

## Первая космическая скорость и первый спутник Земли

Предмет: физика

Выполнила: Рассохина Елизавета, учащаяся 6Б класса

МАОУ СОШ №15 г. Челябинска

Руководитель: Васильева Ирина Викторовна, учитель математики высшей категории

МАОУ СОШ №15 г. Челябинска

### Введение

Вот стоит человек перед огромным миром. Он слышит плеск волн, шум ветра, видит сияющее Солнце, далекие звезды, чувствует движение Земли, и интуиция подсказывает ему, что все должно быть связано в природе, что красота окружающего имеет высокий и таинственный смысл...

Наука о природе - физика, открывающая суть и основы материального мира, ведет нас строгим и нелегким путем к истине. Любопытство и удивление толкают человека на этот путь, заставляют его учиться всю долгую вечную дорогу. За это природа дарит ему великое благо-знание, и оно служит человеку, облегчая его труд на Земле, открывая путь в космос.

Развитие науки имеет свои законы. Из наблюдения окружающего рождается предположение о природе и связях процессов и явлений; из факторов и правдоподобных предположений строится теория; теория проверяется экспериментом и, подтвердившись, продолжает развиваться, снова поверяется бесчисленное множество раз...

Такой ход развития и составляет научный метод; он позволяет отличить заблуждение от научной истины, проверить предположение, избежать ошибок.

Я хочу помочь вам узнать окунуться в мир физики, чтобы решить, хотите ли вы посвятить ей свою жизнь. И пусть любопытство заставит вас сделать усилие, необходимое для понимания, и «вперед, без страха и сомненья!»

Основная цель данного проекта: выяснить, что такое первая космическая скорость, для чего она нужна и как она вычисляется.

### Первооткрыватели первой космической скорости

**Исаак Ньютон** – математик, физик, астроном, механик. Сформулировал закон о всемирном тяготении, автор трех законов механики, вошедших в основу классической механики. Ему принадлежит разработка интегрального и дифференциального исчисления, теория цвета, а так же вычисление первой космической скорости. [7]

**Иоганн Кеплер** – немецкий астроном, один из творцов астрономии нового времени. Открыл закон движения планет, на основе которых составил планетные таблицы. Заложил основы теории затмений. И занимался открытием первой космической скорости. [7]

### Что такое первая космическая скорость

Первой космической называют минимальную скорость, которую нужно сообщить любому физическому телу (например, космическому аппарату), находящемуся в гравитационном поле небесного объекта (например, планеты или звезды), чтобы это тело стало спутником небесного объекта [1]

### Вычисление первой космической скорости

Вычислим скорость, которую надо сообщить искусственному спутнику Земли, чтобы он двигался по круговой орбите на высоте  $h$  над Землей. На больших высотах воздух сильно разрежен и оказывает незначительное сопротивление движущимся в нем телам. Поэтому можно считать, что на спутник действует только гравитационная сила  $\vec{F}$ , направленная к центру Земли (рис.1)

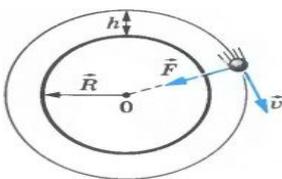


Рис.1 Схема

По второму закону Ньютона  $m\vec{a} = \vec{F}$ .

Центростремительное ускорение спутника определяется формулой  $a = \frac{v^2}{r}$ , где

$v$  – скорость тела,  $r$  –

расстояние (радиус окружности, по которой движется тело).

Так как  $r = R +$

$h$ , то формула центростремительного ускорения принимает вид:

$a = \frac{v^2}{R+h}$ , где  $h$  - высота спутника над поверхностью Земли. Сила же,

действующая на спутник, согласно закону всемирного тяготения определяется

формулой:  $F = G \frac{mM}{r^2}$ , где  $m$  – масса спутника,  $M$  – масса Земли,

$r$  – расстояние (радиус окружности, по которой движется тело). Так как  $r =$

$R + h$ , то формула закона всемирного тяготения принимает вид:  $F =$

$$G \frac{mM}{(R+h)^2}$$

где  $M$  - масса Земли. Подставив значения  $F$  и  $a$  в уравнение для второго

закона Ньютона, получим:  $\frac{mv^2}{R+h} = G \frac{mM}{(R+h)^2}$ .

$$\text{Отсюда: } v^2 = \frac{GM}{R+h}$$

Первую космическую скорость  $v_1$  можно найти по формуле, если

принять  $h=0$ :

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}}$$

Подставив в формулу значение  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$  и значения величин  $M$  и  $R$  для Земли, можно вычислить первую космическую скорость для спутника Земли:

$$v_1 \cong 8 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

$$8 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 8 \frac{\text{км}}{\frac{1}{3600} \text{ч}} = 8 \cdot 3600 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 28800 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Восемь километров в секунду – это почти 29 тысяч километров в час! Сообщить такую огромную скорость телу, конечно, не просто. Только в 1957 году советским ученым впервые в истории человечества удалось с помощью мощной ракеты сообщить первую космическую скорость телу массой около

84кг. Это тело и стало первым искусственным спутником Земли. (сокращенно ИСЗ)

Движение спутников вокруг Земли происходит под действием только одной силы – силы всемирного тяготения, сообщающей спутнику и всем предметам, находящимся в нем, одинаковые ускорения. В такой случае, теряет смысл понятия веса, так как любое тело и его «опора» друг друга не деформируют и не могут «давить» друг на друга. Это означает, что все тела в спутнике, в том числе и пассажиры, находятся в состоянии невесомости.

С увеличением расстояния от притягивающего объекта первая космическая скорость уменьшается. Так, на высоте 300 километров над поверхностью Земли (уровнем моря) первая космическая скорость равна 7,73 километра в секунду, на высоте 1000 километров – 4,94 километра в секунду. Первая космическая скорость на поверхности Луны равна 1,68 километра в секунду.[2]

### **Как подняться выше атмосферы**

Конечно первая проблема при запуске спутника Земли – как подняться выше атмосферы. Но если разогнать снаряд до большей скорости, он и подлетает высоко; чем больше скорость – тем больше подъем. Так что главное – научиться разгонять спутник до больших скоростей. Если решить эту вторую проблему, первая проблема космонавтики решится сама собой.

Итак, до какой же скорости нужно разогнать снаряд, чтобы он поднялся выше атмосферы? Если считать, что граница атмосферы проходит на высоте примерно 100 километров, то скорость снаряда у поверхности Земли должна быть не меньше 1400 метров в секунду. И это еще без учета сопротивления воздуха, которое будет очень сильно тормозить наш снаряд, так что при 1400 м/с он и не поднимется до 100км.

Придется начальную скорость брать выше, заметно выше. Насколько же? В точности во времена Ньютона не было ответа на этот вопрос; хотя уже тогда было понятно, что плотность воздуха быстро уменьшается с ростом высоты, и после нескольких километров подъема лететь станет значительно легче.

Но вот на второй вопрос, до какой скорости разогнать снаряд, чтобы он летел над Землей по кругу? – можно было дать ответ. Снаряд должен лететь по дуге, так, чтобы он опускался, падая вниз, ровно на столько, насколько под ним «уходит вниз» покатаая поверхность Земли.

Представим себе, что мы стоим на ровной поверхности Земли, уходящей за горизонт. Нет ни подъемов, ни спусков, уровень везде одинаковый. Само существование линии горизонта, тем не менее, показывает, что поверхность Земли – не плоская, а закругленная. Если бы Земля была совершенно плоской, можно было бы увидеть всю ее поверхность до самых краев, как бы далеко они не были.

Однако с высоты человеческого роста, около 2 метров, видна земная поверхность только на расстоянии примерно 5 км. Значит, поверхность земного шара как раз изгибается на высоту человеческого роста каждые 5км. То есть, спутник, пролетая 5км. «по горизонтали», вдоль поверхности Земли, должен опускаться по вертикали не более чем на 2 метра.

Как известно еще со времен Галилея, все тела падают с одинаковой высота за одинаковое время ( если не учитывать сопротивление воздуха ). Поднимем камень на высоту 2 метра и измерим время, за которое он упадет на землю. Это время – чуть больше половины секунды.

Спутник за эти полсекунды должен пролететь около 8 километров.[6]

**Параметры полета первого спутника Земли. Устройство первого спутника Земли.**

"Спутник-1" - первый спутник Земли в истории человечества, он был запущен в Советском Союзе 4 октября 1957 года, с полигона Тюра-Там, который впоследствии стал космодромом Байконур. Первый спутник Земли также обозначавшийся как ПС-1 (простейший спутник №1) был выведен на орбиту с помощью ракеты-носителя "Спутник", которая была разработана на основе межконтинентальной баллистической ракеты "Р-7".

Полёт первого спутника Земли продолжался 90 дней, с течение которых он сделал 1440 витков вокруг нашей планеты. Сам спутник находится под головным

конусовидным обтекателем этой ракеты. Запуск первого спутника Земли имел воистину огромное значение для всего мира. Полёт первого спутника вокруг Земли наглядно показал людям, что небо не твёрдое и что полёт в Космос вообще возможен... Смешно звучит?

Но, вы только вдумайтесь - в то время действительно не было никаких наглядных доказательств, были одни только расчёты и уверения учёных! Человек ещё ни разу не выходил за пределы атмосферы нашей родной планеты. Излишне говорить, какое значение имело то, что именно СССР первым запустил спутник в Космос и что этот запуск был удачным.

Политический вес этого события трудно переоценить - всё население планеты увидело, на что способны советская наука и техника. Западные газеты захлеб писали об этом событии. Тысячи людей собирались около аппаратуры радиолюбителей, чтобы послушать знаменитое "бип-бип-бип...".

А вид летящей точки на фоне звёзд производил неизгладимое впечатление на людей во всём мире и служил лучшим доказательством произошедшего. Люди жадно вглядывались в ночное небо, показывая друг другу крохотную летящую точку.

Непосредственно на самом спутнике не было научной аппаратуры. Тем не менее, запуск первого спутника Земли позволил получить не только крайне важные технические данные, необходимые для дальнейшего развития космонавтики, но и ценные научные сведения. К техническим данным относятся как работа всех составных частей ракеты-носителя "Спутник", так и проверка всех расчётов, касающихся траектории движения ракеты и спутника. Также были получены данные о работе всех систем в необычных условиях. Наиболее любопытными оказались данные, полученные на основании наблюдений за движением первого спутника Земли и параметрами прохождения радиосигналов от него. Астрономы и радиоинженеры вели наблюдения за тем, как трение об атмосферу влияет на траекторию движения аппарата. На основании этих данных была вычислена плотность атмосферы на орбитальных высотах. Раньше никто и никогда не делал таких измерений - просто было нечем их делать! Все

наблюдения велись только с поверхности Земли. А аэростаты поднимались на очень ограниченную высоту.

Большой неожиданностью оказалось то, что на орбитальных высотах атмосфера гораздо плотнее прежних расчётных значений. Это было крайне важно для расчётов траекторий движения последующих космических аппаратов. На спутнике был установлен радиопередатчик, который выдавал короткие импульсы на двух длинах волн - 20,005 и 40,002 МГц. Длительность сигналов была 0,3 с. Благодаря этому, появилась возможность немного изучить верхние слои ионосферы Земли, следя за прохождением сигналов через неё. Все более ранние наблюдения ионосферы Земли велись только с её поверхности и выводы основывались на отражении сигналов от нижней части ионосферы. Теперь же появились и данные о прохождении сигналов с известными начальными характеристиками сквозь неё. Кажется странным, что первый искусственный спутник в истории человечества был способен только на обычный "радиописк". Он не мог передать никакой информации о своём полёте.

И это при том, что уже почти два года существовала целая правительственная программа по созданию космической лаборатории. Дело в том, что в это время между СССР и США шла настоящая космическая гонка - кто первым запустит первый искусственный спутник Земли. Поступили сведения, что США готовят запуск первого спутника в следующем, 1958 году. Стояла задача выйти в космос первыми. Подготовка лаборатории требовала времени, а запуск простейшего спутника мог быть произведён быстро. Этим и объясняется устройство первого спутника, который кстати носил кодовое имя ПС-1 (простейший спутник №1).

Задача первыми выйти в космос была выполнена. А уже 3-го ноября 1957 года Советский Союз запустил второй спутник Земли, уже со множеством научной аппаратуры и первым в мире животным-космонавтом - собакой Лайкой, а США запустили свой спутник только в феврале следующего года. Так что, и первая космическая научная лаборатория тоже была советской.

### Параметры полёта первого спутника Земли

Старт ракеты-носителя	4 октября 1957 г. в 19:28:34 по Гринвичу	Характеристики
Окончание полёта спутника	4 января 1958 г.	
Масса аппарата	83,6 кг	
Размеры	58 сантиметров.	наибольший диаметр
Период обращения	96,7 минут.	
Перигей	228 км.	от ближайшей точки орбиты до поверхности Земли
Апогей	947 км.	от самой удалённой точки орбиты до поверхности Земли
Количество витков	1440	

Как потом стало ясно из расшифровки телеметрии, от неудачи нас отделяли буквально считанные доли секунды. На 16 секунде полёт произошёл сбой в системе подачи топлива, что привело к повышенному расходу керосина. Поэтому главный двигатель проработал на одну секунду меньше расчётного времени. Этой секунды могло не хватить для разгона спутника до первой космической скорости и он бы упал на Землю. Секунда на завершающем шаге разгона очень важна. Из-за этой секунды спутник был выведен на орбиту, которая была на целых 90 километров ниже расчётной высоты! Как бы то ни было, первый спутник Земли был успешно выведен на орбиту. Через 90 дней полёта, 4-го января 1958 года первый спутник Земли вошёл в плотные слои атмосферы и сгорел. На выставках показывались уже только его копии. Кстати, надо всё-же сказать, что сам первый спутник был не виден с Земли. Та яркая точка, которую наблюдал весь мир - это гораздо большая по размерам разгонная ступень от ракеты-носителя. Эта ступень некоторое время летела рядом со спутником и служила дополнительным ориентиром для наблюдения с Земли за траекторией

собственно самого спутника. Но, эта ступень тоже являлась искусственным спутником Земли - она летела наравне с ПС-1! Так что всё было по-честному)[8].

### **Устройство первого спутника Земли**

Макет устройства первого искусственного спутника Земли на выставке, посвященной 40-ой годовщине запуска первого спутника. Москва, 3 октября 1997г.

Устройство первого спутника Земли было довольно простым. Внешне он состоял из металлического шара диаметром 58 сантиметров, с 4-мя длинными антеннами, направленными "назад" относительно направления полёта. Оболочка шара разделялась на две полусферы, открывая доступ к начинке спутника. Одна пара антенн была длиной 2,7, вторая - 2,4 метра. Антенны располагались парами, с углом  $70^\circ$  в каждой паре. Это обеспечивало равномерное распространение радиосигнала во все стороны, ведь опыта приёма радиопередач из космоса ещё не было.

Легко заметить, что на борту спутника почти ничего особенного не было - только радиопередатчик. О причинах этого было рассказано выше. Спутник-1 располагался в головной части ракеты-носителя, под обтекателем. Внутри спутника находились: радиопередатчик и батарея для него, вентилятор с термореле и воздуховодом системы управления температурой, устройство бортовой электротехники. Также были датчики температуры и давления. Ну и наконец электрические провода, которыми всё это соединялось воедино. Теперь, глядя на современные орбитальные и межпланетные станции, на всю их сложность и возможности, помните, что дорогу им проложил один маленький ПС-1, первый искусственный спутник Земли, запущенный в стране Советов всего через 12 лет после того, как отгремела война... Нет ничего невозможного, когда есть стремление к созиданию![8]

### **Заключение**

Анри Пуанкаре говорил: «Полезные комбинации – самые красивые. Специальное эстетическое чувство – ощущение красоты – играет роль тонкого решета... Тот, кто не владеет им, никогда не будет истинным творцом».

Истинное всегда прекрасно, но скажем больше – прекрасное часто оказывается истинным.

Древнегреческий астроном Птолемей разработал математическую теорию движения планет вокруг неподвижной Земли, и эта теория позволяла вычислять их положение на небе. В 1542 году был написан главный труд великого польского ученого Николая Коперника «Об обращении небесных сфер», совершивший переворот в естествознании, объяснивший движение небесных светил вращением Земли вокруг оси и вращением Земли и планет вокруг Солнца. Гелиоцентрическая система Коперника сменила сложную и путаную геоцентрическую систему Птолемея.

Но тут свое веское слово сказала красота – красота системы Коперника. Простота описания движения планет в гелиоцентрической системы облегчает работу интуиции, что превращается в качественно новое явление, дает дорогу развитию теории. Физика ищет скрытую внутреннюю красоту мироздания, но и красота самой физической теории часто настолько убедительна, что заставляет физиков ставить сложнейшие эксперименты, чтобы подтвердить или опровергнуть сделанные предположения.

### **Библиографический список**

1. А.П. Кондрашов. Новейшая книга фактов. Том 3 (Физика, химия и техника. История и археология. Разное)- Москва, 2008-22с.
2. Галилей Г. «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки». 1638 г.
3. А.Б.Мигдал. «Как рождаются физические теории» Москва «Педагогика» - 1984г. – 126 стр.
4. Ю.Г.Павленко «Начала физики» Издательство «Экзамен», Москва, 2007-862
5. «Книга по Истории космонавтики» электронный ресурс <https://www.youtube.com/watch?v=kx8OvxyAE0U&t=22s>
7. Википедия – свободная энциклопедия, электронный ресурс <https://ru.wikipedia.org/>