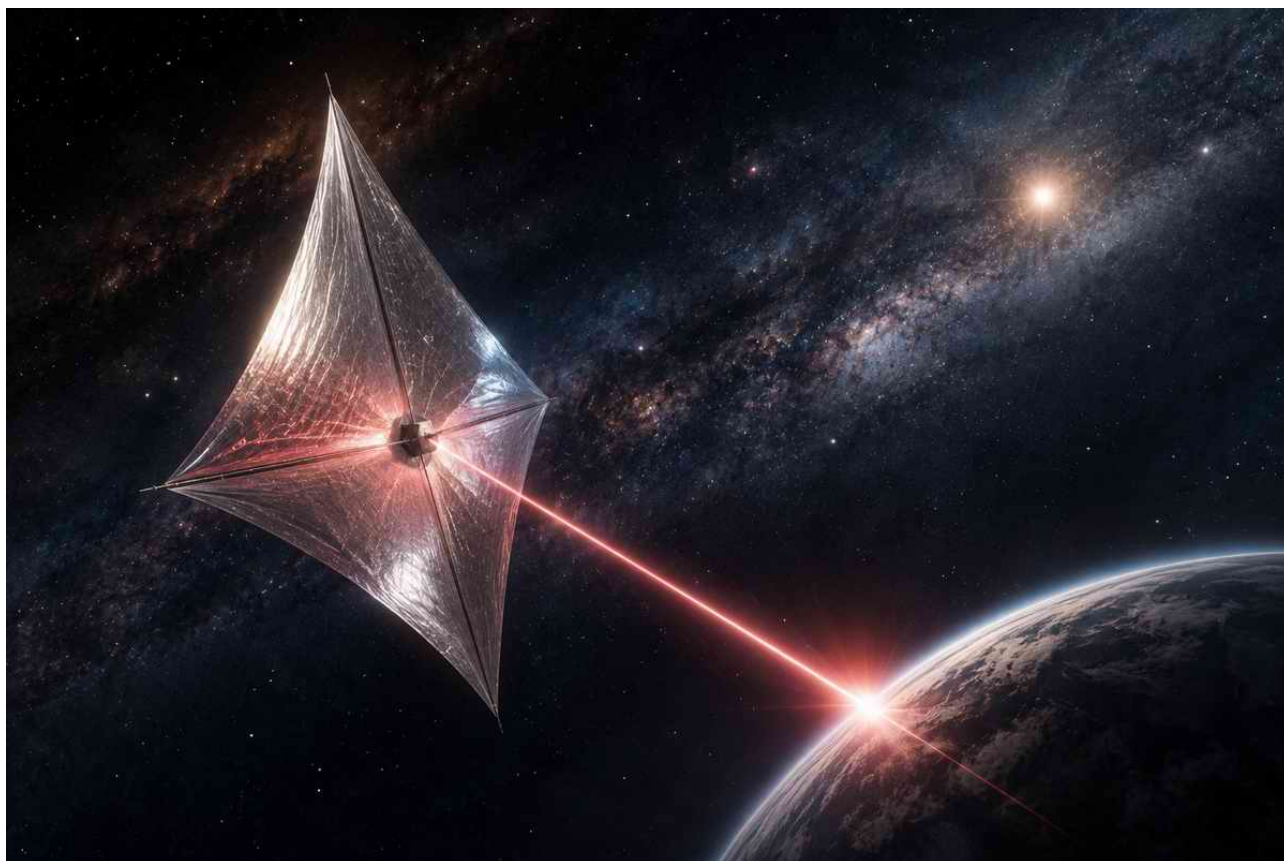


Межзвездные путешествия без топлива: смогут ли лазерные паруса доставить зонды к другим звездам



Дата публикации: 21.08.2026

Главная проблема межзвездных путешествий заключается не только в огромном расстоянии до других звезд, но и в топливе. Чем быстрее должен лететь космический аппарат, тем больше топлива ему требуется, а дополнительное топливо само увеличивает массу корабля. Физики предлагают радикальный выход: оставить источник энергии дома, а аппарат разгонять давлением света или потоком заряженных частиц. Именно на этом принципе работают солнечные, магнитные и лазерные паруса.

Идея использовать свет как двигатель появилась задолго до космической эры. Еще в XIX веке работы Джеймса Клерка Максвелла показали, что электромагнитное излучение обладает импульсом и оказывает давление на вещество. Позднее существование давления света подтвердили экспериментально, а Константин Циолковский в 1921 году предложил использовать огромные тонкие зеркала для разгона космических аппаратов солнечным излучением.

Принцип солнечного паруса удивительно прост. Большая и чрезвычайно легкая отражающая поверхность получает небольшой импульс от падающих фотонов. Давление солнечного света очень слабое, зато действует непрерывно и не требует расходовать топливо. В космосе, где практически отсутствует сопротивление, даже небольшое постоянное ускорение постепенно способно заметно изменить скорость аппарата.

Технология уже прошла реальные испытания. Японский аппарат IKAROS, отправленный к Венере в 2010 году, стал первым межпланетным аппаратом, успешно использовавшим солнечный парус для движения. Позднее LightSail-2 продемонстрировал изменение орбиты исключительно за счет давления солнечного излучения. NASA также испытывало компактные парусные системы, включая NanoSail-D и ACS3.

Существует и другой вариант — магнитный парус. Вместо отражения фотонов он должен взаимодействовать с солнечным ветром, состоящим из заряженных частиц. Сверхпроводящая катушка создает большое магнитное поле, которое отклоняет поток плазмы и получает от него импульс. Фактически аппарат разворачивает в космосе невидимый магнитный парус площадью значительно больше самой конструкции.

Такие системы особенно привлекательны для дальних полетов внутри Солнечной системы, однако на межзвездных расстояниях интенсивность солнечного света и солнечного ветра быстро уменьшается. Для настоящего путешествия к другой звезде требуется значительно более мощный внешний источник энергии. Здесь появляется наиболее амбициозная технология — лазерный световой парус.

Вместо Солнца на сверхлегкий отражающий парус направляется мощный лазерный луч. Сам аппарат может быть миниатюрным и нести только датчики, камеру, систему связи и электронику. Главный двигатель при этом остается в Солнечной системе. Огромная лазерная установка передает энергию аппарату на расстоянии, избавляя его от необходимости перевозить собственное топливо и тяжелую силовую установку.

Еще в 1984 году физик Роберт Форвард подробно рассмотрел возможность межзвездного полета с лазерным парусом. Современная миниатюризация электроники сделала эту идею гораздо реалистичнее. Если массу аппарата уменьшить до нескольких граммов, относительно небольшой парус теоретически можно разогнать до значительной доли скорости света.

На этом основана концепция Breakthrough Starshot. Она предусматривает отправку миниатюрных зондов с лазерными парусами к системе Альфа

Центавра. Рассматривается лазерная установка мощностью порядка 100 гигаватт, которая могла бы разгонять сверхлегкие аппараты примерно до 20% скорости света. При такой скорости перелет к ближайшей звездной системе занял бы около двух десятилетий вместо десятков тысяч лет, необходимых современным автоматическим станциям.

Еще одна идея предполагает отправку не одного аппарата, а тысяч миниатюрных зондов. Рой способен повысить надежность миссии: потеря части устройств не уничтожит весь проект, а множество аппаратов смогут совместно собирать данные и передавать информацию. Подобные концепции рассматриваются для исследования Проксимы Центавра и планеты Проксима b.

Но между физической возможностью и реальным межзвездным запуском остается огромная технологическая дистанция. Парус должен быть чрезвычайно легким, почти идеально отражать лазерное излучение и выдерживать колоссальную мощность без перегрева. Лазер необходимо точно удерживать на крошечной цели на огромном расстоянии, а сам аппарат должен пережить столкновения с межзвездной пылью на скорости в десятки тысяч километров в секунду.

Еще сложнее энергетическая задача. Разные проекты требуют мощности от десятков и сотен гигаватт до совершенно экстремальных значений в тысячи тераватт. Для этого понадобятся огромные энергетические и лазерные комплексы, которых сегодня не существует. Дополнительные проблемы — торможение у другой звезды, навигация, передача данных на расстояние нескольких световых лет и обеспечение автономной работы миниатюрной электроники десятилетиями.

Тем не менее парусные технологии имеют фундаментальное преимущество перед ядерными, термоядерными и антиматериальными двигателями: аппарату не требуется нести запас топлива для всего разгона. Солнечный парус, магнитный парус, лазерный парус, направленная энергия, миниатюрные зонды и роевые системы предлагают разные варианты одной идеи — отделить источник энергии от полезной нагрузки.