях одно и то же расстояние L в движущейся относительно измерительного устройства газовой среде. Как и в известных экспериментах с увлечением света, в движущейся среде свет также изменяет частоту и возникают фазовые сдвиги, но они не влияют на скорость движения фотонов и поэтому не отражаются на результате измерения.

Этот эксперимент может быть выполнен на орбите спутника Земли, и мы предлагаем провести его на Международной Космической Станции (МКС).

Эксперимент основан на том факте, что скорость света относительно любой прозрачной среды определяется только показателем преломления n этой среды. Фотоны непрерывно переизлучаются атомами среды и поэтому независимо от движения источника света движутся относительно среды во всех направлениях с одинаковой скоростью $\frac{C}{n}$. Если инерциальная система с лазером движется относительно разреженной газовой среды со скоростью V , излученные лазером фотоны относительно этой среды движутся со скоростью $\frac{C}{n}$, а относительно данной инерциальной системы в направлении V их скорости равны $\frac{C}{n} + V$ и $\frac{C}{n} - V$ и поэтому одно и то же расстояние L в данной системе фотоны проходят за разные промежутки времени t_1 и t_2 .

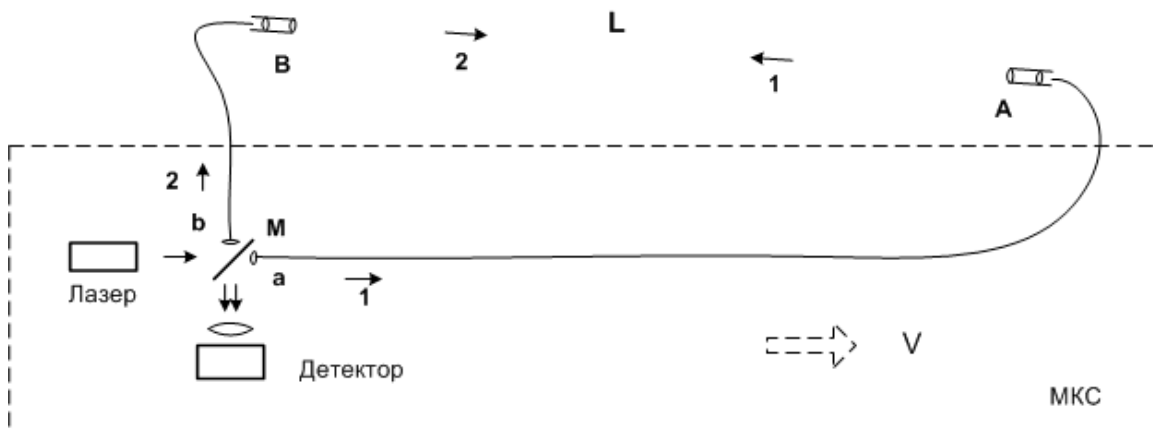


Рис.1

Схема эксперимента показана на Рис.1. Лазерный импульс, длительность которого меньше 1 пикосекунды, делится полупрозрачным зеркалом М на два импульса 1 и 2. Импульс 1 проходит через полупрозрачное зеркало М, в точке а входит в оптоволоконный кабель и идёт по кабелю к точке А, где через простейшую коллимирующую систему выходит в открытое пространство и движется в направлении к точке В. Пройдя в открытом пространстве расстояние L , в точке В он снова входит в оптоволоконный кабель, идет к точке б, второй раз проходит через полупрозрачное зеркало М и затем попадает в детектор.

Импульс 2 отражается от полупрозрачного зеркала, в точке б входит в оптоволоконный кабель и в точке В выходит в открытое пространство. Пройдя в

открытом пространстве то же самое расстояние L , он снова входит в оптоволоконный кабель и идет к детектору.

Так как импульс **1** дважды проходит через стекло полупрозрачного зеркала, его оптическая длина пути оказывается больше, чем у импульса **2**. Поэтому в случае, если лазер и оптоволоконные кабели неподвижны относительно среды, импульс **1** приходит в детектор позже, чем импульс **2**, на промежуток времени $\tau = 2l_c n_c / C$, как это показано на Рис.2,а (l_c - расстояние, проходимое в стекле, n_c - показатель преломления стекла).

Если это измерительное устройство расположено на спутнике и движется относительно среды со скоростью V , скорости движения импульсов в оптоволокне не изменяются, но из-за увлечения газовой средой расстояние L в открытом пространстве импульсы проходят с разными скоростями:

импульс **1** движется относительно спутника со скоростью $\frac{C}{n} + V$ и расстояние L проходит за время $t_1 = \frac{L}{\frac{C}{n} + V}$, а импульс **2** движется со скоростью $\frac{C}{n} - V$ и то же

расстояние L проходит за время $t_2 = \frac{L}{\frac{C}{n} - V}$, большее чем t_1 , то есть импульс **1**

расстояние L проходит на $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2LV}{\frac{C^2}{n^2} - V^2}$ быстрее, чем импульс **2**.

Поэтому, когда измерительное устройство движется относительно среды, импульсы приходят в детектор не с интервалом τ , а с интервалом $\tau - \Delta t$, меньшим, чем τ (Рис. 2,б).

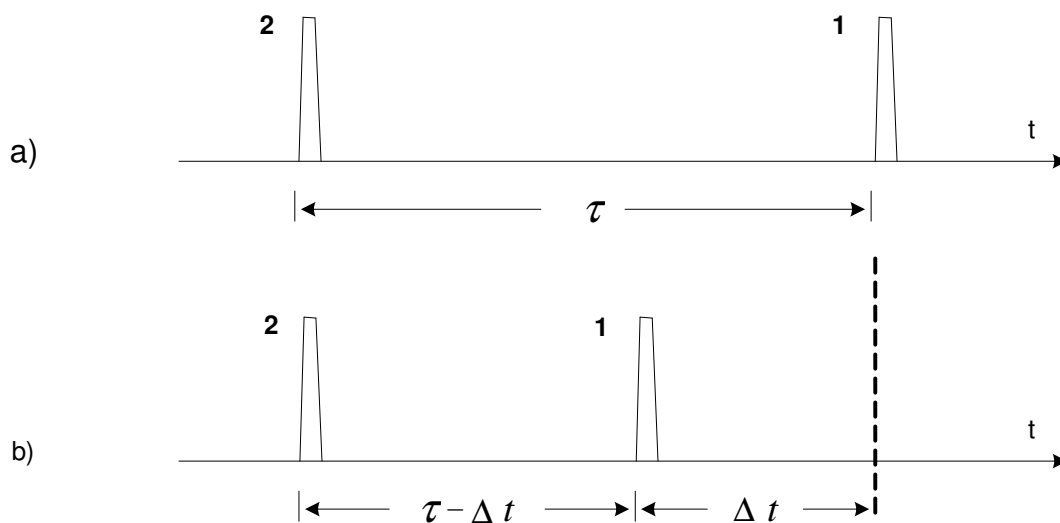


Рис.2

Показатель преломления воздуха $n = 1,00029$ и поэтому скорость света относительно воздуха почти на 90 км/сек меньше, чем C . Показатель преломления газа связан с концентрацией атомов линейной зависимостью. Так как на орбите спутника плотность атмосферы на 10 порядков ниже, показатель преломления практически равен 1, а скорость света равна C . Однако и здесь в каждом кубическом сантиметре среды содержится $10^8 - 10^9$ атомов, то есть это реальная газовая среда. Фотоны непрерывно переизлучаются атомами этой среды и поэтому относительно этой среды движутся со скоростью, практически равной C . Относительно же спутника Земли их скорости равны $C + V$ и $C - V$ и поэтому разность времен t_1 и t_2 определяется выражением $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2LV}{C^2 - V^2} \cong \frac{2LV}{C^2}$.

Изменение интервала между приходящими в детектор импульсами от τ , когда измерительное устройство неподвижно относительно газовой среды, до $\tau - \Delta t = \tau - \frac{2LV}{C^2}$, когда устройство движется относительно среды со скоростью V , доказывает, что относительно спутника импульс **1** и импульс **2** движутся с разными скоростями $C + V$ и $C - V$.

При проведении этого эксперимента необходимо учитывать следующие условия.

1. Чем больше расстояние L между точками **A** и **B**, тем большим оказывается интервал времени $\Delta t = t_2 - t_1$, который должен быть измерен детектором. Поэтому для облегчения измерения Δt расстояние L должно быть максимально большим. При скорости спутника $V = 7,8$ км/сек и при расстоянии $L = 60$ метров Δt равно приблизительно 10^{-11} сек, то есть импульс **2** приходит в детектор на 10 пикосекунд позже, чем импульс **1**.
2. Поскольку ожидаемое относительное смещение импульсов Δt составляет несколько пикосекунд, желательно использовать лазер с длительностью импульсов порядка 1 пикосекунды или меньше. В зависимости от типа детектора импульсов, измеряющего интервал времени Δt , в устройстве могут использоваться одиночные или периодические импульсы.
3. Для измерения промежутка времени Δt между импульсами **1** и **2** необходим детектор с временным разрешением 1 псек..
4. Точки **A** и **B** должны располагаться вне спутника таким образом, чтобы импульсы света не проходили через собственную атмосферу спутника, которая может изменить скорость их движения.
5. Для того, чтобы движущееся измерительное устройство не вносило дополнительных возмущений и минимально влияло на скорость движения газовой среды относительно спутника, линия **AB** должна располагаться под некоторым

углом к направлению движения (как мы полагаем, этот угол должен быть порядка $15^{\circ} - 20^{\circ}$).

Размеры Международной Космической Станции позволяют разместить снаружи станции коллимирующие устройства на расстоянии L более 60-70 метров. При таком расстоянии сдвиг по времени Δt между импульсами **1** и **2** будет вполне достаточным для обнаружения и измерения современным детектором.

Интервал времени Δt может возникнуть только из-за того, что в открытом пространстве импульсы света движутся относительно спутника со скоростями $C+V$ и $C-V$, и поэтому однозначно доказывает ошибочность основного постулата специальной теории относительности, утверждающего, что скорость света не зависит от движения наблюдателя.